

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Rudieri Bley Copetti

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO
DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM UM CONSUMIDOR DO TIPO
A4**

Santa Maria, RS, Brasil
2018

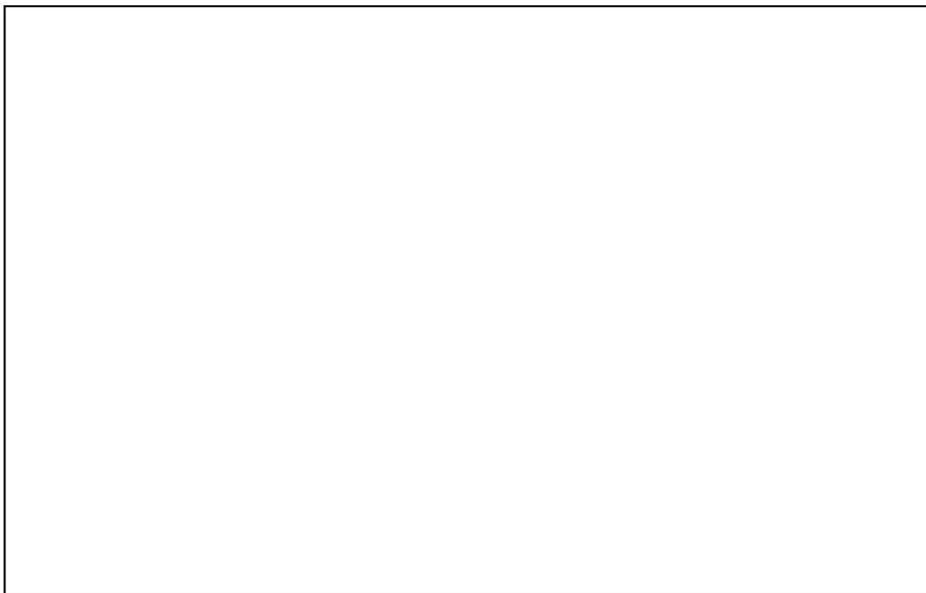
Rudieri Bley Copetti

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO
DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM UM CONSUMIDOR DO TIPO
A4**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Engenheiro Eletricista.**

Orientador: Prof. Dra. Luciane Neves Canha

Santa Maria, RS, Brasil
2018



Ficha catalográfica elaborada por
Nome do(a) bibliotecário(a) e número do CRB
Biblioteca Central da UFSM

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a *Rudieri Bley Copetti*. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Marquês de Tamandaré, nº 810, Bairro Dido, Santo Ângelo, RS. CEP 98975-000.
Fone (0xx) (55) 9 8157-1570; e-mail: rudieribleycopetti@gmail.com

Rudieri Bley Copetti

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO
DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM UM CONSUMIDOR DO TIPO
A4**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Engenheiro Eletricista.**

Aprovado em 14 de dezembro de 2018:

Luciane Neves Canha, Dr. Eng. (CEESP-UFSM)
(Presidente/Orientador)

William Ismael Schmitz, Me. Eng. (CEESP, UFSM)

Magdiel Schmitz, Me. Eng. (CEESP, UFSM)

Santa Maria, 14 de dezembro de 2018

“O logras ser feliz com poco y liviano de equipaje, porque la felicidad está dentro tuyo, o no logras nada.”

(José Mujica)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de coração, a todos que participaram, não apenas desse trabalho, mas de toda essa etapa da minha vida. Foram 6 anos, nos quais tive a oportunidade de participar de dois projetos de iniciação científica, dois intercâmbios, 3 anos de Movimento Empresa Júnior, estágio, além de outras atividades que me ajudaram a evoluir como pessoa. Assim, um sincero agradecimento a todos, principalmente aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram e estiveram comigo em todos os momentos. Sem o suporte deles, isso seria bem mais difícil.

Agradeço também a todos os professores que tive nessa jornada, do ensino básico ao superior, que não mediram esforços para compartilhar os seus conhecimentos conosco, acadêmicos.

Um agradecimento especial a minha orientadora, Luciane, que, de maneira sempre prestativa, me ajudou a conciliar as outras atividades com esse trabalho.

Ao Governo Federal Brasileiro, que por meio das universidades federais, proporciona ensino superior sem custo a milhares de pessoas deste país.

À UFSM, que me proporcionou não apenas o estudo, mas também a abertura de portas e janelas, que tornaram sonhos antes não palpáveis, possíveis.

A todos colegas e amigos, de faculdade, do trabalho ou da vida e a minha namorada, que me apoiaram a seguir em frente nos momentos mais difíceis.

