UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFERSA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Trabalho de Conclusão de Curso (2018).

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN

Allan Patrick Almeida Matias[1], Antônio Gomes Nunes[2]
1 – Autor, 2 – Orientador

Resumo: O trabalho teve como objetivo investigar a viabilidade econômico-financeira da instalação de um sistema solar fotovoltaico como sendo uma alternativa de baixo impacto ambiental para a diversificação da matriz energética brasileira e para a redução de custos de uma residência comum familiar situada na cidade de Mossoró-RN. Para a verificação da viabilidade, foram utilizados três indicativos: o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o payback descontado. Considerando os dados apresentados, os resultados obtidos mostraram que o investimento na implantação do sistema solar fotovoltaico é uma alternativa viável para a redução de custos no período de tempo analisado e para a diversificação da matriz energética.

Palavras-chave: Sistema solar fotovoltaico, viabilidade econômico-financeira, Mossoró-RN.

1 - INTRODUÇÃO

O constante crescimento populacional brasileiro torna cada vez mais necessário o investimento em fontes de energia capazes de atender toda a demanda, visto que no contexto atual, a energia é um fator imprescindível para a manutenção de serviços para a população e para o desenvolvimento da economia de uma nação.

A matriz energética brasileira, de acordo com [1], no ano de 2016 era composta majoritariamente por fontes não renováveis de energia, correspondendo 56,5% da energia ofertada do ano considerado. Contudo, apesar das fontes renováveis não corresponderem à maior fração da demanda energética, o Brasil se destaca pelo investimento nesse tipo de fonte, visto que, enquanto no mesmo ano a média do mundo em oferta de fontes renováveis era de apenas 13,5%, enquanto o Brasil possuía expressivos 43,5%.

Em termos da energia convertida em eletricidade, as fontes renováveis se destacam no Brasil, sendo liderada pela energia de fonte hídrica, responsável pela geração de 68,1% da energia elétrica gerada no Brasil em 2016 [1]. Contudo, apesar de ser uma fonte renovável, esta fonte de energia gera muitos impactos, visto que ocasiona o alagamento de áreas monumentais devido ao represamento das águas, gerando prejuízos à fauna e à flora local e até mesmo danos sociais e econômicos no sentido em que cidades próximas ficam completamente alagadas.

Pelo contexto citado anteriormente, o investimento em outras fontes energéticas que possam gerar o menor impacto possível ao meio ambiente e à sociedade se torna cada vez mais necessário. O Brasil possui um potencial enorme para a produção de várias energias renováveis, como a eólica, que contribuiu com 5,4% da energia elétrica ofertada no ano de 2016 [1]. Outro grande potencial que o Brasil possui é a energia solar, visto que possui índices de irradiação solar propícios para a geração da mesma, porém apesar disso, ela é pouco aproveitada no momento.

A energia solar fotovoltaica apresenta uma grande vantagem, que é a sua possibilidade de utilização de forma distribuída. Sendo assim, esta fonte energética pode chegar a áreas que ainda não são contempladas com energia elétrica (como em zonas rurais ou regiões de difícil acesso), e, além disso, se destaca por impactar muito pouco o meio ambiente quando comparada as outras fontes de energia, promovendo assim o desenvolvimento social e econômico em todas as regiões e evitando gastos e impacto ambiental como, por exemplo, linhas de transmissão [2].

O investimento em energia solar vem se mostrando uma alternativa interessante, pois possui um custo de manutenção baixo e também vem trazendo benefícios para os consumidores que desejam aderir a essa fonte energética, como os créditos de energia, baseada nas resoluções normativas nº 482 e a nº 687 da ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica), onde estas estabelecem as condições gerais para micro e mini gerações de energia elétrica no Brasil.

Tendo em vista o potencial que esta fonte de energia possui, especialmente na região Nordeste do Brasil, que possui os mais elevados índices de irradiação solar no Brasil, concebeu-se o interesse na elaboração do presente trabalho, com fim de investigar a implantação de um sistema fotovoltaico ligado à rede elétrica pública (sistema "grid-tie″) na cidade de Mossoró-RN, como sendo uma alternativa tanto para variar a matriz energética brasileira, como também para redução de custos econômicos em uma residência comum, onde para isto, foi feita uma análise de indicativos de viabilidade econômica.

2 – DESENVOLVIMENTO

2.1 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.1 - A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA

A energia solar dá origem a praticamente todas as outras fontes de energia existentes, como por exemplo, a energia hidráulica, pois o sol fornece a energia necessária para a evaporação da água, permitindo que o ciclo hidrológico ocorra e possibilitando futuramente o represamento da água que irá ser utilizada nas hidrelétricas [3].

