



## ANAIS

### ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA PROPRIEDADE RURAL

IGNA LYLANE COSTA DOS SANTOS

ignalylyane@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

WILLIAM SBAMA PERRESSIM

williamcapi@hotmail.com

UFSCAR

**RESUMO:** Esse estudo tem como objetivo investigar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural, considerando os efeitos do financiamento com capital próprio e com recursos do programa “Pronaf ABC+ Bieconomia”. Para atingir esse objetivo são avaliados o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback da implantação do sistema de geração solar, considerando duas alternativas, denominadas “Alternativa A” e “Alternativa B”, e, em seguida recorre-se a análise de sensibilidade. Os resultados demonstram a viabilidade das duas alternativas, mesmo considerando alterações no ritmo de correção das tarifas de energia e no custo de aquisição do sistema fotovoltaico. Destaque-se que os melhores resultados são sustentados pelo financiamento do programa “Pronaf ABC+ Bieconomia”, evidenciando a importância do estímulo para favorecer a adesão do produtor rural a energia solar fotovoltaica.

**PALAVRAS CHAVE:** Energia solar; viabilidade econômico-financeira; agricultura;

**ABSTRACT:** This study aims to investigate the economic and financial viability of implementing a photovoltaic system on a rural property, considering the effects of financing with own capital and resources from the “Pronaf ABC+ Bieconomia” program. To achieve this objective, the Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR) and the Payback for the implementation of the solar generation system are evaluated, considering two alternatives, called “Alternative A” and “Alternative B”, and, then sensitivity analysis is used. The results demonstrate the viability of the two alternatives, even considering changes in the rate of correction of energy tariffs and in the cost of purchasing the photovoltaic system. It should be noted that the best results are supported by financing from the “Pronaf ABC+ Bieconomia” program, highlighting the importance of the stimulus to encourage rural producers to adopt photovoltaic solar energy.

**KEY WORDS:** Solar energy; economic-financial viability; agriculture;



## 1. INTRODUÇÃO

A história da sociedade moderna pode ser descrita a partir do desenvolvimento e do uso das diversas fontes de energia. As últimas décadas marcam a busca por fontes mais sustentáveis, e, por consequência, que produzam o menor impacto ao planeta. Logo, as chamadas fontes renováveis de energia emergem como alternativa viável.

Tem destaque a energia solar gerada a partir dos sistemas fotovoltaicos. A energia solar é a energia gerada pela luz e calor emitidos pelo sol, associada à geração limpa, sustentável e renovável (NEOENERGIA, 2024). A potência instalada para a fonte cresceu cerca de 800 % entre 2019 e 2023, alcançando 39.857 megawatt (MW), o que corresponde a 17,50% da matriz elétrica nacional (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2024).

O exepressivo crescimento, em nível global, é sustentado por inovações tecnológicas que permitiram a redução dos custos de fabricação e a promoção incentivos e medidas governamentais para produtores e consumidores (Branker; Pathak; Pearce, 2011; Vian et al., 2021). Por exemplo, a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 que regula a microgeração e a minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022).

Diversas cadeias e atividades produtivas estão recorrendo e se beneficiando do uso de fontes renováveis, com a agricultura não é diferente. A atividade agrícola, devido a sua importância econômica e a características produtivas, é notadamente pressionada a recorrer a fontes sustentáveis de energia (Gorjan et al., 2021). Por consequência, os *stakeholders* do setor empenham ações necessárias para transição, como por exemplo o projeto de Lei 2.458/2022, que beneficia a produção de energia na propriedade rural (Senado Federal, 2023).

Além de promover a sustentabilidade econômica, social e ambiental das propriedades rurais, a implantação tem potencial para gerar benefícios produtivos diretos para atividade agrícola. Permitindo, por exemplo, o uso da energia em sistemas de bombeamento, irrigação e climatização (em estufas, por exemplo).

