

CAPÍTULO 1

ENERGIA FOTOVOLTAICA: UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL

Data de aceite: 02/01/2024

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
PPGEM-CP - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica PP/
CP
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Fabio Rodrigo Milanez

UniSENAIPR - Câmpus Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica-
Londrina -PR
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

Rodrigo Zempulski Fanucchi

Universidade Estadual de Londrina
Departamento de Bioenergia
Londrina – Pr
<http://lattes.cnpq.br/0937371415675134>

Daniel Almeida Colombo

UniSENAIPR - Câmpus Londrina
Departamento acadêmico de Engenharia
Mecânica
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/0172888278106060>

Wagner de Paula Rodrigues

UniSENAIPR - Câmpus Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia
de Software -
Londrina - PR
<http://lattes.cnpq.br/8631066453482367>

Carolina Alves Bianchini

UniSENAIPR - Câmpus Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica e Automação Industrial
Londrina - PR
<https://lattes.cnpq.br/6609962687526020>

Vicente de Lime Gongora

UniSENAI/PR - Câmpus Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica-
Londrina -PR
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

Carlos Alberto Paschoalino

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento de Engenharia Elétrica –
Daele
Cornélio Procópio - Pr
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Engenheira Telecomunicações - Universidade Norte do Paraná – Unopar – Kroton –
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

Bruno Oliveira Rosa

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Acadêmico - Departamento de Engenharia Elétrica – Daele
Cornélio Procópio - Pr
<http://lattes.cnpq.br/5010826876808074>

Gustavo Henrique Bazan

Instituto Federal do Paraná
Campus Jacarezinho
Jacarezinho - PR
<http://lattes.cnpq.br/7076940949764767>

Edinei Aparecido Furquim dos Santos

Governo do Paraná Secretaria de estado da Fazenda
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/8706436030621473>

Ângelo Feracin Neto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – Pr
<http://lattes.cnpq.br/0580089660443472>

Rodrigo Rodrigues Sumar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – Pr
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

André Luiz Salvat Moscato

Instituto Federal do Paraná
Campus Jacarezinho
Jacarezinho - PR
<http://lattes.cnpq.br/1744149363927228>

Marcos Banheti Rabello Vallim

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento de Engenharia Elétrica – Daele
Cornélio Procópio - Pr
<http://lattes.cnpq.br/2326190172340055>

Andressa Haiduk

Dimension Engenharia
Ponta Grossa - PR
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

RESUMO: Com a publicação da REN ANEEL nº 482 em 2012, o consumidor brasileiro de energia elétrica ganhou o direito de gerar sua própria energia localmente através de fontes renováveis e ter um benefício financeiro. A pesquisa objetivou realizar uma investigação através de um estudo de caso para analisar técnica e economicamente o investimento de um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica em uma indústria. Utilizamos ferramentas de análise financeira para definir o *payback*, descontado, a taxa interna de retorno e o valor presente líquido, considerando vida útil do sistema de 25 anos. O investimento foi de R\$ 170.000,00 e apresentou *payback* descontado de 5 anos e 8 meses, TIR de 20,13% sendo maior que a TMA de 5%, inicialmente considerada no projeto, e um VPL positivo de R\$ 299.192,39, indicando que o projeto pode ser aceito. O investimento realizado, se comparado com a poupança, se demonstrou mais atrativo, com retorno financeiro maior. Na simulação realizada considerando o novo cenário da REN ANEEL nº 1059/2022 (GD II), o consumidor teria uma redução de benefício de 27,52% ao longo dos 25 anos comparado a GD I, com sistemas instalados antes de 7/1/2023.

PALAVRAS-CHAVE: solar; energia; fotovoltaica; microgeração; viabilidade;

PHOTOVOLTAIC ENERGY: A FEASIBILITY ANALYSIS FOR AN INDUSTRIAL PLANT

ABSTRACT: With the publication of ANEEL REN 482 in 2012, Brazilian electricity consumers gained the right to generate their own energy locally from renewable sources and benefit financially. The research aimed to carry out an investigation through a case study to analyze the investment of a photovoltaic system technically and economically for generating electricity in an industry. We used financial analysis tools to define the discounted *payback*, the internal rate of return and the net present value, considering the system's useful life of 25 years. The investment amounted to R\$ 170,000.00 and showed a discounted *payback* of 5 years and 8 months, an IRR of 20.13%, which is higher than the 5% APR initially considered in the project, and a positive NPV of R\$ 299,192.39, indicating that the project can be accepted. The investment made, when compared to savings, proved to be more attractive, with a higher financial return. In the simulation carried out considering the new scenario of ANEEL REN 1059/2022 (DG II), the consumer would see a reduction in benefit of 27.52% over the 25 years compared to DG I, with systems installed before 7/1/2023.