Esta fonte de energia é convertida em energia útil para os seres humanos através de placas solares. As placas possuem células, geralmente constituídas de silício, que ao absorverem os fótons provenientes da energia luminosa do sol, elétrons contidos nestes módulos ficam excitados, e através de um efeito denominado efeito fotovoltaico, esta excitação é convertida em energia elétrica [4].

Para se ter uma dimensão do potencial que o sol tem, a energia solar que é incidida em um único dia sobre a Terra é equivalente a toda energia consumida no mundo durante 27 anos [5]. Portanto, o aproveitamento desta fonte se faz bastante necessário, sendo atualmente uma das alternativas mais promissoras para contornar os desafios energéticos do mundo contemporâneo.

2.1.2 - COMPONENTES DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO GRID-TIE

Os sistemas que são completamente independentes da rede elétrica pública são denominados sistemas isolados ou Off-Grid. Este tipo de sistema conta com um banco de baterias para armazenar o excedente de energia produzido durante o dia pelo sistema fotovoltaico, sendo o sistema mais apropriado para áreas mais remotas onde a rede elétrica é inexistente.

No presente trabalho foi utilizado um sistema fotovoltaico Grid-Tie ou On-Grid, que diferentemente de um sistema isolado, este está diretamente ligado à rede elétrica. Neste sistema, a rede elétrica pública funciona como sendo um grande banco de baterias, ora armazenando a energia quando ela é produzida em excesso pelo sistema, ora suprindo a demanda de energia no período noturno ou quando a demanda da unidade consumidora é superior à produzida pelo sistema [6].

O sistema Grid-Tie é composto basicamente por três componentes: Painéis solares, inversor Grid-Tie e de um relógio bidirecional, como é ilustrado na Figura 1 a seguir:

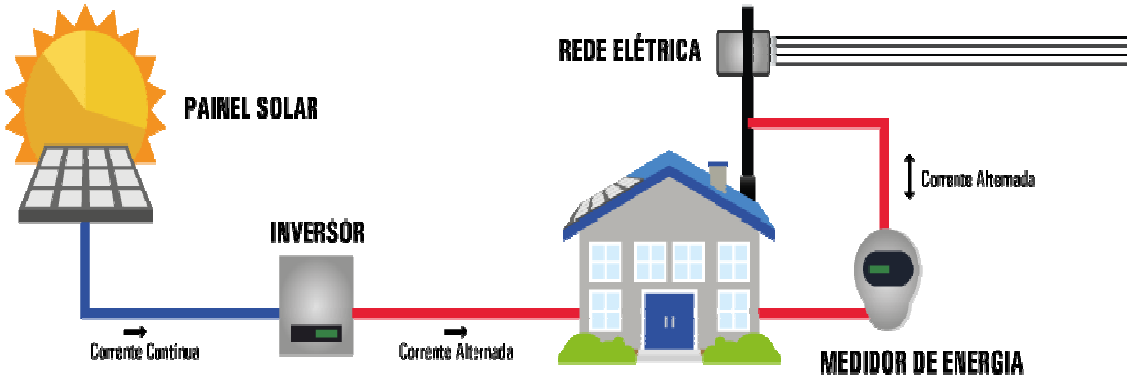


Figura 1 - Composição de um sistema solar fotovoltaico Grid-Tie, [7].

2.1.2.1 - PLACAS SOLARES

As placas solares são compostas por células que são responsáveis pela conversão da energia solar incidente em energia elétrica contínua, onde tais células geralmente são de silício policristalino ou de silício monocristalino.

A placa solar utilizada neste projeto é a Canadian Solar CS6P-260P-SD, que possui potência nominal de 260 W e suas células são compostas de silício policristalino. O tempo de vida útil desta placa é de 25 a 30 anos.

2.1.2.2 - INVERSOR DE FREQUÊNCIA

O inversor de frequência é o responsável pela transformação da corrente contínua produzida pelas placas em corrente alternada, em outras palavras, ele é o responsável por converter a energia das placas em uma energia útil para a unidade consumidora na qual o sistema está instalado. Outra funcionalidade do inversor de frequência é de garantir a segurança do sistema, não permitindo que a eletricidade seja injetada para a rede em casos como falta de energia por parte da rede pública. O inversor não possui necessidade de manutenção, sendo que a sua vida útil geralmente acompanha a vida útil das placas solares [8].

O inversor utilizado neste trabalho será o Inversor Grid-tie Fronius Primo 3.0-1 (3.000 W), no qual é mostrado na Figura 2 a seguir. Vale salientar que os inversores de frequência não podem ser instalados em quaisquer lugares, eles precisam ser instalados perto do quadro de luz, estando abrigado do sol, do calor e da água.

