

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

STUDY OF ECONOMIC FEASIBILITY OF IMPLEMENTING A PHOTOVOLTAIC
SYSTEM

Joel Fenelão de Lima

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Geraldo di Biase – Volta Redonda - RJ
Jflima1990@hotmail.com

Marcelo Cosme da Silva Maria

Mestre em Engenharia Cartográfica
Professor no Centro Universitário Geraldo di Biase - Volta Redonda - RJ
posicao@yahoo.com.br

Fabiano Roberto Santos de Lima

Mestre em Economia e Gestão Empresarial
Professor no Centro Universitário Geraldo di Biase- Volta Redonda - RJ
fabianosdelima@gmail.com

RESUMO

O presente artigo verifica a viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica comparando a instalação em uma residência unifamiliar e em um templo religioso a partir da análise do consumo elétrico em ambas edificações. Foi adotada a metodologia de revisão bibliográfica para esclarecimentos em relação à matriz energética brasileira, à tecnologia disponível para placas solares e a variação do custo da energia no país. As ferramentas para as análises econômicas utilizadas foram o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e o *Payback descontado*. As conclusões corroboram com a literatura acerca do tema destacando a viabilidade nos dois modelos de edificação onde o retorno financeiro para a implantação residencial ocorre em mais anos que no outro caso.

Palavra-chave: Energia solar fotovoltaica. Painéis solares. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The present article verifies the economical viability of the implantation of a photovoltaic solar energy system comparing the installation in a single family residence and in a religious temple from the analysis of the electric consumption in both buildings. The literature review methodology was adopted to clarify the Brazilian energy matrix, the technology available for solar panels and the variation of the energy cost in the country. The economic analysis tools used were Net Present Value, Internal Rate of Return and discounted Payback. The conclusions corroborate the literature on the subject highlighting the viability in the two building models where the financial return for residential development occurs in more years than in the other case.

Keyword: Photovoltaic solar energy. Solar panels. Economic viability

1. INTRODUÇÃO

O gasto com energia elétrica tem pesado cada vez mais no orçamento do brasileiro. Entre 2014 e 2017, a tarifa média dos consumidores residenciais acumulou alta média 31,5%

no país e a estimativa é de que, no primeiro semestre de 2019, o aumento acumulado chegue a 44%, segundo a Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace). O encarecimento da conta de luz nos últimos quatro anos superou a inflação acumulada no período, de 28,86%, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE).

Dado este cenário de encarecimento associado à diminuição de renda das famílias e altas taxas de desemprego na atualidade, qualquer aumento nas tarifas de eletricidade acaba tendo grande impacto no orçamento dos cidadãos. Somado a outros fatores de ordem mais generalista, estes reajustes constantes têm sido um impeditivo na tentativa das famílias brasileiras em controlar seu orçamento mensal, deteriorando assim, a situação econômico-financeira dos indivíduos na sociedade.

Em meio a este caos econômico, as famílias e empresas têm buscado fontes de energia elétrica alternativas, tais como a solar e a eólica, as quais não estão sujeitas a esta grande variação de custo mensal, e, particularmente, no caso da energia solar fotovoltaica, pode ser independente de uma concessionária de energia, tornando tal sistema muito atrativo.

O Brasil possui um grande potencial de geração de energia elétrica proveniente do sol, pois aqui os níveis de irradiação são superiores aos de países onde a energia fotovoltaica é mais difundida, como por exemplo na Alemanha e na Espanha (NASCIMENTO, 2017). O momento se revela propício pois a queda no preço dos equipamentos, a facilidade de acesso aos financiamentos, tanto público quanto privado, o custo elevado da energia hidrelétrica e, além, a pressão internacional para a preservação do planeta, tem acelerado a difusão fotovoltaica no território nacional.

É diante destes fatos que a energia solar fotovoltaica se transforma em uma alternativa atrativa ganhando a cada dia mais mercado. Na atualidade tem se tornando habitual sua implementação não somente em empresas, organizações não governamentais, igrejas e também em residências. O custo inicial para sua instalação ainda é relativamente alto, porém, em média, oferece retorno do investimento feito em poucos anos.

O presente artigo verifica a viabilidade financeira da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em dois locais: em uma organização religiosa e em uma residência unifamiliar partindo da análise do consumo elétrico em ambas edificações. Para tal, foi necessário fazer a verificação de incidência de raios solares na localidade estudada de forma que fosse se obtivesse as condições de implementação e, posteriormente, levantados os custos para aquisição da tecnologia necessária; finalmente foram aplicados testes econômicos de retorno financeiro para determinar sua viabilidade.

