

MODELAGEM MATEMÁTICA UTILIZANDO MÓDULOS FOTOVOLTAICO COM UMA ABORDAGEM FINANCEIRA E SUSTENTÁVEL APLICADA NO ENSINO BÁSICO¹

Eduardo de Paula Alencar², Leonardo Minelli³, Emilia Damásia de Sousa Xavier⁴, Paulo Sérgio Sausen⁵, Airam Teresa Zago Romcy Sausen⁶, Maurício de Campos⁷

¹ Trabalho de pesquisa desenvolvido no curso de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional. Bolsista Unijui 50%.

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

⁴ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

⁵ Professor Orientador

⁶ Professora Coorientadora

⁷ Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

RESUMO

O ensino de matemática no Brasil muitas vezes encontra barreiras em que o aluno não consegue desenvolver os conteúdos propostos, sejam por serem teóricos ou com pouca aplicabilidade, ocasionando desinteresse pela disciplina. Posto isso, a modelagem matemática possui um papel crucial no desenvolvimento de modelos matemáticos em uma linguagem mais ampla para o aluno. Neste trabalho será desenvolvido uma modelagem matemática utilizando módulos fotovoltaicos aplicados no ensino básico como forma de facilitar a linguagem matemática apresentando conceitos econômicos e financeiros da aquisição de um sistema fotovoltaico.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Módulos fotovoltaicos. Ensino básico

ABSTRACT

The teaching of mathematics in Brazil often encounters barriers in which the student is unable to develop the proposed contents, whether these are theoretical or with little applicability, causing disinterest in the discipline. That said, mathematical modeling has a crucial role in the development of mathematical models in a broader language for the student. In this work a mathematical modeling will be developed using photovoltaic modules applied in basic education as a way to facilitate the mathematical language presenting economic and financial concepts of the acquisition of a photovoltaic system.

Keywords: Mathematical modeling. Photovoltaic modules. Basic education

INTRODUÇÃO

A matemática é considerada uma disciplina que possui grande rejeição entre os estudantes e é também um desafio para os professores em tornar os conteúdos e objetivos de aprendizagem mais atrativos. Fazer com que conteúdos teóricos sejam compreensíveis é uma forma de atrair estudantes e desfazer o mito de que a matemática é uma disciplina difícil, entre

várias metodologias estudadas por diversos autores renomados está a aplicação da modelagem matemática como método de ensino.

Segundo Bassanezi (2002) a modelagem matemática trabalha com a transformação de problemas do cotidiano em problemas matemáticos executando-a sua resolução baseando em uma linguagem do mundo real. Diante disso, um tema de bastante debates nas últimas décadas é o estudo de fontes de energias renováveis com ênfase para a energia solar fotovoltaica. O conceito de energia solar envolve uma variedade de objetivos matemáticos com uma grande gama de problemas, com destaques para a área financeira, com sistemas de financiamentos, aquisições e desenvolvimentos de equações exponenciais.

Neste trabalho será desenvolvido modelos matemáticos para comparar aquisição de um sistema fotovoltaico com o valor de uma fatura normal de energia fornecida pela distribuidora de energia elétrica em uma residência, trabalhando com valores futuros de retornos financeiros.

METODOLOGIA

A modelagem matemática abordada neste trabalho visa mostrar para o aluno o desenvolvimento de ferramentas matemáticas para calcular a aquisição de um sistema fotovoltaico com objetivos de verificar em um longo prazo um eventual retorno financeiro em comparação ao que a distribuidora de energia estabelece. Para isso serão utilizadas equações envolvendo juros compostos, exponenciais e tabulação de dados.

Para fins de comparação no final do estudo é desenvolvido gráficos em que mostrará o retorno financeiro quando comparando com as principais aplicações financeiras existentes no Brasil. Neste ponto, os alunos poderão além de estudar os principais conceitos matemáticos, envolvendo a modelagem, como também desenvolver o senso crítico sobre o conceito de energia solar fotovoltaica e a contribuição ambiental pelo uso deste recurso.

O desenvolvimento da modelagem matemática do trabalho seguirá as etapas desenvolvidas por Biembengut e Hein (2018) em que propõe uma abordagem vista como um processo dinâmico e que envolve três grandes etapas: interação, matematização e o modelo matemático.



MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem matemática consiste na obtenção de um modelo matemático, sendo considerada uma arte de modelar, reformular e resolver expressões que consiga dar suporte posteriormente para aplicações e teorias dentro da grande área (BIEMBENGUT E HEIN, 2018). Bassanezi (2002) descreve a aplicação matemática da modelagem como um modo científico de trabalho com pesquisa que faz com que o aluno transforme um problema matemático interpretando e aperfeiçoando soluções.