No entanto, mesmo diante dos benefícios ambientais e econômicos provenientes da energia solar, é reconhecido que a adesão não é viável para a totalidade dos consumidores (Dalfovo et al., 2019). Nespolo et al. (2022) colocam que poucos estudos retratam a viabilidade econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais. Já Carvalho, De Abreu e Correia Neto (2017) destacam que a criação de linhas especiais de financiamento favoreceriam diretamente a viabilidade para os consumidores residenciais. Logo, mais estudos

sobre o tema são justificáveis, em especial ao considerarem instrumentos de apoio e alternativas para o financiamento destes projetos.

Diante deste contexto, o esse estudo tem como objetivo investigar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural, considerando os efeitos do financiamento com capital próprio e com recursos do programa “Pronaf ABC+ Bieconomia”. A propriedade rural investigada é localizada no município de Currais Novos/RN, caracterizada como agricultura familiar e dedicada a produção agrícola diversificada.

Para tal, são avaliados o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback da implantação do sistema de geração solar. A simulação considera duas opções, na “Alternativa A” o financiamento é próprio, já na “Alternativa B” recorre-se ao financiamento via o instrumento “Pronaf ABC+ Bieconomia”. É apresentado ainda um análise de sensibilidade para as alternativas, considerando a elevação nos custos para implantação do sistema (investimento inicial) e um cenário com correção menor nas tarifas de energia para os próximos anos.

Além desta introdução, o documento apresenta a revisão teórica que sustenta o estudo, depois o método de pesquisa adotado, seguido da apresentação e discussão dos resultados, e, por fim, as referências pertinentes.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1. Viabilidade econômica de investimentos

Um dos métodos mais populares e com reconhecida eficiência para avaliação econômica de investimentos é o Valor Presente Líquido (VPL). O VPL é uma medida do valor que é criado ou agregado, hoje, por um investimento a ser realizado (Ross et al., 2022). O método desconta para o valor presente todos os fluxos de caixa líquidos esperados ao longo do horizonte de análise, e, pode ser expresso matematicamente como (1) (Albuquerque; Carrer; Perressim, 2021):

$$(1) VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCL_t}{(1+TMA)^t} - FCL_0$$

Sendo  $FCL_t$  o fluxo de caixa líquido no período  $t$ , logo,  $t$  é o período considerado,

depois a *TMA* representa a taxa mínima de atratividade, e, por fim, o  $FCL_0$  representa o investimento inicial do projeto. De acordo com os pressupostos da técnica será considerado viável todo investimento que apresente um VPL maior ou igual a zero, logo, por consequência, projetos com resultado negativo para o indicador devem ser rejeitados - são inviáveis (Assaf Neto, 2021).

É consenso na literatura financeira que todo projeto de investimento deve ser descontado a uma taxa que reflita o risco inerente (Santos; Jurca, 2013). E essa função cabe a Taxa Mínima de Atratividade (*TMA*). A *TMA* pode ser definida como a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros (Casaroto Filho, 2020), desta forma, representa a remuneração mínima que o investidor exige considerando o risco-retorno próprio do projeto e outras alternativas de investimento.

É comum empresas e analistas financeiros considerarem que o melhor parâmetro para a *TMA* é o custo de capital da empresa, já que esse representa o custo de oportunidade de capital para os investimentos em todos os ativos da organização (Brealey, 2018). Por tanto, é esperado que qualquer alternativa de investimento remunere no mínimo o custo de dinheiro empenhado.

Ja a Taxa Interna de Retorno (*TIR*) expressa a taxa de desconto que torna o VPL de um investimento igual a zero (ROSS et al. 2022). Para Albuquerque, Carrer e Perressim a *TIR* pode ser expressa matematicamente da seguinte forma (2):

$$(2) VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCL_t}{(1+TIR)^t} - FCL_0 = 0$$

Os termos considerados seguem a mesma definição já colocada para o VPL, no entanto aqui a *TMA* aqui deu lugar para a *TIR*. A regra de decisão registra que quando a *TIR* for maior que a *TMA* o projeto é considerado viável, em outras palavras, o projeto tem uma rentabilidade superior ao custo de capital do recurso empenhado – *TMA*.