Figura 2 - Inversor Grid-Tie Fronius Primo, [9].

2.1.2.3 – MEDIDOR BIDIRECIONAL

O medidor bidirecional tem a função de medir continuamente o consumo de energia elétrica, indicando o que é consumido e o que é injetado na rede elétrica pública. Para uma instalação solar é necessária a troca do medidor por um bidimensional, sendo a concessionária de energia local a responsável por realizar a troca e instalação, mediante solicitação, onde tal solicitação passará por algumas etapas, nas quais são ilustradas na imagem a seguir, e apenas após ser aprovado haverá a troca do medidor convencional para o bidirecional. Depois de instalada, a concessionária é quem fica responsável por sua operação e manutenção, incluindo os demais custos que isso possa envolver [10]. Toda a procedência até o sistema ser aprovado pela concessionária de energia é ilustrado na Figura 3 a seguir:

Figura 3 - Conexão do sistema fotovoltaico a rede elétrica pública, [11].

2.1.3 - INCENTIVOS À UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL

O Brasil é privilegiado geograficamente para a produção de energia solar fotovoltaica, visto que possui altos índices de irradiação solar. Apenas no Nordeste brasileiro, de acordo com [12], a irradiação solar média chega a ser de 5,9 kWh/m², o que é uma quantidade de irradiação bastante expressiva. Aliado ao potencial geográfico, incentivos governamentais como os propostos pela a ANEEL, tornam ainda mais atrativo o investimento nesta fonte de energia.

A desregulamentação das atividades do mercado de energia elétrica é um grande fator para impulsionar as fontes de energia renovável no Brasil, incrementando o desenvolvimento de pequenos produtores e também a competitividade entre as grandes concessionárias de energia elétrica [13].

A ANEEL menciona que os estímulos à geração de energia distribuída, como é o caso da energia solar, se justificam pelos potenciais benefícios que esta modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico, na qual entre eles estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas (perdas por cabeamento, por exemplo) e a diversificação da matriz energética [14].

A ANEEL, em 2012, criou a sua resolução normativa de n°482, onde a mesma em 2015 foi revisada através da resolução normativa n°687, e através dessas resoluções o brasileiro atualmente pode produzir sua própria energia através de fontes renováveis (como por exemplo, a energia solar), sendo definida como micro geração distribuída a central geradora com potência de até 75 kW e mini geração distribuída à central geradora com potência maior que 75 kW e menor que 5 MW (sendo o limite máximo para as fontes hídricas de 3 MW) [15].

De acordo com as resoluções citadas anteriormente, uma vantagem que o mini ou micro gerador de energia obtém aderindo à produção através de fontes renováveis são os chamados “créditos de energia”. Esses créditos nada mais são do que sistemas de compensação de energia elétrica, na qual se no final do mês o mini ou micro gerador produzir mais do que consumiu de energia, a energia excedente é transferida para a rede elétrica pública, sendo convertida em créditos nos quais servirão para diminuir a fatura de meses posteriores, tendo uma validade de 60 meses. Estes créditos também podem ser utilizados em uma modalidade chamada “autoconsumo remoto”, onde os créditos de energia servirão também para abater o consumo de outras unidades consumidoras que estejam no nome do mesmo proprietário, contanto que ambas as propriedades sejam abastecidas pela mesma distribuidora [14].

Vale salientar que, para as unidades consumidoras conectadas em baixa tensão, denominadas grupo B, mesmo a produção de energia sendo superior ao consumo, será cobrada ainda uma taxa referente à disponibilidade da rede elétrica pública, na qual essa taxa varia de acordo com o sistema da unidade consumidora, que pode ser monofásico (até 30 kWh), bifásico (de 30 kWh a 50 kWh) ou trifásico (de 50 kWh a 100 kWh). Para consumidores conectados em alta tensão, denominado grupo A, não há a cobrança pela taxa de disponibilidade [14].

2.1.4 - INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto, pode-se fazer uso de diferentes indicadores. No presente trabalho, esta análise será feita fazendo o uso de três indicadores: Valor presente líquido (VPL), payback descontado e taxa interna de retorno (TIR).

2.1.4.1 - VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O valor presente líquido indica em valores absolutos a riqueza advinda do investimento, e pode ser medida pela diferença entre o valor presente de todas as entradas e saídas de caixa, onde desta forma, pode ser calculada utilizando a equação (1) [16].

$$VPL = -SO + \left[\frac{FC1}{(1+TMA)^1} + \frac{FC2}{(1+TMA)^2} + \cdots + \frac{FCn}{(1+TMA)^n}\right] \quad (\mathbf{1})$$

Onde:
FCn = Fluxo de caixa esperado para o período n;
SO = Investimento inicial;
TMA = Taxa mínima de atratividade utilizada para atualizar o fluxo de caixa.