Segundo Biembengut e Hein (2018) o professor em seu processo de ensinar os conteúdos programáticos seguirá na escolha de um *tema*, este tema será transformado em um modelo matemático, neste quesito os alunos também podem ser protagonistas desta escolha. Feita a escolha o tema passará pelas etapas da modelagem descrita como: Interação – reconhecer a situação problema; a Matematização – resolução e formulação do problema; e por fim o modelo matemático – interpretar e validar.

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E IRRADIAÇÃO SOLAR BRASILEIRA

Um dos pioneiros nos estudos sobre o efeito fotovoltaico foi o físico Francês Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891). Em seus estudos no ano de 1939 desenvolveu a primeira célula fotovoltaica do mundo, utilizando em seus componentes Cloreto de Prata em uma solução ácida, quando incidia alguma iluminação ele observou uma pequena tensão elétrica em seus eletrodos (HANJALIC; KROL; LEKIC, 2007).

Nos anos de 1950, houve um grande avanço na tecnologia ligada principalmente a fabricação de painéis fotovoltaicos, com a primeira unidade feita de Silício. Com o avanço espacial muitos satélites foram desenvolvidos com essa nova tecnologia e nos dias atuais são amplamente aplicadas em pequenos objetos como relógios e calculadoras assim como em grandes indústrias automotores e espaciais (DAVIGNY et al., 2021).

O processo de obtenção da eletricidade em uma célula fotovoltaica engloba a conversão da irradiação solar transformando em corrente elétrica, sendo que para isso utiliza-se de vários modelos de tecnologia em sua fabricação dentre estas, as placas de Silício, Silício policristalino e Disseleneto de Cobre e Índio (DAVIGNY et al., 2021).



O Brasil apresenta uma boa incidência de irradiação solar, fazendo com isso um grande potencial para a malha energética direcionada a sistemas fotovoltaicos. Em um contexto geral esses níveis de irradiações são altos principalmente nas regiões do Centro-Oeste e parte do Nordeste (MARTINS et al., 2017).

INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Quando um processo de aquisição engloba dados financeiros futuros, como retornos utilizando o tempo, entra em questão o trabalho com os indicadores de viabilidade econômica sendo os principais destacados por: Taxa Mínima de Atratividade (TMA), (i.e, *Payback*), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Certificado de Depósito Bancário (CDB) e a poupança .

A TMA é uma taxa estipulada que propõe um retorno de uma aplicação mínima que um consumidor possa obter, usado principalmente para verificar se um investimento é viável ou não em relação a essa determinada taxa. Para a sua efetivação utiliza-se geralmente a caderneta de poupança e também a taxa básica de juros conhecida como Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) como referência (FILHO E KOPITTKKE, 2000).

O *Payback* descontado segundo Junior, Higo e cherobim (2002) destaca-se pelo trabalho entre um período anual, semanal ou diário com o tempo necessário para que um consumidor consiga recuperar seu investimento considerando uma taxa de desconto atrelada ao tempo. A Equação (1) fornecida por (SILVA; HENRIQUE; MIMURA, 2018) utiliza-se para a determinação do *Payback* descontado, fazendo referências aos fluxos de caixa no presente somando até alcançar o valor investido.

$$Payback\ descontado = \frac{\text{último valor negativo}}{\text{Próximo caixa descontado}} \quad (1)$$

O VPL faz uma estimativa de um lucro futuro ao longo prazo onde o aplicador verifica se o investimento é vantajoso ou não em comparação ao seu projeto adquirido (CLEMENTE et al., 1998). A Equação (2) é utilizada para o cálculo do VPL;

$$VPL = -CF_0 + \sum_{j=1}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

Onde VPL = Valor presente líquido



$-CF_0$ = investimento inicial

$(1 + i)^J$ = Fator de desconto

J = Período

A Taxa Interna de Retorno (TIR) considera o VPL igual a zero, representando uma média periódica de retorno de uma aplicação, como seu cálculo recai em polinômios de grau em a sua equação torna-se muito trabalhosa para determina-la manualmente, para isso, existem ferramentas como calculadores e *software* como o EXCEL para o seu desenvolvimento (BROM; BALIAN, 2007). A Equação (3) é usada para determinar a TIR