RESUMO

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM UM CONSUMIDOR DO TIPO A4

AUTOR: Rudieri Bley Copetti

ORIENTADORA: Luciane Neves Canha

A crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e a busca pela diversificação da matriz energética está em alta no Brasil e no mundo. Esses fatores, associados ao aumento na demanda por energia e desenvolvimento da indústria, impulsionaram a geração de energia elétrica no mundo a partir de fontes renováveis. Dentre essas, uma com grande potencial de crescimento nos próximos anos é a Energia Fotovoltaica. Dentro desse cenário, a partir de 2012 com a Resolução Normativa (REN) 482, que qualquer consumidor pode gerar sua própria energia, no Brasil. Dessa forma, o presente trabalho analisa a viabilidade financeira da inserção de módulos fotovoltaicos em um cliente do grupo A4. O estudo executado a partir da memória de massa desse cliente, situado na cidade Santa Maria -RS, analisa a viabilidade econômica através de indicadores econômicos, como: Valor presente Líquido (VPL), *Payback* Simples *Payback* Descontado e Taxa interna de Retorno (TIR). As análises financeiras foram executadas com o auxílio do software Microsoft Excel. Como base para as análises, considerou-se as tarifas de energia da concessionária local, os orçamentos obtidos para a implementação do Sistema Fotovoltaico (SFV) dimensionado, as taxas comumente usadas no mercado e os impostos pertinentes a área de atuação. Assim sendo, realizou-se a análise para seis (6) cenários, sendo quatro (4) deles para o consumo total e dois (2) para o consumo parcial do cliente. Os resultados mostram que em três (3) dos seis (6) cenários é preferível o investimento em um SFV a outro investimento padrão de mercado.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos, Viabilidade econômica, Redes Elétricas Inteligentes.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE TECHNICAL-ECONOMIC VIABILITY OF THE IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC MODULES IN A CONSUMER OF TYPE A4

AUTHOR: Rudieri Bley Copetti
ADVISOR: Luciane Neves Canha

The growing concern with the preservation of the environment and the search for the diversification of the electric matrix is on the rise in Brazil and in the world. These factors, coupled with the increased demand for energy and industry development, have boosted the world's electricity generation from renewable sources. Among these, one with great potential for growth in the coming years is Photovoltaic Energy. Within this scenario, only in 2012 with Normative Resolution (REN) 482, that any consumer can generate its own energy, in Brazil. Thus, the present work analyzes the financial viability of the insertion of photovoltaic modules in a client of group A4. The study carried out based on the mass memory of this client, located in the city of Santa Maria -RS, analyzes economic viability through economic indicators such as: Net Present Value (NPV), Simple Payback, Discounted Payback and Internal Rate of Return (IRR). The financial analyzes were performed with the help of Microsoft Excel software. As a basis for the analyzes, we considered the energy tariffs of the local power utility, the budgets obtained for the implementation of Photovoltaic System, the rates commonly used in the market and the relevant taxes in the area of operation. Thus, the analysis was carried out for six (6) scenarios, four of them for total consumption and two for the partial consumption of the customer. The results show that in three (3) of the six (6) scenarios the investment on Photovoltaic System is preferable to another standard market investment.

Keywords: Photovoltaic System, *Financial viability*, *Smart Grids*, *Economic analysis*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Previsão das fontes de geração de eletricidade até 2040.	13
Figura 2 - Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar Fotovoltaica no mundo.....	15
Figura 3 - Custo global das células fotovoltaicas de silício desde 1977 em dólar/Watt.	15
Figura 4 - Esquema simplificado de um sistema off-grid para a produção de energia fotovoltaica	19
Figura 5 - Sistema simplificado de um sistema on-grid para a produção de Energia fotovoltaica	19
Figura 6 - Processo hierarquizado de agrupamento.....	20
Figura 7 - Estrutura típica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino	21
Figura 8 - Medidor de Energia Unidirecional	23
Figura 9 - Medidor de Energia bidirecional	23
Figura 10 - Estrutura de funcionamento do Sistema Elétrico.....	25
Figura 11 - Composição da Tarifa de Energia Elétrica brasileira.	26
Figura 12 - Proporção das parcelas na tarifa final do cliente.	27
Figura 13 - Bandeiras tarifárias vigentes em 2018.....	28
Figura 14 – Passos para a análise de viabilidade econômica	34
Figura 15 - Localização do Frigorífico Silva.....	37
Figura 16 - Níveis de irradiação Global e Temperatura na estação de São Martinho da Serra	38
Figura 17 - Valores de potência instalada e número de módulos fotovoltaicos para suprir o consumo mensal encontrado.....	40
Figura 18 - Estimativa de consumo anual a partir do consumo mensal de dezembro.....	41
Figura 19 – Estimativa de produção do SFV no decorrer de um dia ensolarado.	41
Figura 20 - Delimitação da área para Projeto do SFV.....	42
Figura 21 – Alocação dos módulos fotovoltaicos em um dos edifícios do cliente.	43
Figura 22 - Abrangência de distribuição da RGE e RGE Sul	44
Figura 23 - Ferramenta utilizada para análise da modalidade tarifária.	45
Figura 24 – Simulação de custo do consumo mensal obtida para o cliente em questão.	46
Figura 25 - Simulação de custo anual obtida para o cliente em questão	48
Figura 26 - Resumo dos Orçamentos para a implementação do sistema.	49
Figura 27 – Dados utilizados para simulação no cenário 1.	51
Figura 28 - Custo anual de consumo com SFV para o cenário 1	52