KEYWORDS: solar; energy; photovoltaic; microgeneration; viability;

1 | INTRODUÇÃO

O setor industrial no Brasil é um dos maiores consumidores de energia elétrica, sendo responsável por 35% do consumo total em 2022, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Esse alto consumo tem um impacto nos custos das indústrias, sendo que em 2022 o custo da energia elétrica representou 11,4% dos custos totais de produção das indústrias brasileiras, de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2022).

O Brasil ainda possui uma das tarifas de energia elétrica mais caras do mundo, superando a França, Canadá, México e Estados Unidos, onerando o processo fabril,

levando as empresas a buscar alternativas para compensar esse custo (CNI, 2021).

Essa situação pôde ser sentida em 2021, quando o Brasil passou por um momento de estiagem que durou até meados de 2022 (FIEP, 2022). Uma sondagem industrial realizada no final de 2021 mostra que o terceiro trimestre de 2021 foi marcado por uma forte pressão nos custos industriais, afetando a retomada da economia. Entre estes custos se encontra os custos da energia elétrica (FIEP, 2022).

Nesse sentido o Brasil apresenta uma vantagem natural para a diversificação da matriz a partir da geração fotovoltaica. De forma mais prática, a geração distribuída no ponto de consumo a partir de painéis fotovoltaicos instalados nas empresas, mostra-se como uma opção viável, sendo uma das bases de planejamento energético da ANEEL contribuindo para o aumento esperado da matriz energética solar de 2,4% para 3,5% em 2025 (ONS, 2021).

Neste contexto a pesquisa se propôs a investigar a viabilidade técnica-econômica do uso de um sistema fotovoltaico (SFV) na modalidade de geração distribuída (GD) e sua contribuição para uma unidade tarifada no grupo B.

2 | GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

Conforme as regras estabelecidas pela REN ANEEL n° 482/2012 e modificada pelas REN ANEEL n° 687/2015, é permitido aos consumidores instalar gerador em sua unidade consumidora e utilizar o sistema elétrico da concessionária de energia elétrica para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 60 meses, que poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade nos meses seguintes ou de outras unidades consumidoras previamente cadastradas e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo.

O autoconsumo remoto é caracterizado por unidades consumidoras de mesma titularidade que possua unidade consumidora com microgeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras.

Para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade. A figura 1 abaixo mostra o sistema de compensação de energia e as partes envolvidas.



Figura 1 – Sistema de Compensação de ENergia

2.1 REVISÃO

As empresas buscam reduzir custos operacionais, e umas das formas de atingir esse objetivo é investindo em energia solar. Tendo em vista a dificuldade em planejar investimentos nessa área, administradores procuram estudar técnicas de análise para viabilizar projetos dessa natureza.

O objetivo desse tópico é revisar trabalhos já publicados com assuntos correlatos a pesquisa referente a viabilidade técnica financeira da implantação da energia solar em uma unidade consumidora.

De acordo com Souza e Penha (2020), durante o desenvolvimento de estudo de viabilidade econômica de um projeto solar, constataram que o investimento inicial de R\$ 51.200,00 reais se apresentou viável, com payback positivo em 4 anos, TIR de 30% e VPL positivo de R\$ 332.000,00 em 15 anos, onde a maior dificuldade encontrada foi o alto valor inicial de investimento. Foi utilizada a TMA de 5%, a mesma utilizada na análise da Sulfiltros.

Um estudo realizado em uma unidade hoteleira em Tapes, RS, na concessionária CEEE, custo inicial de R\$ 144.000,00 reais, gerando 4.000 kWh/mês, o *payback* positivo foi de 4 anos e 7 meses, TIR de 12,64%, maior que a TMA de 10% (Abel et al., 2019).