$$VPL = -CF_0 + \sum_{J=1}^n \frac{CF_J}{(1 + i)^J} = 0 \quad (3)$$

Onde VPL = Valor presente líquido

$-CF_0$ = investimento inicial

$(1 + i)^J$ = Fator de desconto

J = Período

O CDB e a Poupança são indicadores de rendimentos estabelecidos pelo banco central para em algum banco, considerados como renda fixa. Segundo Fortuna (2008), os CDBs são emitidos por bancos com uma determinada taxa e um prazo de vencimento. O cálculo da poupança e do CDB leva em consideração outros fatores para a determinação de suas taxas como a taxa Referencial ,para a poupança, os Certificados de Depósitos interbancários (CDI) e a própria SELIC . Com o valor da taxa em mão é possível determinar o valor de uma aplicação em CDB e poupança utilizando a equação (4) abaixo;

$$M_n = C_0 \cdot (1 + i_1) \cdot (1 + i_2) \cdot (1 + i_3) \dots (1 + i_n) \quad (4)$$

Onde

C_0 = Capital inicial, i = Taxa, n = Período, M = Montante



RESOLUÇÕES SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

No Brasil existe a Resolução Normativa de 2023 aprovada e editada pela Lei 14.300 (BRASIL, 2023), que determina a compensação de energia da parte excedentes injetadas na rede por sistemas fotovoltaicos, chamada de micro geração e determina uma porcentagem de cobrança referente ao FIO B (custos da utilização até o local de uso), essa taxa será de 15% a partir de 2023, 30% a partir de 2024, 45% a partir de 2025, 60% a partir de 2026, 75% a partir de 2027, 90% a partir de 2028, levando em consideração o fator de simultaneidade (ANEEL 2023). Segundo Flores (2022) a simultaneidade é um indicador que determina o percentual de energia que uma residência consome imediatamente.

PROPOSTA DA MODELAGEM MATEMÁTICA E RESULTADOS OBTIDOS

A proposta desenvolvida nesta seção servirá de subsídios para professores do ensino básico podendo ser utilizada a partir do oitavo ano escolar, o desenvolvimento da modelagem matemática seguirá as etapas estabelecidas por Biembengut e Hein (2018).

1ª Etapa Interação: nesta etapa os alunos desenvolvem o conhecimento a respeito do problema com a identificação do tema estudado. Com isso para efeito de estudos foram considerados consumo mensal de uma residência. Vale ressaltar que nesta fase cada grupo ou aluno estabelece o consumo de energia para desenvolver.

2ª Etapa Matematização: com o tema de estudos observados na etapa anterior os alunos agora podem buscar a formulação dos dados em termos de modelo. Com isso os dados coletados podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 – Dados obtidos de referência para os cálculos

(Continua)

Consumo mensal de doze meses em kWh	500 kWh
Custo de Disponibilidade	50 kWh
Irradiação do local	5,17 w/m ²
Preço do kWh	R\$ 0,75
8 Módulos fotovoltaico de 550 w	



Quadro 1 – Dados obtidos de referência para os cálculos

(Conclusão)

Valor total de Módulos, inversores, cabos...etc	R\$ 19.571,31
Taxa DI	8%
Aumento da tarifa	8%
Taxa da poupança	6,5%

Fonte: O autor

3ª Etapa Modelo Matemático: nesta última fase Biembengut e Hein (2018) enfatiza que é chegada a hora da interpretação da solução e a validação do modelo, neste quesito são feitas as resoluções e a tabulação dos dados comparando-os financeiramente. Com o Quadro 1 os alunos podem seguir os passos seguintes para efetuar a modelagem matemática para obtenção do Quadro 2, as equações foram simplificadas e desenvolvidas com o apoio dos seguintes autores: (DANTE, 2013), (FLORES, 2022), (FILHO E KOPITTKE, 2000), (SILVA; HENRIQUE; MIMURA, 2018), (CLEMENTE et al., 1998), (BROM; BALIAN, 2007) e (FORTUNA, 1998).

- Os anos de estudos do sistema fotovoltaico é estimado em 25 anos, logo de 2023 até o ano de 2047, observados na primeira coluna do Quadro 2;
- A tarifa de energia, mostrada na Equação 5 e na segunda coluna, sofrerá um acréscimo de 8% ao ano logo;

$$Tarifa\ ano = (Tarifa \cdot Porcentagem\ de\ aumento) + Tarifa \quad (5)$$

$$Tarifa\ 2024 = (R\$ 0,75 \cdot 8\%) + 0,75 = R\$ 0,81$$

Seguindo a lógica do cálculo no ano de 2047 a tarifa será de R\$ 4,76;

- Na terceira coluna evidência a eficiência dos módulos fotovoltaicos, perdendo cerca de 20% durante 25 anos de acordo com a maioria dos fabricantes, para efeito de cálculo foi considerado uma queda de 0,8 % ao ano.