2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Os sistemas solares fotovoltaicos produzem energia elétrica por meio das chamadas células voltaicas, que quando expostas à luz, parte dos elétrons do material iluminado absorve fótons, e estas placas são produzidas com materiais semicondutores, geralmente silício. As células possuem de 1 a 10 cm de lado e geram de 1 a 2 watts de energia, com eficiência de 10 a 25% de acordo com o material empregado em sua fabricação.

Os elétrons livres são transportados por meio do semicondutor até um campo elétrico. Tal campo é formado na área de encontro dos materiais. Os elétrons livres são levados para fora das células e ficam disponíveis para serem utilizados como energia elétrica.

2.1. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos se classificam de acordo com a forma que a energia é gerada ou distribuída.

Conectado à rede - On Grid: estes sistemas estão conectados à rede de uma concessionária de energia. Todo o potencial gerado escoar de imediato para a rede de distribuição onde a energia é absorvida, e a converte em créditos de energia que poderão ser utilizados em um período de até 60 meses como regula a Resolução Normativa Nº 687 de 2015 (ANEEL, 2015).

Isolado - Off Grid: é um sistema isolado, que não está conectado à rede de distribuição da concessionária, logo não há como escoar a energia excedente, portanto necessita de um sistema de armazenamento. Podem ser divididos em três grupos: *Sistemas Híbridos* - Sistema fotovoltaico que funciona em conjunto com outro tipo de geração de energia elétrica. *Sistemas Autônomos (Puros)* - Sistema onde não existe qualquer outra forma de se gerar energia elétrica. *Sistemas Autônomos Sem Armazenamento* - Utilizado somente no período diurno, quando há efetivamente geração de energia.

2.2. Tipos de painéis fotovoltaicos

Os módulos, conjunto de painéis, comerciais diferem entre si por vários fatores, como a capacidade de gerar potencial, forma, área, etc. E esses valores se alteram de acordo ao tipo de célula fotovoltaica utilizada. Seguem os principais tipos de painéis fotovoltaicos: **Células de Película Fina:** Com o intuito de reduzir custos e por consequência aumentar a aquisição da tecnologia fotovoltaica, tem-se realizado estudos no que tange a fabricação em grande escala

de células com pouco material semiconductor. **Silício Monocristalino:** São as células mais utilizadas e comercializadas como conversor de energia solar em eletricidade. A pureza do material garante alta confiabilidade do produto e alta eficiência. **Silício Policristalino:** São fabricadas a partir do mesmo material, o silício. No entanto, ao invés de se utilizar um único grande cristal, este é solidificado em forma de um bloco composto de muitos pequenos cristais.

Podem-se comparar as potências entre as células através do Quadro 1:

Quadro 1 - Eficiência dos diferentes tipos de células fotovoltaicas

Material	Eficiência em Laboratório	Eficiência em produção	Eficiência em produção em série
Silício Mono	24,7%	18%	14%
Silício Poly	19,8%	15%	13%
Silício Amorfo	13%	10,5%	7,5%
CIS, CIGS	18,8%	14%	10%
CdTe	16,4%	10%	9%

Fonte: Blue sol

2.3. Incidência de raios solares

Antes de se iniciar um estudo para se verificar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico, deve-se verificar a incidência de raios solares na localidade desejada. Dependendo da irradiação solar no plano inclinado, não será possível a implantação, ou será possível somente o sistema *on grid*, ou somente um sistema híbrido.

Devem-se levar em consideração três fatores no que tange a incidência de raios solares: **A geometria solar** - devido a ela há variação na altitude do sol, há maior incidência dos raios solares em um hemisfério que em outro, proporcionando mais horas com luz durante o dia, e por consequência maior aquecimento. **Radiação solar** - chega à atmosfera da Terra algo em torno de 1,3 kW/m² de radiação solar. Já a quantidade de radiação que chega ao solo, no plano horizontal depende da localização geográfica, das condições atmosféricas, assim como da estação do ano. **Sombreamento** - Os sistemas fotovoltaicos instalados em ambiente urbano estão facilmente sujeitos a alguma forma de sombreamento. Tal sombreamento pode causar impacto no sistema, como perda de rendimento e eficiência na produção de energia.

3. FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA

3.1. Valor Presente Líquido (VPL)

É o somatório dos fluxos de caixa (trazidos a valor presente) do projeto de análise ajustados através de uma taxa de desconto, conforme descrito na Equação (1).

$$\mathbf{VPL} = \left[\frac{\mathbf{FC}_1}{(1+i)^1} + \frac{\mathbf{FC}_2}{(1+i)^2} + \frac{\mathbf{FC}_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{\mathbf{FC}_n}{(1+i)^n} \right] + (\mathbf{FC}_0) \quad (1)$$

onde \mathbf{FC}_1 , \mathbf{FC}_2 , \mathbf{FC}_3 , ..., \mathbf{FC}_n representam os fluxos de caixa a cada período de tempo, \mathbf{FC}_0 é o fluxo inicial e i representa a taxa de desconto.

O VPL é o valor atual de um pagamento ou fluxo futuros, descontados a uma determinada taxa de juros, deduzindo o investimento (REBELATTO, 2004; BLANK; TARQUIN, 2008; SAMANEZ, 2009; FORTES, 2014). Ele pode ser sintetizado como a diferença entre o saldo dos valores presentes das entradas e saídas líquidas de caixa associadas ao projeto e ao investimento inicial necessário, com o desconto dos fluxos de caixa feito a uma taxa k definida pela empresa (GALESNE, 1999).

Pela ótica e abordagem do VPL, o empreendimento é considerado viável quando o seu resultado for nulo ou positivo, para uma taxa de desconto equivalente ao custo de oportunidade de igual risco.

3.2. Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa de desconto que quando aplicada a um fluxo de caixa faz os valores das despesas serem iguais aos valores dos retornos dos investimentos. O projeto é tido como viável quando a TIR for igual ou superior à taxa de desconto equivalente ao custo de oportunidade de igual risco, onde a recuperação do capital investido é garantida avaliando a menor taxa. Em linhas gerais, quanto maior a TIR, melhor será o projeto (SAMANEZ, 2009). Como o VPL, a TIR é um dos métodos mais utilizados e seu cálculo é obtido a partir da Equação (2).

$$\mathbf{VPL} = \left[\frac{\mathbf{FC}_1}{(1+\mathbf{TIR})^1} + \frac{\mathbf{FC}_2}{(1+\mathbf{TIR})^2} + \frac{\mathbf{FC}_3}{(1+\mathbf{TIR})^3} + \dots + \frac{\mathbf{FC}_n}{(1+\mathbf{TIR})^n} \right] = \mathbf{0} \quad (2)$$

3.3. Payback Descontado (PD)

É o período de tempo necessário para recuperar o investimento, avaliando-se os fluxos de caixa descontados, ou seja, considerando-se o valor do dinheiro no tempo. Logo, quanto maior o tempo, maiores são as incertezas, resultando no fato das empresas procurem diminuir seus riscos optando por projetos que tenham um retorno do capital num período de tempo mais curto.

4. METODOLOGIA

Adotou-se a pesquisa quantitativa para levantar e analisar dados numéricos do consumo de energia de uma residência unifamiliar e de um templo religioso, e da área disponível para instalação dos painéis fotovoltaicos, tornando possível estipular o custo de equipamentos. A explanação sobre a tecnologia e cada tipo de painel foi embasada por revisão bibliográfica, que incluiu livros, sites especializados, resoluções e normas que regulamentam a geração de energia solar fotovoltaica no Brasil. Já para a análise da viabilidade econômica financeira foram aplicados os conceitos de taxa interna de retorno, valor presente líquido e *payback* descontado com a utilização da ferramenta MS Excel©.

Os dados de consumo foram coletados através dos registros de gastos energéticos de ambas instituições objeto deste estudo e compreendem o período de janeiro de 2018 a dezembro de 2018, portanto 12 meses de observação.

5. ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Coleta e análise de dados para dimensionamento do projeto fotovoltaico

5.1.1. Unidade unifamiliar

Foram coletados os dados do consumo de energia fornecidos pela concessionária de energia elétrica LIGHT S.A., no período de tempo de doze meses, entre Janeiro de 2018 e dezembro de 2018, e calculada a média mensal deste consumo, obtendo-se um valor de 235,9 kWh/mês, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Consumo de energia residencial no ano de 2018

MÊS	CONSUMO (KWh)	TARIFA (R\$)	VALOR DA FATURA (R\$)
JAN	333	0,86266	311,2
FEV	248	0,69342	201,86
MAR	285	0,69535	224,3
ABR	315	0,83319	241,37
MAI	219	0,63452	141,79
JUN	198	0,66847	133,05
JUL	154	0,72101	110,55
AGO	175	0,69041	121,09
SET	174	0,69871	121,83
OUT	244	0,81399	225,35

NOV	185	0,67362	130,71
DEZ	301	0,83446	230,91
TOTAL	2831	-	R\$ 2 194,01
MÉDIA	235,9	0,73876	R\$ 182,83

Fonte: Os autores da pesquisa

Após coletar os dados de consumo mensal energético da residência, é necessário saber as coordenadas geográficas, latitude e longitude do endereço onde será implantado o sistema solar fotovoltaico *on grid*.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi obtido a partir a utilização da Equação (3):

$$P_p = \frac{\varepsilon_g}{(T_e \times r_s)} \quad (3)$$

Onde P_p é a potência total dos painéis, ε_g é energia de geração, T_e é o tempo de exposição ao sol e r_s o rendimento do sistema.

Para se calcular a potência deste sistema, inicialmente deve-se saber a energia de geração, ou seja, a demanda energética da residência, que neste projeto é de 235,9 kWh/mês, o que equivale a 7,86 KWh/dia. No entanto, a concessionária de energia cobra o consumo mínimo de 100 KWh que é o custo de disponibilidade. Diante disso, pode-se subtrair do consumo mensal esse valor, levando a demanda energética a 135,9 KWh/mês, que é 4,53 KWh/dia.

Utilizando o tempo de exposição ao sol, ou irradiação solar média¹, obtém-se a média anual no plano inclinado 0°, que é 4,60 KWh/m².dia.

A residência, objeto do estudo, está localizada no município de Belford Roxo-RJ, na Latitude: 22,701° S e Longitude: 43,349° O. Com esses dados, além da área de cobertura da edificação, que neste caso é de 70 m², pode-se verificar a irradiação solar no local do projeto, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – incidência solar média na cidade de Belford Roxo/RJ

Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
		Plano Horizontal	0° N	5,83	6,03	4,94	4,35	3,60	3,37	3,36	4,18	4,34	4,84	4,83	5,56

¹ Disponível em < <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>.

Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
		Ângulo igual a latitude	23° N	5,26	5,74	5,07	4,92	4,43	4,36	4,23	4,91	4,60	4,72	4,45	4,96
Maior média anual	20° N	5,36	5,82	5,09	4,88	4,35	4,26	4,15	4,85	4,59	4,77	4,53	5,07	4,81	1,67
Maior mínimo mensal	27° N	5,10	5,63	5,03	4,96	4,52	4,48	4,33	4,98	4,59	4,65	4,34	4,81	4,78	1,29

Fonte: CRESESB (2018).

Para se calcular a potência deste sistema, inicialmente deve-se saber a energia de geração, ou seja, a demanda energética da residência, neste projeto é de 235,9 kWh/mês, que em kWh/dia é 7,86 kWh/dia. No entanto, a concessionária de energia cobra o consumo mínimo de 100 kWh que é o custo de disponibilidade. Considera-se, portanto, que a demanda energética, neste caso é de 135,9 kWh/mês, ou 4,53 kWh/dia.

O tempo de exposição ao sol, ou irradiação solar média, foi obtido a partir de dados do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB, 2018), onde, inserindo as coordenadas geográficas do local do projeto, foi possível retirar dados do Quadro (3) a média anual no plano inclinado 0°, que é 4,60 kWh/m².dia.

É natural que haja perdas no sistema no que tange à temperatura, ao acúmulo de sujeiras, ao inversor e ainda ao cabeamento. Logo, o sistema não irá render 100% de si, sendo necessário ser adotado um valor inferior de rendimento. Neste projeto adota-se um rendimento de 80%, o que leva a uma potência de sistema da ordem de 1,23 kWp.

Foi realizado um orçamento junto a uma empresa especializada na implantação do sistema de energia solar fotovoltaica no estado do Rio de Janeiro com módulos de 335 Wp. Dividindo-se a potência total do sistema pela potência do módulo de forma a se verificar a quantidade de módulos necessários, chega-se a um número ideal de 4 módulos.