3 I RESOLUÇÕES NORMATIVAS ANEEL

Resolução Normativa é um documento de organização administrativa interna destinado a estabelecer diretrizes, normatizar métodos e procedimentos, bem como regulamentar matéria específica anteriormente disciplinada a fim de orientar os dirigentes e servidores no desempenho de suas atribuições.

No caso das resoluções da Aneel, elas se destinam a disciplinar assuntos do interesse interno do setor elétrico brasileiro, e apresentam regulamentos que definem de maneira objetiva as responsabilidades das concessionárias de energia e dos consumidores para que o acesso universal ao serviço de energia.

No âmbito da geração distribuída, destacam-se

a) Resolução Normativa 482;

De acordo com a ANEEL (2012), a REN nº 482 orienta quantos aos critérios de acesso por parte dos consumidores de energia a sistemas de microgeração, podendo compensá-la na rede de distribuição da concessionária, onde desde abril de 2012 passou a ser permitido o acesso de microgeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (redes elétricas das concessionárias de energia).

b) Resolução Normativa 687;

A REN Aneel nº 687 de 2015 reduziu o tempo de concessão do acesso através da padronização dos formulários de solicitação, orientando as distribuidoras a seguirem um padrão. De 2015 até 2019 o tempo médio para acesso caiu de 180 para 51 dias (ANEEL, 2015).

Seu Art. 1º visa Alterar o art. 2º da REN Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, que passa a vigorar com a seguinte redação:

Do seu Art 2º temos:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conectada na rede de distribuição;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito;

VIII – autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão;

4 | TÉCNICAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Vamos abordar a técnica da TIR, VPL e o *Payback*. Para compreensão do conceito torna-se necessário a eliminação da idéia de inflação. Para isso, supõe-se que a inflação tecnicamente atinge todos os preços da mesma forma, sendo, portanto, anulada no período considerado.

4.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) é uma medida financeira que avalia o retorno de um investimento levando em consideração o valor do dinheiro no tempo. O VPL é calculado descontando os fluxos de caixa futuros de um investimento a uma taxa de juros apropriada. O VPL é o valor atual de todos os fluxos de caixa futuros de um investimento de acordo com a equação 1 abaixo:

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{(Fct)}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde: VPL= Valor Presente Líquido; FCt = fluxo de caixa; t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu; i = taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade); e n = período de tempo;

4.2 Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

É a taxa de desconto que torna o valor presente líquido (VPL) de um fluxo de caixa igual a zero, igualando os benefícios futuros de um investimento aos custos iniciais. A TIR fornece uma indicação do retorno que um investimento pode gerar. A fórmula para calcular a TIR segue abaixo na equação 2:

$$\sum_{i=1}^n \frac{FCi}{(1+TIR)^i} - investimento\ inicial = 0 \quad (2)$$

Onde:

FCi = fluxos de caixa do período; i = período de cada investimento; N = período final do investimento; TIR = Taxa Interna de Retorno

A TIR pode ser interpretada como a taxa de juros que um investidor exigiria para investir em um projeto. Por exemplo, se a TIR de um projeto é de 10%, significa que um investidor exigiria um retorno de 10% sobre seu investimento para considerá-lo um bom investimento.

Um projeto de investimento será considerado viável se sua TIR for maior do que o custo de oportunidade dos recursos para sua implantação, também conhecida com a taxa mínima de atratividade. Assim, quanto maior a TIR, maior a atratividade do projeto.

TIR > TMA, o projeto deve ser aceito;

TIR = TMA, é indiferente aceitar ou rejeitar projeto;

TIR < TMA, o projeto deve ser rejeitado

Já a taxa mínima de atratividade (TMA) é um valor percentual que indica que o mínimo exigível para que um investimento seja feito e que o dinheiro seja aplicado.

4.3 Payback Descontado

O payback, um indicador financeiro simples, mede o tempo necessário para recuperar o investimento inicial de um projeto, geralmente expresso em anos ou meses. Embora fácil de entender, o payback não considera o valor do dinheiro ao longo do tempo, o que o torna limitado em precisão. Por isso, é comum combiná-lo com outros indicadores como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) para uma análise mais abrangente.

Carvalho e Rezende (2012) destacam o uso do payback descontado para avaliar o retorno de investimentos, levando em conta o fluxo de caixa descontado. O estudo também aborda a aplicação do método de estudo de caso em pesquisa qualitativa, particularmente na avaliação de sistemas fotovoltaicos em indústrias. A pesquisa envolveu uma análise detalhada do setor elétrico, normativas relevantes e dados reais de consumo de energia, potência, capacidade de geração e classe de consumo de uma unidade específica, antes e depois da instalação de um sistema fotovoltaico.