$$Eficiência\ ano = (Potência\ atual \cdot 0,8\%) - potência\ anterior \quad (6)$$

$$Eficiência\ 2024 = (500\ kWh \cdot 0,8\%) - 500\ kWh = 496,00\ kWh$$

Aplicando a Equação 6 para os demais valores até 2047, a eficiência dos módulos será de 412,33 kWh;

- Na quarta coluna é observada a simultaneidade, a média nacional varia de 20% 30%



para residências. No trabalho foi considerada uma simultaneidade de 30%, fazendo que apenas 30% da energia gerada será consumida imediatamente, os demais kWh serão injetados na rede.

$$\textit{Simultaneidade ano} = \textit{Potência ano} \cdot \textit{Porcentagem de simultaneidade} \quad (7)$$

$$\textit{Simultaneidade 2024} = 500 \textit{ kWh} \cdot 70\% = 350 \textit{ kWh}$$

No ano de 2047 a injeção de kWh na rede será de 288,56 kWh

- Na quinta coluna é observado o empréstimo da rede referente a eficiência do módulo fotovoltaico.
- Na sexta coluna é descrito a conta de energia sem o sistema fotovoltaico para cada ano, lembrando que neste caso a iluminação pública entra no cálculo.

$$\textit{fatura ano} = [(\textit{Potência inicial} \cdot \textit{Tarifa ano}) + \text{R\$ } 27,00] \cdot 12 \quad (8)$$

$$\textit{fatura 2023} = [(500 \textit{ kWh} \cdot \text{R\$ } 0,75) + \text{R\$ } 27,00] \cdot 12 = \text{R\$ } 4.824,00$$

No ano de 2047 o valor da fatura de energia será de R\$ 28.859,31;

- A sétima coluna é mostrado os cálculos da taxa do FIO B de acordo com a Lei 14.300. Segundo essa nova Lei terá um aumento escalonado do FIO B de 15% a partir de 2023, 30% a partir de 2024, 45% a partir de 2025, 60% a partir de 2026, 75% a partir de 2027, 90% a partir de 2028,. O valor do FIO B é de R\$ 0,35612 fornecidos pela ENERGISA (2023) estimado por cada concessionaria. Enquanto o FIO B for inferior ao custo de disponibilidade não terá a sua cobrança, mantendo o valor do kWh da disponibilidade.

$$\textit{FIO B ano} = \textit{Porcentagem Fio B} \cdot \textit{Taxa Fio B} \cdot \textit{Simultaneidade} \quad (9)$$

$$\textit{FIO B 2026} = 60\% \cdot \text{R\$ } 0,35612 \cdot \frac{1}{\textit{kWh}} \cdot 241,67 \textit{ kWh} = \text{R\$ } 72,98$$

Seguindo os cálculos em 2047 o valor do FIO B será de R\$ 102,78

- Na oitava coluna é mostrada a fatura de energia com o sistema fotovoltaico (SFV);

$$\textit{Fatura com SFV} = \textit{Taxa Fio B} + (\textit{Empréstimo rede} \cdot \textit{tarifa}) + \textit{iluminação} \quad (10)$$

$$\textit{Fatura com SFV 2023} = \text{R\$ } 37,50 + (0,00 \cdot \text{R\$ } 0,75) + \text{R\$ } 27,00 = \text{R\$ } 64,50$$

Ao ano a fatura com o SF = R\$ 64,50 . 12 = R\$ 774,00

Em 2047 o valor da fatura utilizando o SFV será de R\$ 6.560,49

- A nona coluna é mostrada a economia anual utilizando o SFV;

$$Economia\ ano = (fatura\ sem\ SFV - fatura\ com\ SFV) \cdot 12 \quad (11)$$

$$Economia\ 2023 = (R\$ 3.924,00 - R\$ 774,00) \cdot 12 = R\$ 3.150,00$$

A economia anual em 2047 será de R\$ 19.609,47;