Recalculando a potência total multiplicando a quantidade de módulos pela potência individual de cada um deles: 4 módulos x 335 Wp = 1.340 Wp.

Adotando-se a nova potência de 1,34 kWp para o sistema, o valor orçado já inclusos os custos de projeto, homologação junto à concessionária de energia, e serviço de instalação, tendo como custo total o valor de R\$ 12.589,93.

5.1.2. Análise na organização religiosa

Foram coletados os dados do consumo de energia fornecidos pela concessionária de energia elétrica LIGHT S.A., no período de tempo de doze meses, entre o mês de janeiro de 2018 a dezembro de 2018, e calculada uma média mensal deste consumo, obtendo-se um valor de aproximadamente 447,6 KWh/mês, conforme o Quadro 4.

Cabe ressaltar que este templo religioso não tem o consumo de energia tão constante quanto à residência, pois os cultos não são diários, e os mesmos são apenas uma vez ao dia por um período de cerca de 3 horas e 40 minutos. Para o caso da implantação no templo religioso, dado a mesma metodologia utilizada para o cálculo realizado para a residência, e uma vez que a latitude e longitude do endereço onde será implantado o sistema solar fotovoltaico *on grid* é no mesmo município, a irradiação média é, portanto, a mesma. A média de consumo em KWh/mês da instalação é de 447,6 e que convertido em KWh/dia é de 11,59, já subtraído o valor de 100 KWh de custo de disponibilidade. Aplicando-se o modelo descrito na Equação (3) chega-se a uma necessidade de potência de sistema de 3,15 KWp. Adiante, orçando com a empresa adotada a quantidade de módulos, identifica-se a necessidade de 10 módulos ($3.150 \text{ Wp} \div 335 \text{ Wp}$), o que dará uma potência total de 3.350Wp.

Quadro 4 – Consumo de energia no templo religioso do ano de 2018

MÊS	CONSUMO (KWh)	TARIFA (R\$)	VALOR DA FATURA (R\$)
JAN	457	0,88947	444,47
FEV	441	0,83062	406,94
MAR	520	0,85012	480,04
ABR	471	0,89747	464,18
MAI	498	0,92878	504,01
JUN	422	0,94484	440,19
JUL	356	1,03645	410,46
AGO	442	0,98345	476,17
SET	335	0,99773	375,7
OUT	436	0,9799	468,72
NOV	454	0,99781	494,48
DEZ	539	0,91863	536,62
TOTAL	5371		R\$ 5 501,98
MÉDIA	447,6	0,93794	R\$ 458,50

Fonte: Os autores da pesquisa

Com a nova potência de 3,35 KWp para o sistema, o valor orçado já incluso os custos de projeto, homologação junto à concessionária de energia, e serviço de instalação, tendo como custo total o valor de R\$ 31.474,83.

5.2. Análise da Viabilidade econômica

5.2.1. Unidade unifamiliar

Foram tomados como método para se avaliar a viabilidade econômica dos projetos objetos de estudo: A taxa interna de retorno (TIR), O valor presente líquido (VLP), e o Payback descontado.

O primeiro passo desta análise é o cálculo da depreciação do equipamento, que neste caso é de 25 anos. Será adotado o método da depreciação linear, a fórmula para tal é:

$$D = \frac{(Vn - Vr)}{N} \quad (4)$$

Onde D é a depreciação anual, Vn é o valor da aquisição do equipamento, Vr representa o valor residual ou de sucata² e N representa a duração de sua vida útil (em anos de utilização). Uma vez que o equipamento torna-se irre recuperável no final de sua vida útil, é adotado aqui um valor residual nulo. A depreciação do equipamento ocorre seguindo o valor de R\$ 503,60 durante 25 anos.

Com este resultado é possível confeccionar o fluxo de caixa seguindo uma energia gerada anualmente de 1.630,8 KWh ao ano (4,53 KWh/dia x 30 dias x 12 meses). Considerando uma tarifa por KWh de R\$ 0,85, encontra-se uma economia anual com energia elétrica de R\$ 1.386,18 no primeiro ano. No entanto nos anos seguintes esta tarifa é corrigida pela inflação média no setor energético que é de 8%. Consequentemente, em um período de 12 anos o valor da energia gerada varia conforme o Quadro 5, sendo possível subtrair da geração de energia do sistema a depreciação, que traz uma economia real de R\$ 882,58 no primeiro ano.