5 | RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A unidade consumidora é uma indústria de filtros industriais e se em Rolândia, Paraná, na Av Itamaraty, nº 1600. A entrada de energia é de 200 A e opção tarifária do grupo B, pagando apenas tarifa de energia e uso do sistema de distribuição. A figura 2 abaixo mostra a entrada de energia.



Figura 2 – Entrada de Energia

A potência máxima de geração distribuída que ele pode instalar fica limitada a 75 kW, conforme REN ANEEL nº 1059/2023.

De acordo com a gerente da unidade, foram instalados 133 módulos FV da marca Trina de 345Wp cada, de tipo policristalino e um inversor WEG 40 kW de pico, em 380V,

com monitoramento sem fio, conforme proposta abaixo ilustrada na figura 3.

Proposta: 102.20-RV01		Nome do cliente: Fernando Garcia Dos Santos	
CPF/CNPJ:		Local de instalação: Rolândia – PR.	
Telefone:		E-mail:	
			
EQUIPAMENTOS	DESCRIÇÃO	QTE	
MÓDULOS	MÓDULO FV TRINA 345Wp POLICRISTALINO	133	
INVERSORES	WEG 40kW 380V – Com monitoramento Wi-fi	1	
ESTRUTURAS	ESTRUTURA PARA FIXAÇÃO DOS PAINÉIS EM TELHADO METÁLICO	133	
VARIEDADES	PROTEÇÃO DC E AC CONECTORES MC4 MACHO E FEMEA CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612 CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	Incluso Incluso Incluso Incluso	
SERVIÇOS	DESCRIÇÃO	QTE	
INSTALAÇÃO	INSTALAÇÃO E COMISSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID 45,89 kWp, tempo estimado para conclusão: 90 a 120 dias.	Incluso	
PROJETO	PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID 45,89 kWp, para homologação do sistema.	Incluso	
INFRAESTRUTURA	Readequações civis e estruturais, fornecimento de materiais para infraestrutura elétrica, civil etc.	Não Incluso	
GARANTIAS	DESCRIÇÃO	QTE	
MÓDULOS	Módulos fotovoltaicos com 10 anos de garantia contra defeito de fabricação e 90% de eficiência, 25 anos de garantia de 80% de eficiência.	Incluso	
INVERSORES	Inversores com 5 anos de garantia contra defeitos de fabricação.	Incluso	
ESTRUTURAS	Estrutura de fixação com 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação.	Incluso	
INSTALAÇÃO	Garantia de 1 ano sobre a instalação do seu sistema fotovoltaico on-grid.	Incluso	
Valor Total da Proposta: R\$ 170.000,00 à vista.			

Figura 3 – Proposta da instalação

As coordenadas de instalação do sistema foram: Latitude: 23,301° S e Longitude: 51,349° O, e a irradiação média no local, de acordo com as coordenadas acima e de acordo com o CRESESB é ilustrada na tabela abaixo conforme figura 4.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Plano Horizontal	0° N	5,91	5,80	5,25	4,62	3,66	3,38	3,59	4,50	4,69	5,33	6,00	6,26	4,91	2,88
Ângulo igual a latitude	23° N	5,34	5,54	5,42	5,27	4,53	4,40	4,59	5,36	5,01	5,21	5,49	5,56	5,14	1,15
Maior média anual	21° N	5,41	5,59	5,43	5,24	4,48	4,33	4,53	5,31	5,00	5,25	5,56	5,64	5,15	1,30
Maior mínimo mensal	36° N	4,79	5,12	5,23	5,35	4,78	4,74	4,91	5,56	4,93	4,89	4,96	4,93	5,02	,82