Figura 29 – Análise financeira para o cenário 1.....	52
Figura 30 – Resultados obtidos para o cenário 1.....	53
Figura 31 - Dados utilizados para simulação no Cenário 2.....	54
Figura 32 - Custo anual de consumo com SFV para o cenário 2	54
Figura 33 – Análise Financeira para o Cenário 2	55
Figura 34 – Resultados Obtidos para o Cenário 2.....	55
Figura 35 – Dados utilizados para simulação no Cenário 3.	56
Figura 36 - Custo anual de consumo com SFV para o Cenário 3	57
Figura 37 – Análise Financeira para o Cenário 3.	57
Figura 38 – Resultados Obtidos para o Cenário 3.....	58
Figura 39 – Dados utilizados para simulação no Cenário 4.	59
Figura 40 -Custo anual de consumo com SFV	59
Figura 41 – Análise Financeira para o Cenário 4.	60
Figura 42 – Resultados Obtidos para o Cenário 4.....	60
Figura 43 - Simulação do SFV feita através do Portal Solar.....	61
Figura 44 – Dados utilizados para simulação no Cenário 5.	62
Figura 45 -Custo anual de consumo com SFV para o Cenário 5.	62
Figura 46 – Análise Financeira para o Cenário 5.	63
Figura 47 – Resultados Obtidos para o Cenário 5.....	63
Figura 48 - Simulação do SFV feita através do Portal Solar.....	64
Figura 49 – Dados utilizados para simulação no Cenário 6.	65
Figura 50 -Custo anual de consumo com SFV para o cenário 6	65
Figura 51 – Análise Financeira para o Cenário 6.	66
Figura 52 – Resultados Obtidos para o Cenário 6.....	66
Figura 53 – Resumo dos resultados obtidos para todos cenários.	67
Figura 54 – Valores encontrados nos cenários comparados com dois investimentos no de mercado.	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Média de HSP estimada pela estação de São Martinho da Serra.	39
Quadro 2 – Valores de Potência DC Instalada e número de módulos Fotovoltaicos para suprir o consumo Mensal encontrado.....	45
Quadro 3 - Valores estimados de consumo para todo o ano.	46
Quadro 4 - Histórico de PIS/COFINS e ICMS dos últimos meses.	47

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRADEE	-	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia.
ANEEL	-	Agência Nacional de Energia Elétrica.
BNEF	-	<i>Bloomberg New Energy Finance.</i>
CEESP	-	Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência.
COFINS	-	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social.
CPFL	-	Companhia Paulista de Força e Luz.
EPE	-	Empresa de Pesquisa Energética.
EPIA	-	Estudo Prévio e Relatório de Impacto Ambiental.
GD	-	Geração Distribuída.
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICMS	-	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços.
IEA	-	<i>International Energy Agency.</i>
IEEE	-	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers.</i>
IGEE	-	Índice Geral de Estimativa de Estado.
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
MT	-	Média Tensão.
NEO	-	<i>New Energy Outlook.</i>
PRODIST	-	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.
RGE	-	Rio Grande Energia.
REN	-	Resolução Normativa.
SELIC	-	Sistema Especial de Liquidação e Custódio.
SEP	-	Sistemas Elétricos de Potência.
UFSM	-	Universidade Federal de Santa Maria.
TIR	-	Taxa Interna de Retorno
TMA	-	Taxa mínima de Atratividade.

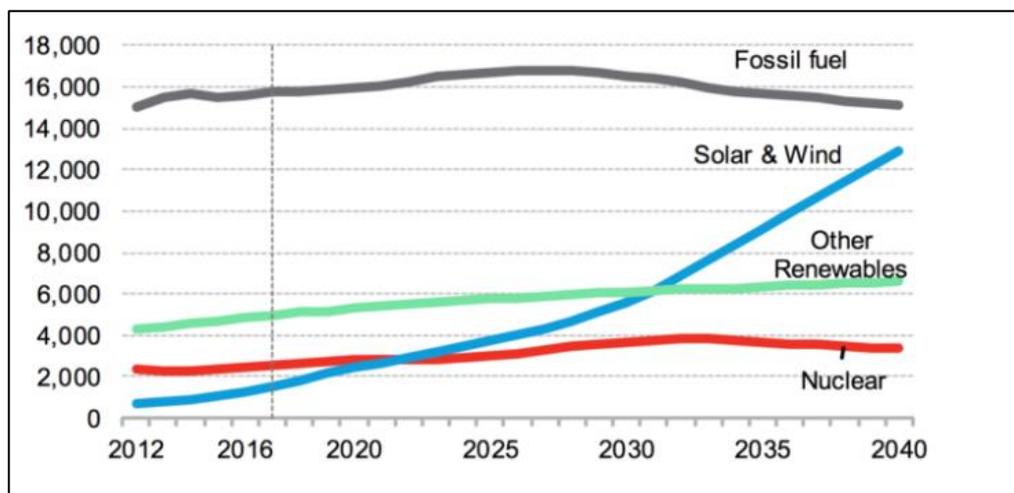
1. INTRODUÇÃO

Devido a grande preocupação com a preservação do meio ambiente e a incessante busca pela diversificação da matriz elétrica, associados com o aumento na demanda por energia e desenvolvimento da indústria, impulsionaram a geração de energia elétrica no mundo a partir de fontes renováveis (NASCIMENTO, 2017).

As energias solar e eólica dominam o futuro da eletricidade. Estima-se que sejam investidos US\$ 7,4 trilhões em novas usinas de energia renovável até 2040, o que representa 72% dos US\$ 10,2 trilhões em investimentos projetados para geração de energia em todo o mundo. A energia solar levará US\$ 2,8 trilhões, e terá um salto de 14 vezes de capacidade. A eólica receberá US\$ 3.3 trilhões e terá um aumento de quatro vezes de capacidade. Como resultado, as energias eólica e solar representarão 48% da capacidade instalada no mundo e 34% da geração de eletricidade até 2040, em comparação com os respectivos 12% e 5% atuais (IEA, 2017).

Estima-se que em 2040 o aumento seja tão significativo que a geração de eletricidade provinda do sol e do vento atingirá uma capacidade próxima à da fóssil, tal como mostra a figura a seguir:

Figura 1 - Previsão das fontes de geração de eletricidade até 2040.