Observando agora o Payback, Assaf Neto (2021) destaca que a técnica permite determinar o tempo necessário para que o valor do investimento seja recuperado por meio dos benefícios incrementais líquidos de caixa. O autor acrescenta, colocando que o período de Payback é um importante indicador do nível de risco de um projeto de investimento, visto que, quanto maior for esse prazo, maior será o risco envolvido na decisão.

Com o objetivo essencial de incorporar o valor do dinheiro no tempo adota-se o denominado Payback Descontado, que expressa o tempo necessário para que os fluxos de caixa

*descontados* de um investimento sejam iguais ao seu custo inicial (Ross et al., 2021) O valor apurado, geralmente expresso em anos, deve ser comparado com o período máximo que a empresa (ou investidor) aceita esperar para recuperação do capital que foi investido.

### 2.3. Energia solar no meio rural

Entre as iniciativas voltadas para o financiamento da implantação de tecnologias para energia renovável, entre essas o uso de energia solar, tem destaque o Programa “Pronaf ABC+ Bieconomia” do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O referido programa atende agricultores e produtores rurais familiares com declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) válida, apresenta taxa de juros de até 4,00% a.a, e prevê o financiamento total da iniciativa (BNDES, 2024). Considerando as características do programa e da propriedade investigada o estudo optar por considerar os parâmetros desta linha de financiamento, em especial a taxa de juros, na construção do fluxo de caixa.

O estudo de Kruger, Zanella e Barichello (2023) objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar como alternativa para redução de custos em uma propriedade rural dedicada a criação de frangos localizada em Santa Catarina. Os resultados atestam a viabilidade da instalação com a TIR superior a TMA e Payback de 5,4 anos.

O comportamento dos indicadores econômicos (VPL, TIR e Relação Custo-benefício) da instalação de um sistema de energia solar exclusivo para irrigação agrícola foi objeto de estudo de Bruning et al. (2022). Os autores consideram diversos sistemas para irrigação e concluem a viabilidade da implantação para a maioria dos sistemas.

Silva et al. (2017) buscaram analisar a viabilidade econômica do uso da energia solar na agricultura familiar irrigada no município de Barbalhas/CE. Os indicadores considerados foram a TIR e o Payback. Cabe destacar que a TIR encontrada foi de 3,7 %, o que foi considerado pelos autores um fator de risco para o investimento, visto que a maioria das taxas para o financiamento deste tipo de iniciativa é superior a esse valor.

Sistemas de irrigação fotovoltaicos com grande potência de geração receberam a atenção de Carrêlo et al. (2020). Os autores investigaram VPL, a TIR e o Payback de cinco grandes sistemas localizados no Mediterrâneo. Os resultados apurados apontaram para a viabilidade de todas as alternativas. Cabe destacar que o horizonte temporal aplicado foi idêntico ao adotado neste estudo – 25 anos.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa é classificada como exploratória-descritiva e de natureza quantitativa. Exploratória por esclarecer e modificar conceitos e ideias, proporcionando maior familiaridade com um problema, e descritiva por descrever e apresentar características próprias de determinado fenômeno (Gil, 2002). Adota-se o método de estudo de caso único, caracterizado por uma investigação empírica que observa um fenômeno em profundidade e em seu contexto real (Yin, 2010).

As informações e parâmetros essenciais para a construção da análise de viabilidade tem origem em fontes diversas. Os autores visitaram a propriedade investigada com o objetivo de coletar os dados necessários no mês de junho de 2023. A aplicação de um questionário e observação direta sustentam a caracterização da propriedade. Recorre-se também a sites próprios para demais informações. O quadro 1 apresenta as informações/parâmetros, suas respectivas fontes e resultados.