Figura 4 – Irradiação solar média mensal, em Kwh/m2.dia

A média anual varia entre 4,91 e 5,02 Kwh/m2.dia, e a média de consumo registrada na Sulfiltros é 5.551 kWh. Aplicando um fator de segurança de 10% foi considerado no cálculo do SFV o montante de 6.200 kWh. Foi utilizada a seguinte equação 3 abaixo para o cálculo da potência do SFV:

$$Potência\ SFV = \frac{Consumo}{(Irradiação\ Direta) \times (Eficiência) \times (Período)} \quad (eq.3)$$

onde: - Potência SFV: potência da solar [kW]; - Consumo: de energia elétrica [kWh]; - Irradiação Direta: energia proveniente do sol [kWh/m2.dia]; - Eficiência: do módulo solar,

na média em torno de 80% [%]; - Período: tempo da geração solar, considera-se 30 dias por mês, [dias];

$$Potência\ SFV = \frac{6200}{(5) \times (0,8) \times (30)} = 51.660W = 51,66\ kW \quad (3)$$

O sistema custou R\$ 170.000,00 reais, e o tempo de vida útil a ser considerado será de 25 anos, de acordo com os fabricantes. No primeiro ano após a instalação da energia solar, a economia foi de R\$ 35.881,34.

A TMA considerada foi de 5%, acima da Selic em 2019, que era de 4,25%. TMA é um índice, dado em porcentagem, também é conhecida como a rentabilidade mínima que o investidor considera para realizar o investimento (Conceitos, 2022).

Com a TMA de 5% definida, o tempo de retorno de investimento real (*payback* descontado) ocorrerá em quase 6 anos. Esse valor é identificado no momento em que a VPL cruza o eixo zero do gráfico, momento em que o investimento se paga. O VPL ao final dos 25 anos ficou em R\$ 299.192,29, sendo a soma de todos os fluxos de caixa trazidos para valor presente, conforme gráfico ilustrado pela figura 5.

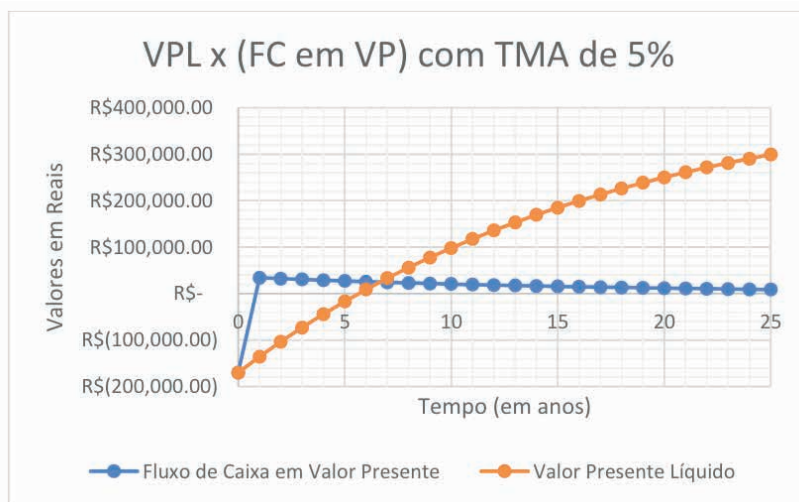


Figura 5 - VPL e *payback* descontado com TMA de 5%

Aumentar a TMA significa aumentar o tempo de *payback*, e quem define a TMA é o “dono” do investimento, aquele que vai disponibilizar um recurso financeiro para realizar o investimento. A figura 6 abaixo mostra o quadro com os valores utilizados para definição da VPL, TMA e Fluxo de Caixa trazido para Valor Presente considerando a TMA de 5%.