Fonte: (IEA, 2017).

Nesse contexto, com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, mais de sete (7) mil quilômetros de litoral e condições edafoclimáticas extremamente favoráveis, o Brasil possui

um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo (ANEEL, 2002). A Matriz Energética brasileira é formada, em maioria, por fontes renováveis, totalizando cerca de 73% (BIG ANEEL, 2017). Entretanto, mesmo com o crescimento de outras fontes de energia, tal como a eólica, solar e biomassa, a dependência das fontes hidráulicas ainda é cerca de 60% de toda energia produzida no país. (BIG ANEEL, 2017). Por essa dependência, o Brasil passou novamente, no início do decorrente ano, por uma crise energética. Problemas de estiagem devido à falta de chuvas acarretam a necessidade de uso de fontes mais custosas, como termoelétricas e usinas nucleares, para suprir a demanda de energia.

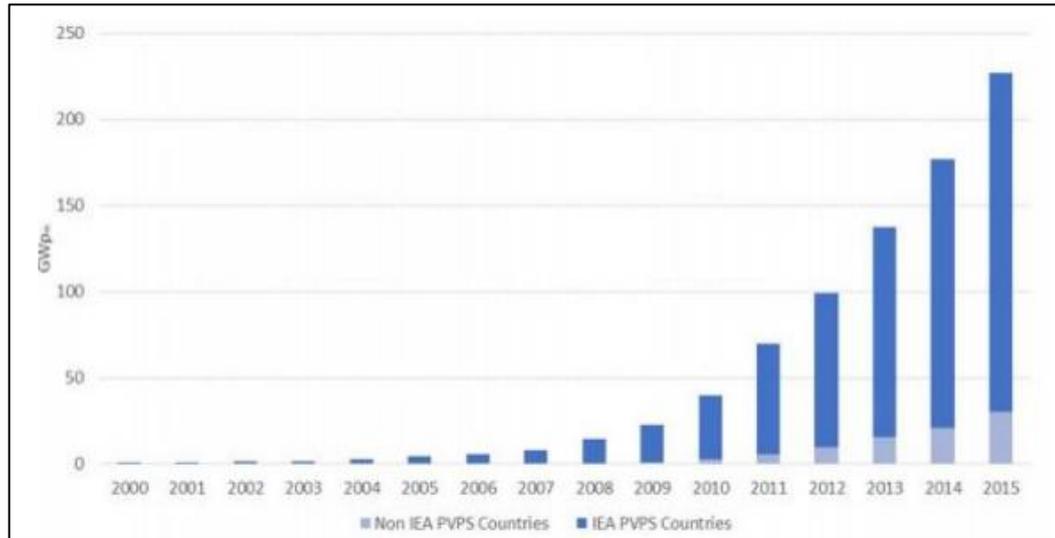
Com o intuito de impulsionar a solução através da GD, tema desse trabalho, no Brasil, em 2012, estabeleceu-se a Resolução Normativa, que determina as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica (RN 482, 2012). Nesse contexto, a energia fotovoltaica é considerada um recurso econômico atraente devido a economia, segurança e baixa demanda geográfica. (JIANG, 2018).

Assim, o presente trabalho tem o intuito de analisar a viabilidade econômica da inserção de módulos fotovoltaicos em clientes do grupo A4. Tal análise será feita tendo como base uma metodologia desenvolvida para validar orçamentos provindos de empresas da área.

1.1 CARACTERIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em janeiro de 2018, o consumo de energia elétrica aumentou em 7,9% em relação ao mesmo período do ano passado. Devido à situação crítica de abastecimento em período de forte estiagem, o Brasil recorre a fontes de energia não eco eficientes e de elevado custo, devido a sua matriz energética ainda muito dependente das hidrelétricas. Dessa forma, fontes alternativas, como a utilização de células fotovoltaicas, ganharam espaço em âmbito mundial. Devido a evolução da energia fotovoltaica, a capacidade instalada no mundo cresceu consideravelmente, como mostra a figura 2:

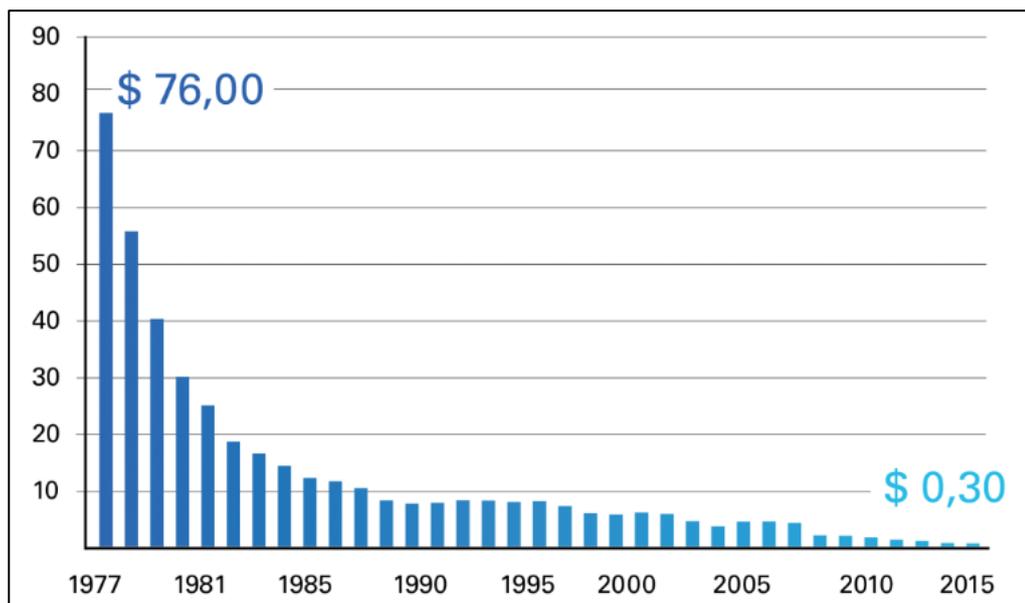
Figura 2 - Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar Fotovoltaica no mundo.