**Quadro 01:** Informações, resultados e fontes.

Informação/Parâmetro	Resultado	Fonte
Localização	Currais Novos/RN	Entrevista/Questionário
Número de moradores	3	Entrevista/Questionário
Área (hectare)	16	Entrevista/Questionário
Consumo mensal de energia (R\$)	320,00	Entrevista/Questionário
Consumo médio mensal (kWh)	355	Entrevista/Questionário
Atividade agrícola	Diversificada	Entrevista/Questionário
Uso da energia	Consumo residencial; bombeamento de água	Entrevista/Questionário
Correção custo energia (%)	7,61	ANEEL
Investimento Inicial (R\$)	18.392,69	NEOENERGIA-Cosem
Taxa de Juros - "Pronaf ABC+ Bioeconomia" (%)	4,00	BNDES

Fonte: elaborado pelos autores.

Em seguida, a partir dos dados coletados, os autores utilizaram a planilha eletrônica Excel para construção do fluxo de caixa (seção 4.1) e análise dos indicadores propostos (seção 4.2). Os resultados foram discutidos considerando os fundamentos teóricos e técnicos próprios para análise de investimentos (seção 2.1).

## 4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Construção do fluxo de caixa

O dimensionamento de um projeto de geração fotovoltaica é função direta do consumo projetado para a unidade receptora do projeto. A propriedade investigada apresenta um consumo anual médio de kWh 4.260, exigindo a implantação de uma planta orçada em R\$ 18.392,69, representando o investimento inicial do projeto. O orçamento teve origem em uma ferramenta disponibilizada pela concessionária Neoenergia Cosern, que atende o município da propriedade, que permite simular o custo para implantação de energia solar considerando dados do consumidor, e foi realizado em junho de 2023.

Os dados apurados em campo indicaram que mensalmente a propriedade teve um custo mensal de R\$320,00 com a fatura de energia paga a concessionária, gerando então um custo anual de R\$ 3.840,00. Considerando que após a implantação da energia solar o consumidor deixará de arcar com esse custo, faz-se necessário considerar que a economia representa uma entrada de caixa para o referido projeto. O quadro 2 apresenta esse valor e dos demais parâmetros adotados na construção do fluxo de caixa e das análises pertinentes.

**Quadro 2:** Parâmetros do fluxo de caixa

Parâmetro	Valor
Custo de implantação (R\$)	R\$ 18.392,69
Consumo médio anual (kWh)	4.260
Custo energia (1º ano)	R\$ 3.840,00
Correção custo energia ao ano (%)	7,61%
Horizonte de tempo (anos)	25
TMA - "Alternativa A"	10,00%
TMA - "Alternativa B"	4,00%
Alteração no custo de implantação (%)	20,00%
Alteração no custo da energia	3,81%

Fonte: elaborado pelos autores

É essencial considerar que o custo da energia distribuída recebe correções anuais, e, portanto, é necessário incorporar tais correções no fluxo de caixa do projeto. A tabela 1 apresenta os percentuais de reajuste aplicados entre 2019 e 2023 para os consumidores residenciais. O

estudo optou por aplicar 7,61 %, ou seja, a média dos últimos cinco anos, como reajuste anual sobre o custo da energia a partir do ano 2.

**Tabela 1.** Reajuste anual tarifas da energia

Reajuste anual					
2023	2022	2021	2020	2019	Média
4,13%	18,39%	7,82%	2,57%	5,15%	7,61%

Fonte: elaborado pelos.

O projeto considera um horizonte de 25 anos para as projeções. Esse prazo justifica-se pela vida útil dos equipamentos de geração, indicada pela maioria dos fabricantes, e, ainda, é identico ao aplicado por Dalfovo et al. (2019) e Nespolo et al. (2022).

A TMA adotada difere-se para as duas alternativas aqui avaliadas. A denominada “Alternativa A” considera que o investimento é custeado apenas com recursos próprios do produtor rural – capital próprio, adota-se então uma TMA igual a 10,00 % a.a, idêntica a aplicada por Kruger, Zanella e Barrichello (2023). Acredita-se que o valor remunera de forma adequada os riscos envolvidos no projeto e o valor do dinheiro no tempo, considerando, por exemplo, a remuneração anual da poupança (6,25 % a.a) e a meta oficial para a inflação no Brasil em 2023 (Banco Central do Brasil, 2023) - 3,25 % a.a.