Investimento em SFV de 170 mil reais, tempo 25 anos				Economia Anual Inicial		R\$	35.881,34	
TMA de 4,25%				Financiamento anual		R\$	56.880,00	
Despesas		R\$	170.000,00					
Investimento	R\$	170.000,00	Tempo	Despesas	Receitas	Fluxo de Caixa	FC em VP	VPL
Receita	R\$	35.881,34	0	-R\$ 170.000,00		-R\$ 170.000,00	R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00
TMA	5,00%		1		R\$ 35.881,34	R\$ 35.881,34	R\$ 34.172,70	-R\$ 135.827,30
Projeto é viável?	sim		2		R\$ 35.594,29	R\$ 35.594,29	R\$ 32.285,07	-R\$ 103.542,23
			3		R\$ 35.309,53	R\$ 35.309,53	R\$ 30.501,70	-R\$ 73.040,52
TMA	5,00%		4		R\$ 35.027,06	R\$ 35.027,06	R\$ 28.816,85	-R\$ 44.223,67
			5		R\$ 34.746,84	R\$ 34.746,84	R\$ 27.225,06	-R\$ 16.998,61
TMA = TX Desconto			6		R\$ 34.468,87	R\$ 34.468,87	R\$ 25.721,20	R\$ 8.722,59
			7		R\$ 34.193,12	R\$ 34.193,12	R\$ 24.300,41	R\$ 33.023,00
VPL	R\$	299.192,39	8		R\$ 33.919,57	R\$ 33.919,57	R\$ 22.958,10	R\$ 55.981,10
Σ FC em VP	R\$	299.192,39	9		R\$ 33.648,22	R\$ 33.648,22	R\$ 21.689,94	R\$ 77.671,04
			10		R\$ 33.379,03	R\$ 33.379,03	R\$ 20.491,83	R\$ 98.162,86
			11		R\$ 33.112,00	R\$ 33.112,00	R\$ 19.359,90	R\$ 117.522,76
			12		R\$ 32.847,10	R\$ 32.847,10	R\$ 18.290,49	R\$ 135.813,26
			13		R\$ 32.584,32	R\$ 32.584,32	R\$ 17.280,16	R\$ 153.093,42
			14		R\$ 32.323,65	R\$ 32.323,65	R\$ 16.325,64	R\$ 169.419,06
			15		R\$ 32.065,06	R\$ 32.065,06	R\$ 15.423,84	R\$ 184.842,90
			16		R\$ 31.808,54	R\$ 31.808,54	R\$ 14.571,86	R\$ 199.414,76
			17		R\$ 31.554,07	R\$ 31.554,07	R\$ 13.766,94	R\$ 213.181,70
			18		R\$ 31.301,64	R\$ 31.301,64	R\$ 13.006,48	R\$ 226.188,18
			19		R\$ 31.051,23	R\$ 31.051,23	R\$ 12.288,02	R\$ 238.476,20
			20		R\$ 30.802,82	R\$ 30.802,82	R\$ 11.609,26	R\$ 250.085,46
			21		R\$ 30.556,39	R\$ 30.556,39	R\$ 10.967,98	R\$ 261.053,44
			22		R\$ 30.311,94	R\$ 30.311,94	R\$ 10.362,13	R\$ 271.415,58
			23		R\$ 30.069,45	R\$ 30.069,45	R\$ 9.789,75	R\$ 281.205,33
			24		R\$ 29.828,89	R\$ 29.828,89	R\$ 9.248,98	R\$ 290.454,31
			25		R\$ 29.590,26	R\$ 29.590,26	R\$ 8.738,09	R\$ 299.192,39

Figura 6 – Demonstrativo dos valores utilizados para cálculo do VPL

Com base nos dados acima foi possível calcular a TIR para definir se o projeto é ou não viável a luz do investimento realizado. A TIR de um projeto pode ser entendida como a remuneração do capital investido.

Quando esse valor de TIR é encontrado (zerando o VPL ao final dos 25 anos) e, esse valor da TIR for maior que a TMA, o projeto pode ser aceito, sendo viável economicamente. Em outras palavras eu vario a taxa de desconto (também conhecida como TIR), de modo que o VPL se torne nulo (zerado).

No estudo de caso o VPL será nulo inserindo uma TIR de aproximadamente 20%, valor maior que a TMA de 5%, portanto o projeto da Sulfiltros se demonstrou viável. Vide figura 7 com o gráfico abaixo.