Quadro 2 – Valores calculados para uma aquisição de um Sistema Fotovoltaico

Ano	Tarifa	Eficiência	Simultaneidade	Empréstimo da rede	Fatura sem solar	Taxa Fio B	Fatura com solar	Economia anual
								-R\$ 19.571,31
2023	R\$ 0,75	500,00 kWh	350,00 kWh	0,00 kWh	R\$ 4.824,00	R\$ 37,50	R\$ 774,00	R\$ 4.050,00
2024	R\$ 0,81	496,00 kWh	347,20 kWh	4,00 kWh	R\$ 5.184,00	R\$ 40,50	R\$ 848,88	R\$ 4.335,12
2025	R\$ 0,87	492,03 kWh	344,42 kWh	7,97 kWh	R\$ 5.572,80	R\$ 43,74	R\$ 932,52	R\$ 4.640,28
2026	R\$ 0,94	488,10 kWh	341,67 kWh	11,90 kWh	R\$ 5.992,70	R\$ 72,98	R\$ 1.334,72	R\$ 4.657,98
2027	R\$ 1,02	484,19 kWh	338,93 kWh	15,81 kWh	R\$ 6.446,20	R\$ 90,50	R\$ 1.603,52	R\$ 4.842,68
2028	R\$ 1,10	480,32 kWh	336,22 kWh	19,68 kWh	R\$ 6.935,98	R\$ 107,76	R\$ 1.877,39	R\$ 5.058,58
2029	R\$ 1,19	476,47 kWh	333,53 kWh	23,53 kWh	R\$ 7.464,93	R\$ 118,77	R\$ 2.085,23	R\$ 5.379,70
2030	R\$ 1,29	472,66 kWh	330,86 kWh	27,34 kWh	R\$ 8.036,21	R\$ 117,82	R\$ 2.159,50	R\$ 5.876,70
2031	R\$ 1,39	468,88 kWh	328,22 kWh	31,12 kWh	R\$ 8.653,19	R\$ 116,88	R\$ 2.244,92	R\$ 6.408,27
2032	R\$ 1,50	465,13 kWh	325,59 kWh	34,87 kWh	R\$ 9.319,52	R\$ 115,94	R\$ 2.342,65	R\$ 6.976,87
2033	R\$ 1,62	461,41 kWh	322,99 kWh	38,59 kWh	R\$ 10.039,16	R\$ 115,02	R\$ 2.454,01	R\$ 7.585,15
2034	R\$ 1,75	457,72 kWh	320,40 kWh	42,28 kWh	R\$ 10.816,38	R\$ 114,10	R\$ 2.580,41	R\$ 8.235,96
2035	R\$ 1,89	454,06 kWh	317,84 kWh	45,94 kWh	R\$ 11.655,77	R\$ 113,18	R\$ 2.723,43	R\$ 8.932,34
2036	R\$ 2,04	450,42 kWh	315,30 kWh	49,58 kWh	R\$ 12.562,31	R\$ 112,28	R\$ 2.884,77	R\$ 9.677,53
2037	R\$ 2,20	446,82 kWh	312,77 kWh	53,18 kWh	R\$ 13.541,37	R\$ 111,38	R\$ 3.066,33	R\$ 10.475,05
2038	R\$ 2,38	443,25 kWh	310,27 kWh	56,75 kWh	R\$ 14.598,76	R\$ 110,49	R\$ 3.270,15	R\$ 11.328,61
2039	R\$ 2,57	439,70 kWh	307,79 kWh	60,30 kWh	R\$ 15.740,74	R\$ 109,60	R\$ 3.498,50	R\$ 12.242,24
2040	R\$ 2,78	436,18 kWh	305,33 kWh	63,82 kWh	R\$ 16.974,08	R\$ 108,73	R\$ 3.753,85	R\$ 13.220,23
2041	R\$ 3,00	432,69 kWh	302,89 kWh	67,31 kWh	R\$ 18.306,09	R\$ 107,86	R\$ 4.038,92	R\$ 14.267,17
2042	R\$ 3,24	429,23 kWh	300,46 kWh	70,77 kWh	R\$ 19.744,65	R\$ 106,99	R\$ 4.356,67	R\$ 15.387,99
2043	R\$ 3,50	425,80 kWh	298,06 kWh	74,20 kWh	R\$ 21.298,31	R\$ 106,14	R\$ 4.710,34	R\$ 16.587,97
2044	R\$ 3,78	422,39 kWh	295,67 kWh	77,61 kWh	R\$ 22.976,25	R\$ 105,29	R\$ 5.103,49	R\$ 17.872,76
2045	R\$ 4,08	419,01 kWh	293,31 kWh	80,99 kWh	R\$ 24.788,43	R\$ 104,45	R\$ 5.540,00	R\$ 19.248,43
2046	R\$ 4,40	415,66 kWh	290,96 kWh	84,34 kWh	R\$ 26.745,59	R\$ 103,61	R\$ 6.024,12	R\$ 20.721,47
2047	R\$ 4,76	412,33 kWh	288,63 kWh	87,67 kWh	R\$ 28.859,31	R\$ 102,78	R\$ 6.560,49	R\$ 22.298,82