Tendo como objeto de análise os fluxos de caixa do Quadro 5, foi calculado o VPL do investimento tomando a taxa básica de juros Selic, que na atualidade é de 6,4% ao ano como referência. Obtém-se à partir disto um VPL de R\$ 272,71, ou seja, o $VPL > 1$, logo, o projeto é viável sob esta perspectiva. A próxima ferramenta a ser utilizada é a TIR. O projeto apresentou uma taxa interna de retorno de 7%, comprovando mais uma vez a viabilidade do projeto, uma vez que este valor é maior que os 6,4% da inflação anual. Como última ferramenta, o *payback* descontado revelou que o retorno do investimento se dá, em aproximadamente, 11 anos e 9 meses.

² Pode-se entender como a expectativa de valor de revenda do equipamento após o esgotamento de sua vida útil.

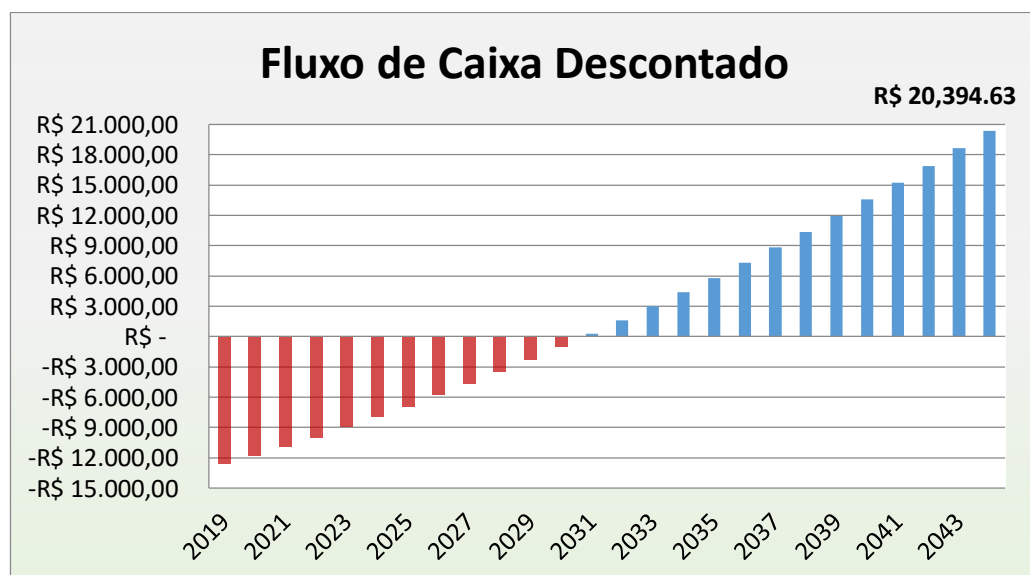
Quadro 5 – Retorno do Investimento da Unidade Familiar

Ano	FCx – (τ)	FCx – ($\tau + D$)	FCx acumulado - D	FCx descontado	FCx descontado acumulado
2019	-	- R\$ 12 589,93	- R\$ 12 589,93	- R\$ 12 589,93	- R\$ 12 589,93
2020	R\$ 1 386,18	R\$ 882,58	- R\$ 11 707,35	R\$ 829,49	- R\$ 11 760,44
2021	R\$ 1 497,07	R\$ 993,47	- R\$ 10 713,88	R\$ 877,55	- R\$ 10 882,88
2022	R\$ 1 616,84	R\$ 1 113,24	- R\$ 9 600,64	R\$ 924,20	- R\$ 9 958,69
2023	R\$ 1 746,19	R\$ 1 242,59	- R\$ 8 358,05	R\$ 969,53	- R\$ 8 989,16
2024	R\$ 1 885,88	R\$ 1 382,28	- R\$ 6 975,77	R\$ 1 013,65	- R\$ 7 975,51
2025	R\$ 2 036,75	R\$ 1 533,15	- R\$ 5 442,61	R\$ 1 056,66	- R\$ 6 918,85
2026	R\$ 2 199,69	R\$ 1 696,09	- R\$ 3 746,52	R\$ 1 098,65	- R\$ 5 820,20
2027	R\$ 2 375,67	R\$ 1 872,07	- R\$ 1 874,45	R\$ 1 139,70	- R\$ 4 680,50
2028	R\$ 2 565,72	R\$ 2 062,12	R\$ 187,67	R\$ 1 179,89	- R\$ 3 500,62
2029	R\$ 2 770,98	R\$ 2 267,38	R\$ 2 455,05	R\$ 1 219,29	- R\$ 2 281,33
2030	R\$ 2 992,66	R\$ 2 489,06	R\$ 4 944,11	R\$ 1 257,99	- R\$ 1 023,34
2031	R\$ 3 232,07	R\$ 2 728,47	R\$ 7 672,58	R\$ 1 296,04	R\$ 272,71

Notas: FCx é Fluxo de Caixa, τ é a inflação de energia e D é a depreciação.