Os termos referentes à razão do fluxo de caixa com a taxa mínima de atratividade são denominados de fluxo de caixa descontado, e a taxa mínima de atratividade neste trabalho foi fixada em 8% ao ano.

Para fazer a verificação de viabilidade econômico-financeira por meio deste indicativo, devemos analisar o sinal do VPL. Caso o valor indicado seja negativo, indica que o projeto em questão possui um retorno inferior à TMA, fazendo este ser, portanto, um projeto desinteressante, pois está destruindo a riqueza. Por outro lado, se o VPL for maior ou igual a zero o projeto é atraente, fazendo com que a riqueza seja acumulada [16].

2.1.4.2 - PAYBACK DESCONTADO (OU PAYBACK ATUALIZADO)

"O método do payback descontado mede o tempo necessário para se ter de volta o capital investido, considerando-se a mudança de valor do dinheiro no tempo" [17].

Para analisar o período de tempo necessário para ter o investimento recuperado, basta analisar o tempo em que o Valor Presente Líquido necessita para se tornar maior ou igual a zero.

2.1.4.3 - TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que produz um VPL = 0. Ou seja, é a taxa de desconto que iguala os fluxos de entrada com os fluxos de saída em um único momento. De maneira geral, a TIR é representada supondo a atualização de todos os valores de caixa para o momento zero [16].

A TIR pode ser calculada através da equação (2):

$$SO + \sum \frac{FCn}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (\mathbf{2})$$

Onde:
TIR = Taxa interna de retorno;
FC = Fluxo de Caixa esperado para o período n;
SO = Investimento Inicial;
∑ = Somatório dos fluxos.

A análise desse método se dá de maneira comparativa, onde serão considerados o valor da taxa interna de retorno (TIR) e a taxa mínima de atratividade (TMA). Caso a TIR seja menor que a TMA, haverá uma rejeição do projeto. Caso a TIR seja maior que a TMA, o projeto se mostra economicamente atrativo.

2.2 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.2.1 - DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

Para a realização do dimensionamento do projeto, deve-se primeiramente conhecer a quantidade de energia requerida pela unidade residencial na qual o projeto fotovoltaico será destinado. Foi tomada como modelo para este trabalho uma unidade residencial familiar com quatro pessoas, fazendo estimativa de uso dos prováveis equipamentos eletroeletrônicos existentes na residência, como é demonstrado a seguir pela Tabela 01.

Tabela 01 – Estimativa de consumo mensal de uma unidade residencial com quatro pessoas. (Autoria Própria).

AMBIENTE	EQUIPAMENTO	USO			CONSUMO (kWh/Mês)
-	-	POTÊNCIA (W)	DIAS DE USO POR MÊS	MÉDIA DE UTILIZAÇÃO DIÁRIA	-
SALA	Televisor LED 40”	115	30	6 horas	20,7
	Lâmpada Fluorescente – 23W	23	30	5 horas	3,45
	TV em Stand-by	6	30	18 horas	3,24
COZINHA	Forno Microondas	1400	30	20 minutos	14
	Geladeira 2 Portas*	300	30	10 horas	90
	Lâmpada Fluorescente – 23W	23	30	3 horas	2,07
	Liquidificador	300	30	15 minutos	2,25
	Gelágua*	75	30	10 horas	22,5
	Cafeteira Elétrica	1000	30	1 hora	30
	Torradeira	800	30	15 minutos	6
BANHEIRO	Lâmpada Fluorescente – 23W	23	30	1 hora	0,69
	Secador de Cabelos	1000	30	15 minutos	7,5
	Barbeador Elétrico	10	30	30 minutos	0,15
ÁREA DE SERVIÇO	Lavadora de Roupas	1500	12	30 minutos	9
	Lâmpada Fluorescente – 23W	23	30	30 minutos	0,15
	Ferro de Passar	1000	12	1 hora	12
DORMITÓRIO 1	Lâmpada Fluorescente – 23W	23	30	4 horas	2,76
	Carregador de Celular	1,5	30	5 horas	0,225
	Ventilador	100	30	8 horas	24
DORMITÓRIO 2	Lâmpada Fluorescente – 23W	23	30	4 horas	2,76
	Carregador de Celular	1,5	30	5 horas	0,225
	Ventilador	100	30	8 horas	24
	Computador	250	30	4 horas	30
CONSUMO MÉDIO MENSAL = 307,86 $kWh/Mês \approx 308\ kWh/Mês$					

(*) = O tempo médio destes equipamentos refere-se ao tempo em que o motor (compressor) fica ligado para realizar a refrigeração.