Fonte: (IEA, 2015).

O aumento da Capacidade Instalada, além de trazer energia limpa para o mundo, faz com que o custo das células fotovoltaicas diminua. Essa queda no valor das células no decorrer dos anos foi estudada pela *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF) e os resultados obtidos foram os mostrados na figura 3.

Figura 3 - Custo global das células fotovoltaicas de silício desde 1977 em dólar/Watt.



Fonte: (IEA, 2015).

Sabendo dessa realidade, e após vivenciar a experiência de ficar um ano fora do Brasil, conhecendo países exemplos em utilização de energias renováveis, deseja-se entender a viabilidade econômica da inserção da energia fotovoltaica em um cliente brasileiro de alta demanda de energia. Escolheu-se desse cliente por se tratar de um cliente mais robusto, de maior complexidade e que normalmente não é o foco dessa análise.

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem o intuito de analisar a viabilidade econômica da inserção de módulos fotovoltaicos em clientes do grupo A4.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Coletar as informações referente ao consumo de energia desses clientes;
- Analisar o consumo de energia e o custo do cliente do grupo A4 utilizado como exemplo;
- Dimensionar o sistema de geração fotovoltaica;
- Analisar a relação de custo/benefício comparando com investimentos tradicionais do mercado;

1.4 ORGANIZAÇÃO DE CAPÍTULOS

O presente trabalho é composto por cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo designado por Introdução, e o quinto por Resultados, ambos inclusos ao número total de capítulos.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica. Este capítulo contém a apresentação teórica de conceitos e detalhamentos importantes para a execução do trabalho. Desta forma, o capítulo aborda uma apresentação geral sobre a teoria de Sistemas Fotovoltaicos (SFV) e viabilidade econômica. O terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada, simplificando os passos do estudo de casos. O quarto capítulo aborda as conclusões de viabilidade financeira dos cenários estudados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo, será apresentada uma revisão bibliográfica acerca do panorama histórico da área, dos detalhes do funcionamento do sistema elétrico brasileiro e da área financeira vinculada a esse trabalho.

2.1 PANORAMA HISTÓRICO

Em 2010, um forte investimento em sistemas fotovoltaicos era gerido pelos países europeus, os quais já possuíam 70% do mercado global, sendo acompanhados por lugares chave, como América do Norte, China, Austrália e Japão. Nesse momento, aliando o aumento de vendas com o avanço de tecnologia, os custos de produção de energia solar caíam cerca de 22% cada vez que a capacidade mundial dobrava, atingindo 15c€/kWh na Europa e mais de 1000 companhias estavam envolvidas na produção da tecnologia necessária para a geração fotovoltaica. Enquanto isso, países da América do Sul estavam criando novas oportunidades de crescimentos energéticos com o foco em satisfazer a demanda local. (EPIA, 2011)

No Brasil, onde o início da implementação de sistemas fotovoltaicos se deu devido ao choque de suprimento de petróleo, a realidade era outra. Devido ao alto custo da implementação desse sistema essa tecnologia era pouco utilizada. (CALAZANS, 2015)

A situação brasileira começou a gerar frutos em 2012, devido ao aumento de incentivos e regulamentações na área de energia fotovoltaica, principalmente por parte da ANEEL. Foi nesse momento que a energia solar fotovoltaica se destacou em 3 publicações importantes:

- Resolução Normativa No 482, da ANEEL sobre inserção da geração fotovoltaica no Brasil;
- ANEEL: Chamada no 013/2011 Projeto Estratégico: “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” Agosto de 2011;
- Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira, maio de 2012.

A primeira delas, lançada em abril de 2012, tida como a mais importante, foi considerada um marco regulatório para a inserção da geração fotovoltaica no Brasil. A mesma

“Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências” (REN 482,2012). Mas, só a partir de 2014, o Brasil teve Leilões de Geração Centralizada, com o objetivo de promover o uso e o desenvolvimento da indústria solar no Brasil. (Energia Solar no Brasil e Mundo, MME, 2016).