Fonte: O autor



Com os dados do Quadro 2, o aluno consegue agora determinar a viabilidade econômica do projeto fotovoltaico comparando com as principais aplicações financeiras existentes. Neste caso será calculado o VPL, o *Payback* e a TIR. Para determinar o VPL utiliza-se a Equação 2 trabalhando com o Valor presente (VP) e o Valor Presente Acumulado (VPA) oriundo da mesma equação, logo;

$$VP = \sum_{j=1}^n \frac{CF_0}{(1+i)^j}$$

$$VP = \sum_{j=1}^1 \frac{R\$ 4.050,00}{(1+0,065)^1} = R\$ 3.802,82$$

Assume o cálculo para os demais valores;

Para calcular o valor presente acumulado (VPA) utiliza-se do último valor devido adicionado do primeiro valor do VP;

$$VPA = \text{Valor devido} + \text{primeiro saldo do VP}$$

$$VPA = -R\$ 19571,31 + R\$ 3.802,82 = -R\$ 15.768,49$$

Desenvolve-se o cálculo para os demais valores;

Por fim para calcular o VPL utiliza-se da equação 2 ou do VP já calculado;

$$VPL = -R\$ 19571,31 + R\$ 3.802,82 + \dots + R\$ 4.618,93 = R\$ 80.436,87$$

O *Payback* é encontrado a partir do ano de 2027 mostrado no Quadro 3 e utilizando a Equação 1.

$$\text{Payback} = \frac{-R\$ 949,61}{R\$ 3466,82} = 0,27 \text{ anos}$$

Logo o *Payback* deste trabalho será de 5,27 anos .

Devido aos cálculos de polinômios de graus n, para o cálculo da TIR foi utilizado de ferramentas computacionais do *software* EXCEL, nesse caso podendo utilizar-se da Equação 3 para o desenvolvimento. Neste trabalho a TIR encontrada foi de 19% mostrando uma boa viabilidade econômica do projeto.

O Tabela 3 e o Quadro 4 é mostrado os valores encontrados para os demais anos do projeto;

Tabela 3 – Valores encontrados referente ao VP e VPA

Economia anual	VP	VPA
-R\$ 19.571,31	-R\$ 19.571,31	-R\$ 19.571,31
R\$ 4.050,00	R\$ 3.802,82	-R\$ 15.768,49
R\$ 4.335,12	R\$ 3.822,10	-R\$ 11.946,39
R\$ 4.640,28	R\$ 3.841,45	-R\$ 8.104,95
R\$ 4.657,98	R\$ 3.620,76	-R\$ 4.484,19
R\$ 4.842,68	R\$ 3.534,58	-R\$ 949,61
R\$ 5.058,58	R\$ 3.466,82	R\$ 2.517,21
R\$ 5.379,70	R\$ 3.461,87	R\$ 5.979,08
R\$ 5.876,70	R\$ 3.550,89	R\$ 9.529,97
R\$ 6.408,27	R\$ 3.635,75	R\$ 13.165,72
R\$ 6.976,87	R\$ 3.716,76	R\$ 16.882,48
R\$ 7.585,15	R\$ 3.794,19	R\$ 20.676,67
R\$ 8.235,96	R\$ 3.868,29	R\$ 24.544,96
R\$ 8.932,34	R\$ 3.939,31	R\$ 28.484,27
R\$ 9.677,53	R\$ 4.007,47	R\$ 32.491,74
R\$ 10.475,05	R\$ 4.072,98	R\$ 36.564,71
R\$ 11.328,61	R\$ 4.136,02	R\$ 40.700,74
R\$ 12.242,24	R\$ 4.196,79	R\$ 44.897,53
R\$ 13.220,23	R\$ 4.255,45	R\$ 49.152,99
R\$ 14.267,17	R\$ 4.312,16	R\$ 53.465,15
R\$ 15.387,99	R\$ 4.367,06	R\$ 57.832,21
R\$ 16.587,97	R\$ 4.420,30	R\$ 62.252,51
R\$ 17.872,76	R\$ 4.471,98	R\$ 66.724,49
R\$ 19.248,43	R\$ 4.522,25	R\$ 71.246,74
R\$ 20.721,47	R\$ 4.571,20	R\$ 75.817,94
R\$ 22.298,82	R\$ 4.618,93	R\$ 80.436,87