Fonte: Os autores da pesquisa

O Gráfico 1 revela o fluxo de caixa do projeto ao longo dos seus 25 anos de vida útil e o retorno do investimento que ocorre por volta de 2031.

Gráfico 1 - Retorno do Investimento na Unidade Unifamiliar

Fonte: Os autores da pesquisa.

5.2.2. Análise de Viabilidade no Templo religioso

Seguindo mesma metodologia no projeto residencial, com uma pequena alteração e particularidade no custo da tarifa de energia por KWh, que por se tratar de uma instalação para pessoa jurídica é de R\$ 0,97 por KWh, chega-se aos resultados descritos no Quadro 6.

Considerando também a mesma taxa de juros para o país (6,4% ao ano), como referência e taxa de desconto para o projeto, chega-se aos seguintes resultados: o VPL do investimento é de R\$ 7.814,10 e, portanto, revela a viabilidade deste projeto, assim como o anterior. A TIR é de 10% e o *payback* descontado é de aproximadamente, 9 anos 11 meses e 16 dias.

Quadro 6 – Fluxo de caixa com implementação do Templo Religioso

Ano	FCx – (τ)	FCx – ($\tau + D$)	FCx acumulado - D	FCx descontado	FCx descontado acumulado
2019	-	R\$ 31 474,83	R\$ 31 474,83	R\$ 31 474,83	- R\$ 31 474,83
2020	R\$ 4 047,23	R\$ 2 788,24	R\$ 28 686,59	R\$ 2 620,53	- R\$ 28 854,30
2021	R\$ 4 371,01	R\$ 3 112,02	R\$ 25 574,57	R\$ 2 748,90	- R\$ 26 105,40
2022	R\$ 4 720,69	R\$ 3 461,70	R\$ 22 112,87	R\$ 2 873,85	- R\$ 23 231,55
2023	R\$ 5 098,34	R\$ 3 839,35	R\$ 18 273,52	R\$ 2 995,65	- R\$ 20 235,90
2024	R\$ 5 506,21	R\$ 4 247,22	R\$ 14 026,30	R\$ 3 114,56	- R\$ 17 121,34
2025	R\$ 5 946,71	R\$ 4 687,72	R\$ 9 338,58	R\$ 3 230,81	- R\$ 13 890,52
2026	R\$ 6 422,45	R\$ 5 163,46	R\$ 4 175,12	R\$ 3 344,64	- R\$ 10 545,89
2027	R\$ 6 936,24	R\$ 5 677,25	R\$ 1 502,13	R\$ 3 456,25	- R\$ 7 089,64
2028	R\$ 7 491,14	R\$ 6 232,15	R\$ 7 734,28	R\$ 3 565,85	- R\$ 3 523,79
2029	R\$ 8 090,43	R\$ 6 831,44	R\$ 14 565,72	R\$ 3 673,64	R\$ 149,85
2030	R\$ 8 737,67	R\$ 7 478,68	R\$ 22 044,40	R\$ 3 779,78	R\$ 3 929,63
2031	R\$ 9 436,68	R\$ 8 177,69	R\$ 30 222,09	R\$ 3 884,46	R\$ 7 814,10

Notas: FCx é Fluxo de Caixa, τ é a inflação de energia e D é a depreciação.