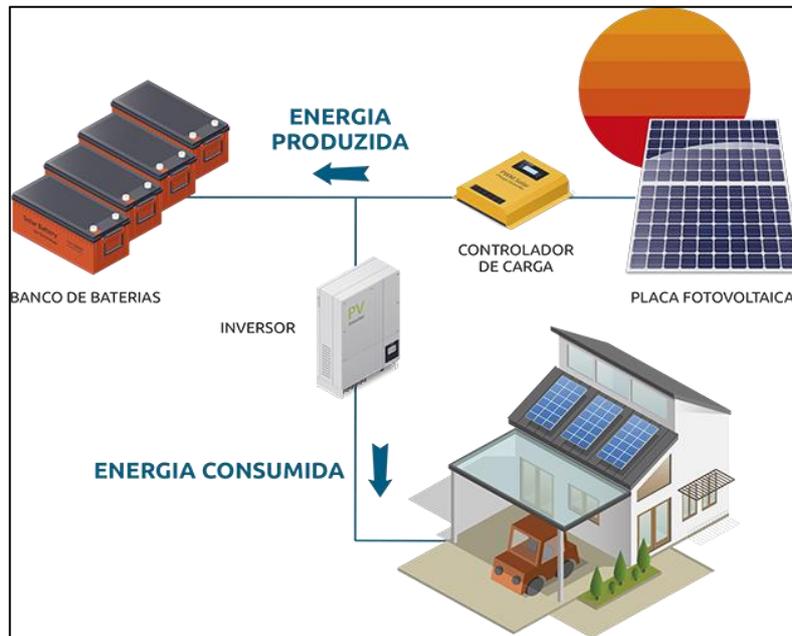
2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON GRID E OFF GRID

De acordo com a *Internacional Energy Agency* (IEA) a classificação indicada para sistemas fotovoltaicos é:

1. Sistemas isolados domésticos (*Off-grid domestic*): sistemas que fornecem energia elétrica para iluminação, refrigeração e outras pequenas cargas em locais isolados.
2. Sistemas isolados não domésticos (*Off-grid non-domestic*): sistemas que fornecem energia elétrica a serviços, tais como, telecomunicações, bombagem de água, frigoríficos médicos, ajuda à navegação aérea e marítima, estações de recolha de dados meteorológicos.
3. Sistemas distribuídos ligados à rede (*Grid-connected distributed*): sistemas que fornecem energia elétrica a edifícios (comerciais ou industriais) ou outras cargas que também estão ligadas à rede, para onde a energia em excesso é enviada. A potência típica para este tipo de aplicação varia entre 0,5 kW e 100 kW.
4. Sistemas centralizados ligados à rede (*Grid-connected centralized*): sistemas que fornecem exclusivamente energia elétrica à rede.

Os Sistemas *Off-Grid* por não serem conectados à rede, são mais complexos, uma vez que a geração de energia nem sempre coincide com o período de utilização. Dessa forma, além de condicionamento de potência, também será necessário um bloco de armazenamento. Vale salientar que o uso de baterias para armazenamento aumenta significativamente o investimento inicial com o projeto e o custo com manutenção do sistema. A figura 4 demonstra o esquemático de um sistema *off-grid*.

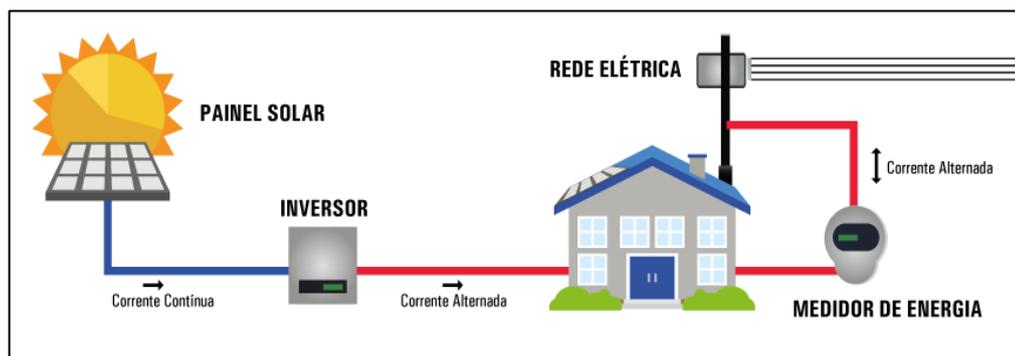
Figura 4 - Esquema simplificado de um sistema off-grid para a produção de energia fotovoltaica



Fonte: Fark Tecnologia (2018).

Já os sistemas *Grid-connected*, por sua vez, utilizam a rede elétrica para o “acúmulo de energia”, ou seja, toda a energia que foi produzida e não foi consumida é enviada a rede convencional de energia elétrica. Esse sistema permite que o consumidor gere créditos, a serem consumidos, em períodos que a produção ultrapassa a utilização de energia. Salienta-se também que por não necessitar de controladores de carga e armazenamento de energia, é mais eficiente e barato que o primeiro. Entretanto, quando em alta produção de energia, esse tipo de sistema pode gerar impactos negativos, como: sobretensão ao longo dos alimentadores; desequilíbrio de fase e problemas de qualidade de energia e problemas de detecção de ilhamento (SREEDEVI, 2016). A figura 5 demonstra o esquemático de um sistema conectado à rede.

Figura 5 - Sistema simplificado de um sistema on-grid para a produção de Energia fotovoltaica



Fonte: (Minha casa solar, 2018).

No estudo de caso que será executado nesse trabalho, será abordado um sistema distribuído ligado à rede, visto que a necessidade do consumidor estudado era diminuir os custos para abastecer o próprio sistema já mantido pela rede elétrica local.

O próximo tópico desse trabalho trará de maneira ampla como se dá a geração de energia através de células fotovoltaicas.