Fonte: O autor

Quadro 4 – Valores finais da viabilidade econômica do projeto

<i>Payback</i>	5,27 Anos
TIR	19%
TMA	6,50%
VPL	R\$ 80.436,87

Fonte: O autor



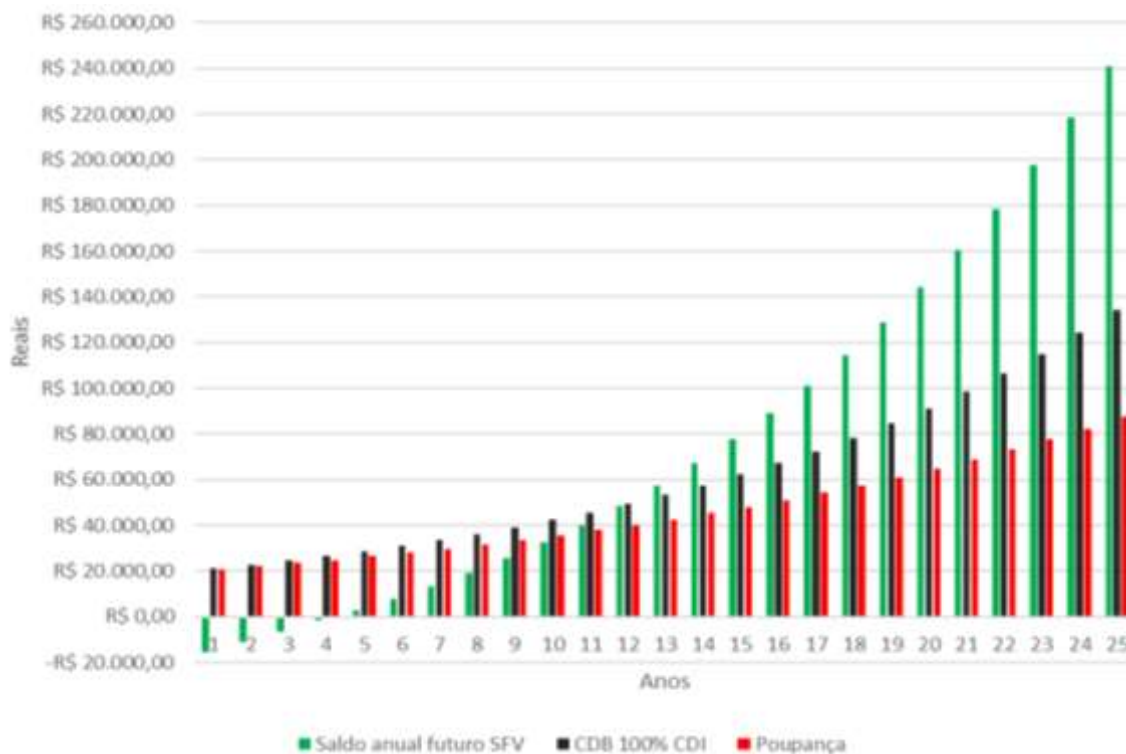
Trabalhando com sistema financeiro pode-se também comparar com o investimento em uma caderneta de poupança ou aplicação de um CDB. Os dados de comparações obtiveram um resultado mostrado na Tabela 5 e a Figura 2.

Tabela 5 – Comparações de investimentos com o sistema fotovoltaico

Ano	Saldo anual futuro SFV	CDB 100% CDI	Poupança
	-R\$ 19.571,31	R\$ 19.571,31	R\$ 19.571,31
2023	-R\$ 15.521,31	R\$ 21.137,01	R\$ 20.778,86
2024	-R\$ 11.186,19	R\$ 22.827,98	R\$ 22.060,92
2025	-R\$ 6.545,91	R\$ 24.654,21	R\$ 23.422,07
2026	-R\$ 1.887,94	R\$ 26.626,55	R\$ 24.867,22
2027	R\$ 2.954,75	R\$ 28.756,68	R\$ 26.401,52
2028	R\$ 8.013,33	R\$ 31.057,21	R\$ 28.030,50
2029	R\$ 13.393,04	R\$ 33.541,79	R\$ 29.759,98
2030	R\$ 19.269,74	R\$ 36.225,13	R\$ 31.596,17
2031	R\$ 25.678,01	R\$ 39.123,14	R\$ 33.545,65
2032	R\$ 32.654,88	R\$ 42.252,99	R\$ 35.615,42
2033	R\$ 40.240,03	R\$ 45.633,23	R\$ 37.812,89
2034	R\$ 48.475,99	R\$ 49.283,89	R\$ 40.145,95
2035	R\$ 57.408,33	R\$ 53.226,60	R\$ 42.622,95
2036	R\$ 67.085,86	R\$ 57.484,73	R\$ 45.252,79
2037	R\$ 77.560,91	R\$ 62.083,51	R\$ 48.044,88
2038	R\$ 88.889,52	R\$ 67.050,19	R\$ 51.009,25
2039	R\$ 101.131,76	R\$ 72.414,20	R\$ 54.156,53
2040	R\$ 114.351,99	R\$ 78.207,34	R\$ 57.497,98
2041	R\$ 128.619,16	R\$ 84.463,92	R\$ 61.045,61
2042	R\$ 144.007,14	R\$ 91.221,04	R\$ 64.812,12
2043	R\$ 160.595,11	R\$ 98.518,72	R\$ 68.811,03
2044	R\$ 178.467,87	R\$ 106.400,22	R\$ 73.056,67
2045	R\$ 197.716,30	R\$ 114.912,24	R\$ 77.564,27
2046	R\$ 218.437,76	R\$ 124.105,21	R\$ 82.349,98
2047	R\$ 240.736,59	R\$ 134.033,63	R\$ 87.430,98