Já a “Alternativa B” tem como TMA o valor de 4,00%. Nesta alternativa o financiamento do projeto é sustentado de forma total com capital de terceiros, para tal considera-se o já discutido programa “Pronaf ABC+ Bioeconomia”, que adota juros de 4,00% a.a e permite financiamento de até 100% do projeto (BNDES, 2024).

A tabela 2 apresenta o fluxo de caixa desenvolvido para a “Alternativa A”, ou seja, financiamento com 100% do capital próprio, TMA de 10% a. a., e uma projeção para 25 anos. As entradas de caixa consideram exclusivamente a economia proporcionada com o uso da energia fotovoltaica e são corrigidas anualmente pelo reajuste levantado – 7,61% a.a.

# ANAIS

**Tabela 2.** Fluxo do caixa do projeto

Ano	Fluxo de Caixa Simples	Valor Presente	Fluxo de Caixa Líquido	Ano	Fluxo de Caixa Simples	Valor Presente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-R\$ 18.392,69			13	R\$ 9.258,97	R\$ 2.681,99	R\$ 21.519,68
1	R\$ 3.840,00	R\$ 3.490,91	-R\$ 14.901,78	14	R\$ 9.963,58	R\$ 2.623,72	R\$ 24.143,40
2	R\$ 4.132,22	R\$ 3.415,06	-R\$ 11.486,72	15	R\$ 10.721,81	R\$ 2.566,72	R\$ 26.710,12
3	R\$ 4.446,69	R\$ 3.340,86	-R\$ 8.145,86	16	R\$ 11.537,74	R\$ 2.510,95	R\$ 29.221,07
4	R\$ 4.785,08	R\$ 3.268,27	-R\$ 4.877,59	17	R\$ 12.415,76	R\$ 2.456,39	R\$ 31.677,46
5	R\$ 5.149,22	R\$ 3.197,26	-R\$ 1.680,32	18	R\$ 13.360,60	R\$ 2.403,02	R\$ 34.080,48
6	R\$ 5.541,08	R\$ 3.127,79	R\$ 1.447,47	19	R\$ 14.377,34	R\$ 2.350,81	R\$ 36.431,29
7	R\$ 5.962,76	R\$ 3.059,84	R\$ 4.507,31	20	R\$ 15.471,46	R\$ 2.299,73	R\$ 38.731,02
8	R\$ 6.416,52	R\$ 2.993,35	R\$ 7.500,66	21	R\$ 16.648,84	R\$ 2.249,77	R\$ 40.980,79
9	R\$ 6.904,82	R\$ 2.928,32	R\$ 10.428,98	22	R\$ 17.915,81	R\$ 2.200,89	R\$ 43.181,68
10	R\$ 7.430,28	R\$ 2.864,69	R\$ 13.293,67	23	R\$ 19.279,20	R\$ 2.153,07	R\$ 45.334,74
11	R\$ 7.995,72	R\$ 2.802,45	R\$ 16.096,12	24	R\$ 20.746,35	R\$ 2.106,29	R\$ 47.441,03
12	R\$ 8.604,19	R\$ 2.741,56	R\$ 18.837,69	25	R\$ 22.325,15	R\$ 2.060,52	R\$ 49.501,55

Fonte: elaborado pelos autores.

Os fluxos de caixa para a “Alternativa B” e para análise de sensibilidade não são apresentados visando reduzir a extensão do texto, o desenvolvimento segue o mesmo racional já apresentado.

## 4.2. Indicadores de viabilidade

A “Alternativa A” - financiada com recursos próprios - apresenta Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 49.501,55, o que denota sua viabilidade econômica (VPL > 0). Tal viabilidade é acompanhada pelo resultado da Taxa Interna de Retorno (TIR) apurada de 28,23 % a.a e bem superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) requerida – 10 % a.a.