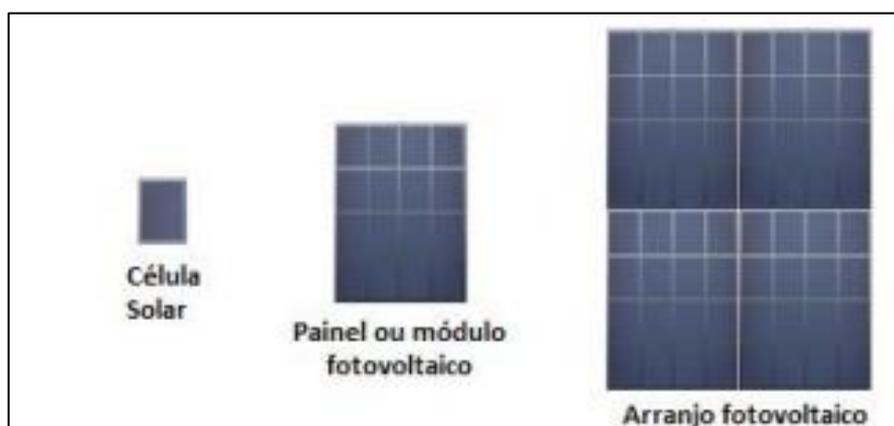
2.2.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Os módulos fotovoltaicos tratam-se da interligação de várias células fotovoltaicas, seja em série e/ou paralelo, com o objetivo de se obter a tensão e corrente desejadas. São agrupados normalmente de maneira que se obtenha 12, 24 ou 48V (FELIX, 2006). A potência máxima, que é normalmente alcançada por uma única célula fotovoltaica, é de 3W. Tal valor, para aplicações comerciais, é insuficiente, fazendo com que células sejam agrupadas em módulos para o alcance de maior potência.

Para a formação dos módulos, as células são acondicionadas lado a lado em uma pequena estrutura que permite sua fixação em diferentes construções. Na parte superior, que deve estar voltada para o sol, há um vidro temperado transparente, por onde a luz atravessa para chegar às células. Na parte inferior, encontram-se os terminais para conexão dos condutores elétricos (DEMONTI, 2003).

A partir de módulos fotovoltaicos, torna-se possível a formação de um arranjo. Dessa forma, percebe-se que a formação de um arranjo, tal como exemplificado na figura 6, passa da composição de módulos, que, por sua vez, são provenientes do agrupamento de células fotovoltaicas.

Figura 6 - Processo hierarquizado de agrupamento



Fonte: (SOUZA, 2015).

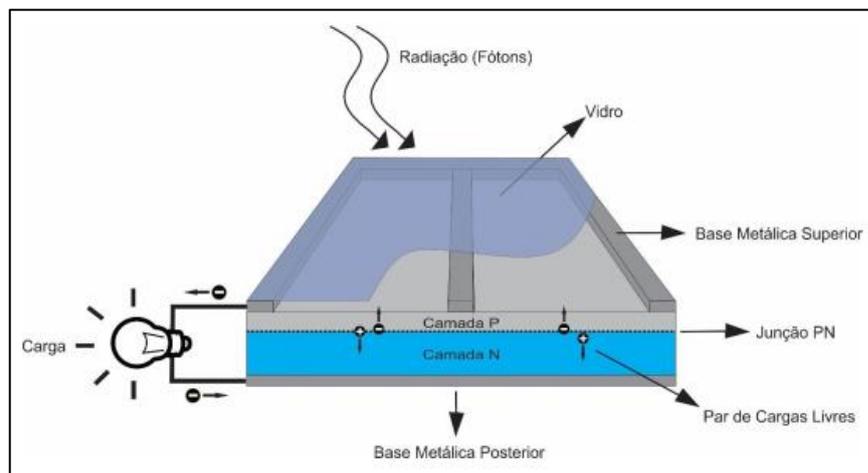
Percebe-se então que um arranjo fotovoltaico é formado pelo acoplamento de módulos fotovoltaicos que por sua vez, são constituídos pela interligação de células fotovoltaicas. Assim, após o entendimento da composição de um arranjo fotovoltaico passamos para o próximo item, ao qual será mostrado como se dá o efeito fotovoltaico.

2.2.2 EFEITO FOTOVOLTAICO

As células fotovoltaicas são capazes de converter a energia solar incidente em corrente contínua e com eficiência entre 3 e 31% conforme a tecnologia utilizada, a temperatura ambiente e o design escolhido (FELIX, 2006). Elas são fabricadas com material semicondutor, ou seja, um material com características intermediárias entre um condutor e um isolante. Cada célula fotovoltaica é constituída de um material Tipo *N* e de uma parcela de material Tipo *P*.

Uma célula fotovoltaica constituída por cristais de silício puro não produziria energia eléctrica. Para haver corrente eléctrica, é necessário que exista um campo eléctrico, isto é, uma diferença de potencial entre as duas zonas da célula. Para a alteração das propriedades eléctricas do silício e obtenção das camadas do Tipo *N* e *P* com propriedades eléctricas alteradas, se faz necessário introduzir, através do processo de dopagem, outros elementos. Normalmente utiliza-se do Fósforo (P) para a obtenção da camada com excesso de cargas positivas (Tipo P) e do Boro (B) para a obtenção da camada com excesso de cargas negativas (Tipo N). (CASTRO, 2002). Para facilitar o entendimento, a figura 7 ilustra a formação de uma célula fotovoltaica.

Figura 7 - Estrutura típica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino



Fonte: (DALL PAI, 2018).

Após a definição do efeito fotovoltaico fica claro o entendimento de como células fotovoltaicas, após receberem radiação solar, geram corrente contínua. Assim, passamos para o próximo componente de um SFV, o inversor. O próximo item abordará o funcionamento de um inversor de frequência, apontando sua importância para o funcionamento de um SFV.