Com a posse da quantidade de energia requerida, o próximo dado a ser obtido será da potência que a placa solar irá produzir, onde para obter a mesma, será necessário ter posse da área das placas que serão utilizadas, da irradiação solar média do local de instalação e da eficiência das placas no local.

As dimensões referentes à placa solar adotada neste projeto (a placa Canadian Solar CS6P-260P-SD), podem ser encontradas na Figura 4, e correspondem a 1,638 m de comprimento e 0,982 m de largura, totalizando uma área de 1,6085 m².

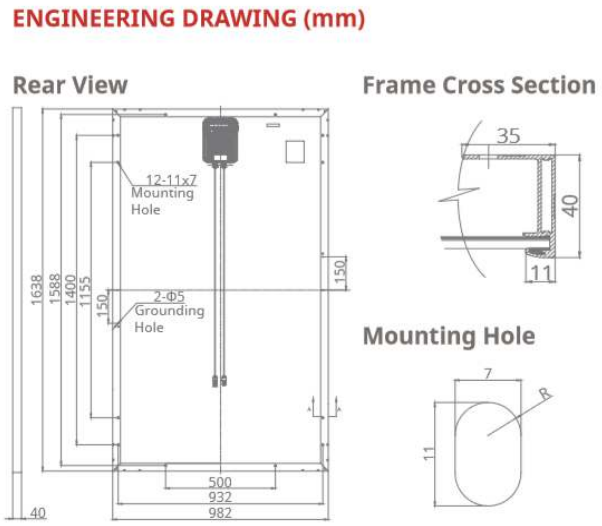


Figura 4 - Dimensões da placa solar Canadian Solar CS6P-260P-SD, [18].

A irradiação solar média na cidade de Mossoró foi obtida no site online da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, na qual indica que a irradiação é de aproximadamente 5,6 kWh/m² por dia, como ilustrado na imagem a seguir:

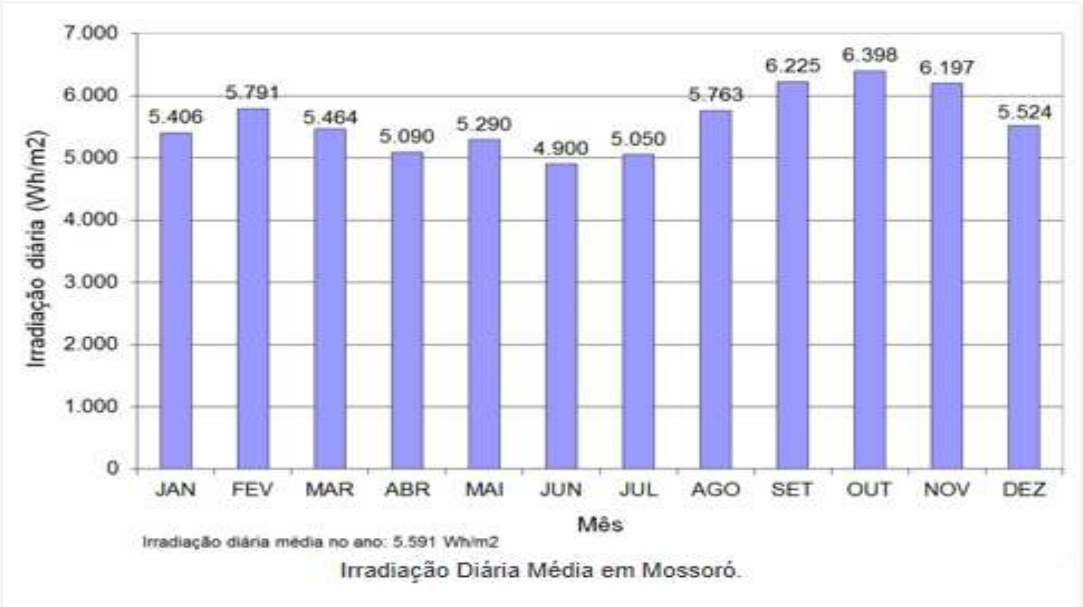


Figura 5 - Irradiação solar na cidade de Mossoró-RN, [19]

A eficiência das placas solares foi obtida através do trabalho realizado por [20], na qual foi constatado que o rendimento das placas solares instaladas na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, operando sob as condições climáticas da cidade de Mossoró, foi de aproximadamente 13,88%, valor que corresponde a 85,89% do que é definido para os mesmos módulos, quando operando nas Condições Padrão de Teste.