Já o Payback Descontado é de 5 anos e 7 meses, conforme ilustrado na tabela 2, ou seja, o investimento leva esse período para ser recuperado. Considerando o horizonte total do projeto (25 anos), e um nível de risco considerado baixo para a principal premissa - custo da energia, pode-se considerar que resultado para indicador é satisfatório. O quadro 3 apresenta os indicadores e seus respectivos resultados.

**Quadro 3:** Resultados indicadores de viabilidade

Indicador	Alternativa- A	Alternativa- B
VPL	R\$ 49.501,55	R\$ 124.871,00
TIR	28,23%	28,23%
Payback Descontado	5 anos e 7 meses	4 anos e 8 meses

Fonte: elaborado pelos autores.



Por tanto, considerando os parâmetros adotados, a “Alternativa A” é considerada economicamente viável, o que justifica sua implantação ao consideramos como opção única. Cabe destacar que o montante financeiro do investimento inicial pode em alguns casos ser um dificultador e uma barreira, especialmente considerando pequenos produtores rurais.

No entanto, o produtor rural ao recorrer ao financiamento, neste caso - “Pronaf ABC+ Bioeconomia” considerando a “Alternativa B” os resultados mostram-se potencialmente melhores, o que é justificado pela TMA de 4,00 % a.a. O VPL da alternativa superou R\$ 124.000,00 (quadro 3), resultado bastante expressivo, à medida que é cerca de R\$75.000 ou 152,00% superior ao desempenho da “Alternativa A”. Como esperado a TIR apurada de 28,23 % a.a supera em larga medida a TMA requerida.

O Payback encontrado foi de 4 anos e 8 meses, ou seja, o investimento é recuperado 11 meses antes nesta alternativa em relação a outra opção discutida. A maior rapidez na recuperação do investimento reduz os riscos do projeto (Assaf Neto, 2021), o que denota condição benéfica.

Portanto, diante do exposto, é possível concluir que tanto a “Alternativa A” como a “Alternativa B” são viáveis considerando as premissas do projeto. No entanto, ao recorrer a linha de financiamento indicada e nas condições discutidas a “Alternativa B” mostra-se mais vantajosa, visto um VPL expressivamente maior e um Payback menor. Ainda, tem destaque a não necessidade imediata de disponibilidade do capital para o investimento inicial.

Diante destes achados, cabe destacar que programas voltados para financiamento de práticas e iniciativas mais sustentáveis – como o “Pronaf ABC+ Bioeconomia” - são extremamente benéficos para o produtor rural e demais *stakeholders* da área. Visto que favorecem o acesso e potencializam os resultados e benefícios.

Constatada a viabilidade das alternativas o estudo reconhece a necessidade de avaliar a sensibilidade dos resultados, considerando alterações em duas premissas centrais no desenvolvimento do fluxo de caixa, são elas o (i) o valor do investimento inicial e o (ii) reajuste no custo da energia. O quadro 4 apresenta a análise de sensibilidade para cada alternativa.

Para o (i) valor do investimento inicial optou-se por simular um reajuste de 20,00%, ou seja, o novo valor considerado passa para R\$ 22.071,23. Essa alteração pode ser exemplificada pela elevação generalizada do custo de aquisição da planta solar, motivada, por exemplo, por condições de mercado e/ou quanto ao custo de aquisição dos componentes. Bustos *et al.* (2016) e Bruning *et al.* (2022) adotaram também o parâmetro para análise de sensibilidade.

**Quadro 4:** Análise de sensibilidade

Sensibilidade	Indicador	Alternativa - A	Variação %	Alternativa - B	Variação %
(i) Reajuste de 20 % no Investimento Inicial	VPL	R\$ 45.823,01	-7,43%	R\$ 121.193,07	-2,95%
	TIR	24,56%	-13,00%	24,56%	-13,00%
	Payback Descontado	6 anos e 9 meses	20,90%	5 anos e 7 meses	19,64%
(ii) Reajuste no custo da energia de 3,81%	VPL	R\$ 29.061,32	-41,29%	R\$ 71.919,40	-42,41%
	TIR	24,46%	-13,35%	24,46%	-13,35%
	Payback Descontado	6 anos e 1 mês	8,96%	5 anos	7,14%

Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados demonstram que caso o investimento inicial apresente um alta de 20% o VPL para a “Alternativa A” tem uma redução de 7,43% e para a “Alternativa B” de 2,95%. Já a TIR passa para 24,56 %, ou seja, 13,00% menor, contudo, ainda superando a TMA de ambas as alternativas. O impacto mais significativo ocorreu quanto ao período para recuperação do investimento – Payback - que cresceu, respectivamente, 20,90 % e 19,64 % em cada alternativa.

Já para o (ii) reajuste no custo da energia, aqui considerado uma entrada de caixa, a simulação considera uma correção anual de 3,81%, ou seja, 50% do reajuste apurado nos últimos 5 anos – conforme tabela 1. O reajuste anual de energia sofre influência de diversos fatores e é regulado por agência própria – ANEEL, uma correção menor pode ter origem em condições próprias do sistema elétrico.

Considerando o cenário colocado nota-se impacto significativo no VPL das alternativas, com reduções de 41,29% e 42,41 %, respectivamente, contudo ainda positivo, ou seja, indicando viabilidade (VPL >0). Já a TIR apresentou uma redução de 13,35% resultando em 24,46 % a.a, ainda bem distante da TMA de ambas as alternativas. Quanto ao Payback a maior elevação ocorreu na “Alternativa A” com um crescimento de 8,96%.

Os resultados da análise de sensibilidade demonstram que o investimento, para as duas alternativas, ainda se mostram viáveis e não representam riscos identificáveis dentro do cenário considerado. No entanto, é importante registrar que na ocorrência de reajustes positivos no valor do investimento inicial o prazo para recuperação do investimento será sensivelmente afetado. Já, ocorrendo uma redução no reajuste anual praticado nas tarifas de energia, espera-se uma redução bastante significativa no VPL destes projetos.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fontes de energia mais sustentáveis marca as últimas décadas. Entre essas fontes a energia fotovoltaica destaca-se pelo expressivo crescimento recente e pelo potencial significativo para adesão por consumidores residenciais e empresariais.

Esse estudo teve como objetivo investigar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural, considerando os efeitos do financiamento próprio e do programa “Pronaf ABC+ Bieconomia”. Testar a viabilidade da adesão de sistemas fotovoltaicos para geração de energia em propriedades rurais é notadamente necessário e potencialmente positivo, produzindo informações e achados aos diversos *stakeholders* da área.

Os resultados apresentados, considerando os indicadores propostos – VPL, TIR e Payback – indicam viabilidade econômica tanto para o financiamento com capital próprio - “Alternativa A”, como para o financiamento via o programa “Pronaf ABC+ Bieconomia” - “Alternativa B”, com os melhores resultados conquistados pela última.

A análise de sensibilidade, a partir dos dados utilizados, não indicou risco de inviabilidade para as alternativas de investimento, mesmo considerando um cenário com crescimento no custo de implantação e outro com uma redução no ritmo de crescimento das tarifas de energia.

Diante do exposto, torna-se evidente que esse estudo atingiu seu objetivo. Sendo relevante destacar que o uso da energia fotovoltaica em propriedades e atividades agrícolas devem crescer nos próximos anos. Tal crescimento implicará ações desenvolvidas por agentes públicos e privados, e entre essas destaca-se a geração de conhecimento sobre o tema.

Pesquisas futuras podem avançar na consideração de práticas produtivas próprias da atividade agrícola, como irrigação e climatização, investigando como a energia solar, utilizada para manutenção destas práticas, pode potencializar os resultados da atividade agrícola e contribuir com a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar. **Infográfico**. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/> . Acesso em 15/03/2024.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e Minigeração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 01/02/2024.

ALBUQUERQUE, A. AP; CARRER, J. M; PERRESSIM, S. W. **Análise de investimentos agroindustriais**. In: Gestão Agroindustrial. Coord: Mário Otávio Batalha. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2021.