Fonte: Os autores da pesquisa

Os resultados que apontam a viabilidade econômica financeira em ambos os projetos estão sintetizados no Quadro 7 abaixo:

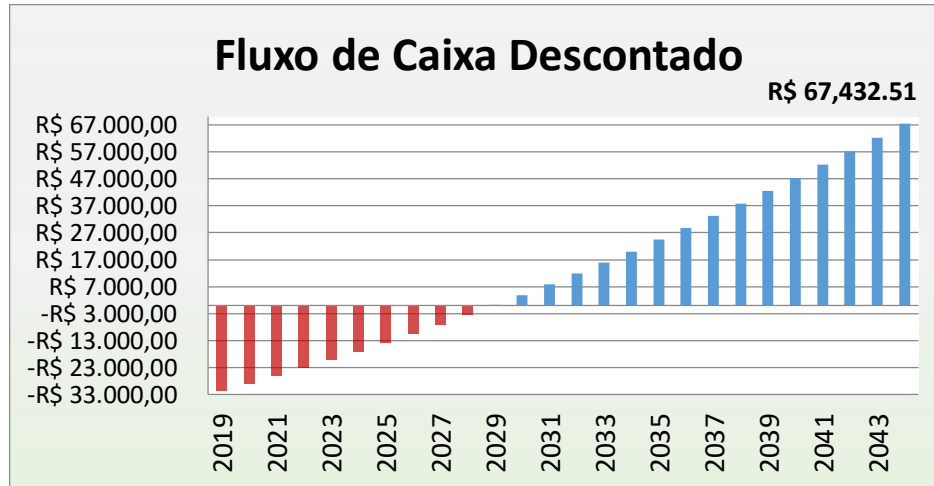
Quadro 7 – Indicadores de Viabilidade Econômica Financeira

Indicador de Viabilidade	Projeto Residencial	Projeto Templo
Valor Presente Líquido	R\$ 272,00	R\$ 7.814,10
Taxa Interna de Retorno	7%	10%
<i>Payback</i>	11 anos e 9 meses	9 anos e 11 meses

Fonte: Os autores da pesquisa

O Gráfico 2 expressa o fluxo de caixa do projeto ao longo dos seus 25 anos de vida útil revelando que a partir do ano de 2029, o investimento já foi liquidado com o fluxo de caixa gerado.

Gráfico 2 - retorno do investimento do templo religioso



Fonte: Os autores da pesquisa

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por finalidade verificar a viabilidade econômica na substituição de um sistema de abastecimento de energia elétrica convencional, por um sistema fotovoltaico em duas edificações distintas, em tamanho e utilização.

A implantação deste sistema mostrou-se economicamente viável nos dois projetos apresentados, pois atendeu ao parâmetro dos três métodos de análise de investimentos utilizados na pesquisa. Em ambos projetos a TIR revelou-se acima da inflação e o VPL revelou-se positivo em ambos casos também. Analisando o tempo de retorno do investimento a partir do *payback* descontado, chega-se a um prazo de aproximadamente 11 anos e 9 meses para a instalação residencial e 9 anos e 11 meses no templo religioso.

Apesar do custo inicial elevado, o retorno do investimento foi comprovado neste estudo e, portanto, conclui-se que a substituição é viável financeiramente, sustentável ambientalmente e agrega valor econômico ao imóvel.

7. REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482**. 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 687**. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em: 30 mar. 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Cadernos Temáticos ANEEL Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica 2ª edição**, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f65516>> Acesso em: 02 abr. 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - TAXAS DE JUROS BÁSICAS – HISTÓRICO. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em 03 abr. 2019.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia econômica**. São Paulo: McGraw Hill, 2008.

CONTA DE LUZ ACUMULA ALTA MÉDIA DE 31,5% ENTRE 2014 E 2017, DIZ ESTUDO - <<https://g1.globo.com/economia/noticia/conta-de-luz-acumula-alta-media-de-315-entre-2014-e-2017-diz-estudo.ghtml>>. Acesso em 01 abr. 2019.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. POTENCIAL SOLAR - SUNDATA V 3.0. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em 03 abr. 2019.

FORTES, E. S. **Análise de investimentos: tomada de decisão na avaliação de projetos**. São Paulo: Saint Paul, 2014.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J.E.; LAMB, R. **Decisões de investimento da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

NASCIMENTO, R. L. Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. **Consultoria Legislativa**, 2017. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequence=1>. Acesso em 01 abr. 2019.

PUCCINNI, A. de Lima. **Matemática Financeira – Objetiva e Aplicada**. 6. Ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

REBELATTO, D. A. N. **Projeto de Investimento**. Barueri - SP: Editora Manole, 2004. v. 01. 329p.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson, 2009

TUDO SOBRE A EFICIÊNCIA DO PAINEL SOLAR. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>>. Acesso em 03 abr. 2019.

VILLALVA, M. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. Ed. São Paulo: Erica/Saraiva, 2015.