Com posse dos dados anteriormente descritos, [13] menciona que é possível fazer uma estimativa da potência gerada por um painel fotovoltaico utilizando a fórmula (3).

$$Pg(1\ unidade) = \eta\ x\ A\ x\ R(t) \qquad (3)$$

Onde:
Pg (1 unidade) = Potência gerada por 1 placa solar;
ŋ = Eficiência da placa solar;
A = Área da placa solar;

R(s) = Radiação solar incidente sobre a placa em função do tempo.

Realizando o cálculo com os dados obtidos, chega-se a um valor para a potência gerada por uma placa de 1,25 kWh/Dia. Para obter a produção mensal, basta multiplicar o valor anterior por 30, obtendo então 37,5 kWh/Mês. Contudo, o valor obtido está sujeito a modificações devido a perdas que vão fazer o sistema produzir menos energia do que o esperado. Os principais fatores de perdas estão relacionados na Figura 6 a seguir:

Perda	Valor
Desvio no rendimento nominal do módulo (dados de placa) (dados de placa) e da radiação de 1000W/m2	2,50%
Temperatura no Módulo	3,50%
Perdas no lado CA	1,00%
Perdas no lado DC	2,00%
Eficiência do Inversor na conversão	1,50%
Mismatch no MPPT	2,00%
Sombreamento	2,00%
Diodos e conexões	0,50%
Transformadores (como os de isolamento no inversor, por exemplo)	2,00%
Degradação na incidência solar inicial	1,00%
Sujeira nos módulos	2,00%
Total de perdas	**20,00%**

Figura 6 - Fatores de perda de energia em um projeto solar fotovoltaico, [21].

As perdas referentes à temperatura do módulo, ao desvio no rendimento nominal do módulo e da radiação 1000 W/m² podem ser consideradas já inclusas no valor referente à eficiência da placa operando em Mossoró. Desta forma, levando em consideração apenas as demais perdas, obtém-se um total de 14% de perdas (pois desconsiderou-se 6% equivalente às perdas mencionadas incluídas na eficiência). Desta forma, descontando este percentual de perdas do valor obtido para a potência gerada por uma placa por mês, obtemos o valor de 32,25 kWh/Mês.

Perdas referentes à sujeira nos módulos podem ser diminuídas aumentando a inclinação das placas em relação ao plano horizontal. No trabalho referente à [20], ao qual foi retirada a informação sobre a eficiência das placas, as placas que foram objetos de estudo (ou seja, as placas instaladas na usina solar da UFERSA em Mossoró) possuíam inclinação de 10° em direção ao plano horizontal direcionadas ao Norte geográfico. Esta inclinação será a mesma das placas utilizadas no projeto solar deste trabalho, com finalidade de diminuir as perdas por sujidade.

A quantidade de placas solares necessárias para a unidade residencial é obtida dividindo o consumo mensal médio residencial pela potência gerada por uma placa solar por mês (já considerando o percentual de perdas). Desta forma, obtém-se:

$$\text{Número de Placas Necessárias } = \frac{308\ kWh/Mês}{32{,}25\ kWh/Mês} = 9{,}55\ \approx 10\ Módulos$$

2.2.2 - INVESTIMENTO NECESSÁRIO

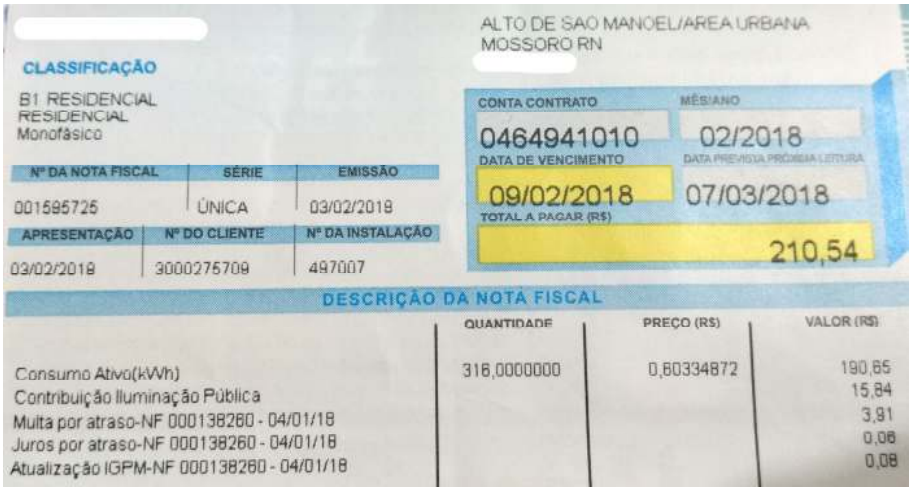
Obtido o número de placas necessárias para suprir a demanda energética residencial, os demais equipamentos, justamente com o investimento necessário, estão dispostos a seguir na Tabela 02.