ASSAF NETO. **Finanças corporativas e valor**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2021.

BCB - Banco Central do Brasil. **Metas para a inflação**. 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/metainflacao>. Acesso em: 01 jul. 2023.

BNDES. **Pronaf Bioeconomia**. 2024. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf-bioeconomia>. Acesso em 10/03/2024.

BRANKER, Kadra; PATHAK, M. J. M.; PEARCE, Joshua M. A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 9, p. 4470-4482, 2011.

BREALEY, RICHARD A. Princípio de finanças corporativas. 12 ed. Porto Alegre: AMCH, 2018.

BRUNING, Jhosefe et al. Economic performance of off-grid photovoltaic systems for irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p 57-63, 2022.

BUSTOS, F. et al. Sensitivity analysis of a photovoltaic solar plant in Chile. **Renewable Energy**, v. 87, p. 145-153, 2016.

CARRÊLO, Isaac Barata et al. Comparative analysis of the economic feasibility of five large-power photovoltaic irrigation systems in the Mediterranean region. **Renewable Energy**, v. 145, p. 2671-2682, 2020.

CASAROTO, FILHO. **Análise de investimentos: manual para solução de problemas e tomada de decisão**. 12 ed. São Paulo: Atlas, 2020.

DALFOVO, Wylmor Constantino Tives et al. A Viabilidade econômica da implantação de energia solar fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 14, n. 3, p. 118-143, 2019.

CARVALHO, Francisco Ivanhoel Aguiar De; DE ABREU, Mônica Cavalcanti Sá; NETO, Jocildo Figueiredo Correia. **FINANCIAL ALTERNATIVES TO ENABLE**



DISTRIBUTED MICROGENERATION PROJECTS WITH PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 18, p. 120-147, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GORJIAN, Shiva et al. A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. **Journal of Cleaner Production**, v. 285, p. 124807, 2021.

KRUGER, Silvana Dalmutt; ZANELLA, Cleunice; BARICHELO, Rodrigo. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 1, p. 428-445, 2023.

MICROGENERATION PROJECTS WITH PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 18, n. 1, p. 120-147, 2017.

NEOENERGIA. **Energia Solar**. 2024. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/energia-solar> Acesso em: 20/03/2024.

NESPOLO, Sabrina et al. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 3, p. 1-17, 2022.

ROSS et al. **Fundamentos de administração financeira**. 13 ed. Porto Alegre: Bookman, 2022.

SANTOS, David Ferreira Lopes; JURCA, Fernanda Lemos. Analysis of investment in feedlot cattle in the central-western Brazil: A case study. **CEP**, v. 14, p. 000, 2013.

SENADO FEDERAL. **Comissão aprova incentivo ao uso de energia solar na agricultura familiar**. 2023. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/07/05/comissao-aprova-incentivo-ao-uso-de-energia-solar-na-agricultura-familiar#:~:text=Comiss%C3%A3o%20aprova%20incentivo%20ao%20uso%20de%20energia%20solar%20na%20agricultura%20familiar,-Compartilhe%20este%20conte%C3%BAdo&text=A%20Comiss%C3%A3o%20de%20Agricultura%20\(CRA,\(PL%202.458%2F2022\)\)](https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/07/05/comissao-aprova-incentivo-ao-uso-de-energia-solar-na-agricultura-familiar#:~:text=Comiss%C3%A3o%20aprova%20incentivo%20ao%20uso%20de%20energia%20solar%20na%20agricultura%20familiar,-Compartilhe%20este%20conte%C3%BAdo&text=A%20Comiss%C3%A3o%20de%20Agricultura%20(CRA,(PL%202.458%2F2022))). Acesso em 10/03/2024.

SILVA, Francisca Valdelice Pereira et al. Potencial de energia solar para a irrigação no município de Barbalha-CE. **Energia na agricultura**, v. 32, n. 1, p. 57-64, 2017.

VIAN et al. **Energia solar: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2021. 130 p.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2010.



# ANAIS