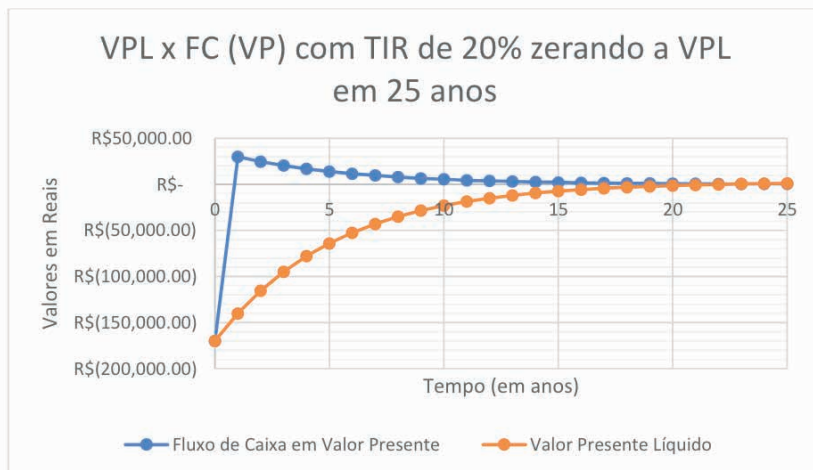


Figura 7 – TIR de 20% com VPL atingindo o valor nulo

O texto analisa as implicações financeiras da não utilização de um sistema fotovoltaico (SFV) em uma indústria. Sem o SFV, a indústria enfrentaria custos anuais de energia de cerca de R\$ 54.305,00, aumentando em média 9,4% ao ano. Ao longo de 25 anos, isso totalizaria R\$ 4.881.688,48, ou R\$ 2.320.489,83 em valor presente. Comparativamente, se o investimento inicial de R\$ 170.000,00 fosse colocado na poupança, renderia R\$ 618.792,20 em 25 anos, deixando um saldo devedor de R\$ 1.701.697,70.

Por outro lado, ao instalar o SFV, o investimento inicial seria o mesmo, mas resultaria em um fluxo de caixa positivo acumulado de R\$ 299.192,39 ao longo de 25 anos, considerando já o desconto do investimento. Isso demonstra a viabilidade econômica do investimento em energia solar, que se pagaria entre o 5º e o 6º ano, em comparação com a aplicação na poupança.

O texto também aborda uma simulação sob as novas regras da REN ANEEL nº 1059/2023, que indicam uma perda de retorno de R\$ 82.848,71 para a indústria ao longo dos 25 anos devido ao enquadramento na categoria GD II. No caso específico da empresa Sulfiltros, que instalou o sistema antes de 7/1/23, ela se beneficia do enquadramento na GD I, evitando as perdas de crédito impostas pela REN 1059.

6 | CONCLUSÃO

O Sistema Fotovoltaico (SFV) provou ser uma alternativa econômica para reduzir custos em instalações industriais de baixa tensão. Após a instalação observou-se uma redução de 38,63% no consumo de energia, de 66.645 kWh para 40.900 kWh. Financeiramente o sistema apresentou um saldo positivo de R\$ 299.192,39, superando o rendimento da poupança. O *payback* descontado ficou em quase 6 anos, com uma TIR

de 20,13%, indicando a viabilidade positiva do projeto em comparação com a TMA de 5%.

Tecnicamente e economicamente viável, o projeto contribuiu não só para a competitividade da empresa, mas também para o desenvolvimento sustentável. A compensação de energia injetada na rede, no entanto, não anulou totalmente a conta de luz, devido à taxa mínima cobrada pela concessionária. Além disso, mudanças trazidas pela Lei 14.300/2022 e pela REN ANEEL nº 1059/2023 impactaram o grupo B, a que pertence à empresa, reduzindo os benefícios da microgeração de energia elétrica em cerca de 30%. Este estudo também sugere futuras melhorias no sistema e aborda a expansão da energia solar como uma importante fonte de energia renovável.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 26 ago. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 5, p. 4, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 26 ago. 2023.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Custo da energia elétrica para a indústria. Brasília, DF: CNI, 17 nov. 2021. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/>. Acesso em: 13 out. 2022.

CONCEITOS diversos. Faz a Conta, 2022. Disponível em: <https://fazaconta.com/>. Acesso em 06 nov. 2022.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. Alerta de crise hídrica e os impactos para o mercado de energia elétrica. Curitiba: Copel Mercado Livre, 2022. Disponível em: <https://copelmercadolivre.com/alerta-de-crise-hidrica-e-os-impactos-para-o-mercado-de-energia/>. Acesso em: 14 out. 2022.

CRECESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. Rio de Janeiro: CRECESB, 2012. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 27 out. 2022.

FIEP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO PARANÁ. Indicadores de custos industriais. Curitiba: FIEP, 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/indicador-de-custos-industriais/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

SOUZA, Gabriela Romana; PENHA, Roberto Silva. Viabilidade econômica de um projeto de investimento de energia fotovoltaica. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) - Centro de Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020

SULFILTROS. Rolândia: Sulfiltros, 2022. Disponível em: <https://sulfiltros.com.br>. Acesso em: 26 out. 2022.