Tabela 02 – Investimento necessário. (Autoria Própria).

Componentes	Quantidade
Módulo Canadian Solar 260 W Unidade = R$ 570,00	10
Inversor Grid-tie Fronius Primo 3.0-1 (3.000 W) Unidade = R$ 8000,00	01
Suporte para os Painéis Unidade = R$ 120,00	10
Kit de Materiais Elétricos (Incluindo Stingbox, cabeamento e demais insumos) + Projetos e Solicitação de Acesso á rede + Acompanhamento Remoto e Monitoramento + Eventuais Manutenções Unidade = R$ 3000,00	01
INVESTIMENTO TOTAL = R$17900,00	

2.2.3 - ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

Atualmente na cidade de Mossoró-RN é cobrada uma tarifa de R$0,603 pelo kWh consumido, este dado é referente ao mês de Janeiro de 2018 como é mostrado a seguir ,na Figura 7, em uma fatura de energia de uma residência local.


ALTO DE SAO MANOEL/AREA URBANA
MOSSORO RN

CLASSIFICAÇÃO
B1 RESIDENCIAL
RESIDENCIAL
Monofásico

Nº DA NOTA FISCAL	SÉRIE	EMISSÃO
001595725	ÚNICA	03/02/2018

APRESENTAÇÃO	Nº DO CLIENTE	Nº DA INSTALAÇÃO
03/02/2018	3000275709	497007

CONTA CONTRATO 0464941010
MÊS/ANO 02/2018
DATA DE VENCIMENTO 09/02/2018
DATA PREVISTA PRÓXIMA LEITURA 07/03/2018
TOTAL A PAGAR (R$) 210,54

DESCRIÇÃO DA NOTA FISCAL

	QUANTIDADE	PREÇO (R$)	VALOR (R$)
Consumo Ativo(kWh)	316,0000000	0,60334872	190,65
Contribuição Iluminação Pública			15,84
Multa por atraso-NF 000138260 - 04/01/18			3,91
Juros por atraso-NF 000138260 - 04/01/18			0,06
Atualização IGPM-NF 000138260 - 04/01/18			0,08

Figura 7 - Preço cobrado pelo kWh na cidade Mossoró referente ao mês de Janeiro. (Autoria Própria)

Desta forma, sabendo que a residência de estudo consome 308 kWh/Mês (sendo 14,5 kWh referentes ao excedente produzido pelas placas convertido em créditos de energia) e desconsiderando as variações referentes ao o preço do kWh em Mossoró, pode-se calcular a economia que essa residência terá em sua fatura anualmente, que será de:

$$ECONOMIA\ MENSAL = 308\frac{kWh}{MÊS} x\ 0{,}603\frac{R\$}{kWh} x \frac{12\ MESES}{1\ ANO} = 2228{,}68\frac{R\$}{ANO}$$

Em posse destas informações, a Tabela 03 a seguir apresenta o fluxo de caixa projetado para o investimento em um período de 15 anos.

Tabela 03 – Fluxo de caixa projetado. (Autoria Própria).

Anos (n)	Investimento (R$)	Economia da Fatura (R$)	Fluxo de Caixa (R$)	Fluxo de Caixa Descontado (R$)	Valor Presente Líquido (R$)
0	17900,00	-	-17900,00	-17900,00	-17900,00
1	-	2228,68	2228,68	2063,60	-15836,40
2	-	2228,68	2228,68	1910,73	-13925,67
3	-	2228,68	2228,68	1769,20	-12156,47
4	-	2228,68	2228,68	1638,14	-10518,33
5	-	2228,68	2228,68	1516,80	-9001,53
6	-	2228,68	2228,68	1404,44	-7597,09
7	-	2228,68	2228,68	1300,40	-6296,69
8	-	2228,68	2228,68	1204,10	-5092,59
9	-	2228,68	2228,68	1114,90	-3977,69
10	-	2228,68	2228,68	1032,30	-2945,39
11	-	2228,68	2228,68	955,84	-1989,55
12	-	2228,68	2228,68	885,04	-1104,51
13	-	2228,68	2228,68	819,50	-285,01
14	-	2228,68	2228,68	758,78	+473,77
15	-	2228,68	2228,68	702,57	+1176,34

Como foi mencionado no referencial teórico, para verificar o payback descontado devemos observar o período do tempo em que o VLP fica igual a zero, que é meados do 13° ano de investimento. Desta forma, o investimento conseguiu se pagar em aproximadamente 14 anos, indicando que o projeto é viável, tendo em vista que o sistema fotovoltaico tem vida útil entre 25 e 30 anos.