Fonte: O autor

Figura 2 – Gráfico de comparação de investimentos entre SFV, CDB e poupança



Fonte: O autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário de energia solar fotovoltaico ainda está em expansão, visto que, novas tecnologias são desenvolvidas todo ano melhorando a capacidade energética das células fotovoltaicas. O estudo dos modelos desenvolvidos neste trabalho pode fornecer uma variedade de aplicações no ensino básico, com a interdisciplinaridade e principalmente com as novas metodologias adotadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A proposta desenvolvida pode ser estendida a outros locais, como pesquisa de campo dos alunos em empresas e concessionárias de energia de cada região.

Os investimentos descritos no texto dependem muito do tipo de aplicação que o investidor deseja fazer, uma vez que grande parte possui incidência de impostos e taxa específicas de cada um. Para manter os sistemas fotovoltaicos em operação alguns cuidados são essenciais como limpeza, troca de cabos e inversores afetando o investimento final.

Para trabalhos futuros espera-se desenvolver modelos com aplicações envolvendo outros objetos de estudo na parte fotovoltaica, como a aquisição de cabos e troca de inversores a longo prazo. Pode-se também fazer novas comparações com outros investimentos financeiros

que trabalham com juros compostos em seu retorno final, como LCI (Letras de Crédito Imobiliário), LCA (Letras de Crédito do Agronegócio) e tesouro direto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Resolução Normativa Aneel nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023.** Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica; altera as Resoluções Normativas nº 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, e dá outras providências. Aneel, 2023. Disponível em : <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>. Acesso em: 19 jul. 2023.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia.** Editora Contexto, 2002.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem matemática no ensino.** Editora Contexto, 2018.

BRASIL. **Lei Nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022.** Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis n.º 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Planalto, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm. Acesso em : 19 jul. 2023.

BROM, Luiz Guilherme; BALIAN, Jose Eduardo Amato. **Análise de investimentos e capital de giro.** Saraiva Educação SA, 2017.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos.** Vertice, 2000.

CLEMENTE, Ademir et al. Projetos empresariais e públicos. **São Paulo: Atlas**, v. 2, 1998.

DA SILVA, Carlos Eduardo; HENRIQUE, Daniel Christian; MIMURA, André Toshio. Análise do payback descontado em sistemas residenciais de captação de água de chuva no Estado de Santa Catarina. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 3, p. 1043-1075, 2018.

DANTE, Luiz Roberto. Matemática: contexto e aplicações. **São Paulo: Ática**, v. 3, 2013.

DAVIGNY, Arnaud et al. (Ed.). **Electricity production from renewable energies.** John Wiley & Sons, 2021.

ENERGISA. **Concessionária de energia de Mato Grosso**. 2023. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FLORES, Simone Merlo. **Análise do comportamento de sistemas fotovoltaicos residenciais de até 4 kw conectados à rede elétrica através de diferentes softwares** 2022, TCC – (Curso de Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul 2022.

FORTUNA, Eduardo. **Mercado financeiro: produtos e serviços**. Qualitymark Editora Ltda, 2008.

HANJALIC, Kemo; VAN DE KROL, Roel; LEKIC, Alija (Ed.). **Sustainable energy technologies: options and prospects**. Springer Science & Business Media, 2007.

LEMES JÚNIOR, Antônio Barbosa; RIGO, Cláudio Miessa; CHEROBIM, Ana Paula Mussi Szabo. Administração financeira: princípios. **Fundamentos e Práticas Brasileiras**, v. 2, 2002.

MARTINS, Fernando Ramos et al. **Atlas brasileiro de energia solar 2**. Inpe, 2017.