Outro fator que pode ser analisado para verificar a viabilidade do projeto é o TIR. Para o 14° ano o TIR foi calculado, utilizando um programa computacional disponibilizado pelo site online Calculator Stuff [22], e foi constatado que seu valor é de 8,456%, superando o valor de 8% da TMA, o que indica que o projeto é, portanto, economicamente viável.

3 – CONCLUSÃO

A realização da análise de viabilidade do projeto fotovoltaico para a casa modelo é viável, sendo alicerçado através da análise de três indicativos de viabilidade: Valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o payback descontado.

Desta forma, conclui-se que o investimento é financeiramente viável para residências com padrões semelhantes ao modelo utilizado no projeto, e apresenta inestimáveis contribuições para o meio ambiente, pois se trata de uma fonte energética de baixo impacto ambiental, além de contribuir para a diversificação energética brasileira, aliando desta maneira a economia financeira com a consciência socioambiental e autossustentabilidade.

4 – REFERÊNCIAS

[1] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016 – Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf> - Acesso em: 23 de Março de 2018.

[2] SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M.; CAMARGO, I. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE), 5, 2006, Brasília, Anais... 2006.

[3] NUNES, A. G. Desenvolvimento Experimental de um Secador Solar Multienergético para Secagem de Frutas. 2016. 198p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

[4] ENERGIAS SOLAR – Como funciona o efeito fotovoltaico? – Disponível em: <http://energias-solar.blogs.sapo.pt/522.html> - Acesso em: 26 de Março de 2018.

[5] ALDABÓ, Ricardo. Energia solar. São Paulo: Artliber, 2002.

[6] ALVES, Guilherme Henrique. Projeto e análise de viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltaicos no setor industrial. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2016.

[7] GRIDPOWER ENGENHARIA – Energia Solar – Disponível em: <http://gridpower.com.br/energia-solar/> - Acesso em: 27 de Março de 2018.

[8] ENEL SOLUÇÕES – Tudo sobre energia solar: Inversor de Frequência – Disponível em: <https://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/02/tudo-sobre-energia-solar-parte-2-inversor-de-frequencia/> - Acesso em 26 de Março de 2018.
[9] FRONIUS PRIMO - Dados Técnicos Fronius Primo (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1) – Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/files/Inversores%20Grid%20Tie%20Fronius%20-%20Modelos%20Primo%203_0-1%2C%20PRIMO%203_5-1%2C%20PRIMO%203_6-1%2C%20PRIMO%204_0-1%20e%20PRIMO%204_6-1.pdf> - Acesso em: 26 de Março de 2018.
[10] ENEL SOLUÇÕES – Tudo sobre energia solar: Medidor Bidirecional – Disponível em: <https://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/02/tudo-sobre-energia-solar-parte-3-medidor/> - Acesso em 26 de Março de 2018.
[11] PORTAL SOLAR – Sistemas de energia Solar Fotovoltaica e seus componentes – Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-regulamentacao-dos-creditos-de-energia.html> - Acesso em 25 de Março de 2018.
[12] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2006.
[13] ALDABÓ, Ricardo; Energia solar para produção de eletricidade. São Paulo. Artibler Editora, 2012.
[14] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Geração Distribuída – Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida> - Acesso em: 27 de Março de 2018.
[15] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015.
[16] KUHN, Ivo Ney. Gestão financeira. Ijuí. Editora Unijuí, 2012.
[17] GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira. 10ª edição. São Paulo: Harbra, 2007 *apud* ALVES, Guilherme Henrique. Projeto e análise de viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltáicos no setor industrial. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2016.
[18] CANADIAN SOLAR – Canadian Solar CS6P-260 |265P-SD Datasheet - Disponível em: <https://www.canadiansolar.com/downloads/datasheets/v5.4/Canadian_Solar-Datasheet-CS6PPSD_SmartDC-v5.4en.pdf> - Acesso em 26 de Março de 2018.
[19] UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – Geração de energia elétrica – Disponível em: <https://usinasolar.ufersa.edu.br/geracao-de-energia-eletrica/> - Acesso em: 11 de Março de 2018.
[20] SOBRINHO, José Espínola *et al.,* Análise da eficiência de uma usina solar fotovoltaica em Mossoró-RN. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 20, 2017, Juazeiro, Anais... 2017.
[21] LARONDE, R. Reliability of Photovoltai Modules Based on Climatic Measurement Data. France: University of Angers, 2010 *apud* ALVES, Guilherme Henrique. Projeto e análise de viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltáicos no setor industrial. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2016.
[22] CALCULATE STUFF - Calculadora de Taxa Interna de Retorno – Disponível em: <https://pt-br.calculatestuff.com/financial/irr-calculator> - Acesso em 24 de Março de 2018.