2.2.3 INVERSOR

Um inversor fornece energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua. A tensão de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas que serão alimentadas ou ao sistema que estejam integrados.

Sabe-se que os inversores de frequência possuem distinções conforme a aplicação. Nesse tópico, serão abordados apenas os inversores para uso em sistemas fotovoltaicos conectados à rede, foco desse trabalho. Para além disso, sabe-se que a energia elétrica em Corrente Contínua (CC) que é proveniente dos módulos fotovoltaicos, nesse trabalho, não utiliza de um sistema de armazenamento de energia, como por exemplo, baterias.

Nesse contexto, o principal objetivo dos inversores é a conversão da CC proveniente dos painéis fotovoltaicos para Corrente Alternada (CA) que será utilizada para o abastecimento das cargas do proprietário do sistema e terá seu excedente fornecido à rede. Também é de função dos inversores garantir a segurança do sistema (agindo na proteção de polaridade, proteção contra sobrecargas e sobretensões e anti-ilhamento) e realizar o registro e armazenamento dos dados do sistema, ajudando na detecção de falhas, na identificação da produção de energia, nível de tensão e frequência injetada. Por não ser o foco desse trabalho, limitar-se-á aos detalhes dados anteriormente. Assim, o próximo item abordará o funcionamento e utilização de um medidor de energia em um SFV.

2.2.4 MEDIDOR DE ENERGIA

Trata-se de um equipamento eletrônico que possui a função de medir a quantidade de energia consumida da rede (proveniente da concessionária) e a quantidade de energia injetada na rede (Proveniente do SFV). Para que ocorra as medições, opta-se pelo uso de dois medidores unidirecionais ou por um medidor bidirecional. Um medidor unidirecional, comumente utilizado em residências e comércios, consegue apenas medir o consumo de energia proveniente da rede. A figura 8 ilustra um exemplo de medidor unidirecional.

Figura 8 - Medidor de Energia Unidirecional



Fonte: (autoria própria, 2018).

Já o medidor bidirecional consegue detectar o quanto é gerado pelo SFV e o quanto é injetado na rede. Vale lembrar, que pela legislação brasileira, o excedente de energia que não foi consumida é, então, injetado na rede e se enquadra na Resolução Normativa 482 de compensação de energia.

Figura 9 - Medidor de Energia bidirecional



Fonte: (NANSEN, 2018).

Nesse trabalho, o uso detalhado desse equipamento não será exposto, visto que não é relevante para a análise de viabilidade econômica, foco principal desse estudo. Logo, após a

abordagem dos equipamentos que compõem o SFV passaremos para o entendimento do sistema tarifário brasileiro. Assim, os próximos itens abordarão a divisão do sistema elétrico e o detalhamento da tarifação de energia no Brasil.

2.3 TARIFA DE ENERGIA

A (ANEEL, 2018) define como responsabilidades da tarifação de energia da seguinte forma:

A tarifa visa assegurar aos prestadores dos serviços receita suficiente para cobrir custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento com qualidade. Os custos e investimentos repassados às tarifas são calculados pelo órgão regulador, e podem ser maiores ou menores do que os custos praticados pelas empresas.

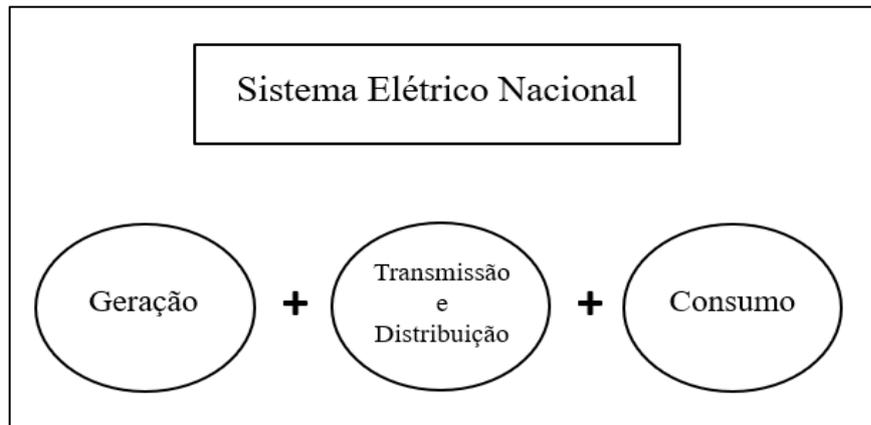
Nesse contexto, será abordado nos subitens a seguir, a maneira como é dividido o sistema elétrico brasileiro, abordando as etapas necessárias para que o cliente tenha a energia disponível para consumo. Em seguida será abordado a composição da tarifa de energia, detalhando as parcelas que a compõe e por último será detalhado as modalidades e bandeiras tarifárias vigentes no país.

2.3.1 DIVISÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

A partir da década de 1990, buscando eficiência e autonomia econômica, o setor elétrico Brasileiro sofreu uma reforma que separou os segmentos de geração, transporte e comercialização de energia. (ABRADEE, 2018).

Para facilitar o entendimento das tarifas de energia a serem pagas pelos consumidores, se faz necessário o entendimento dessa segmentação. Assim, vale lembrar das 3 etapas anteriores para que a eletricidade esteja disponível ao consumo. As etapas resumidas de um sistema elétrico estão mostradas na figura 10.

Figura 10 - Estrutura de funcionamento do Sistema Elétrico.



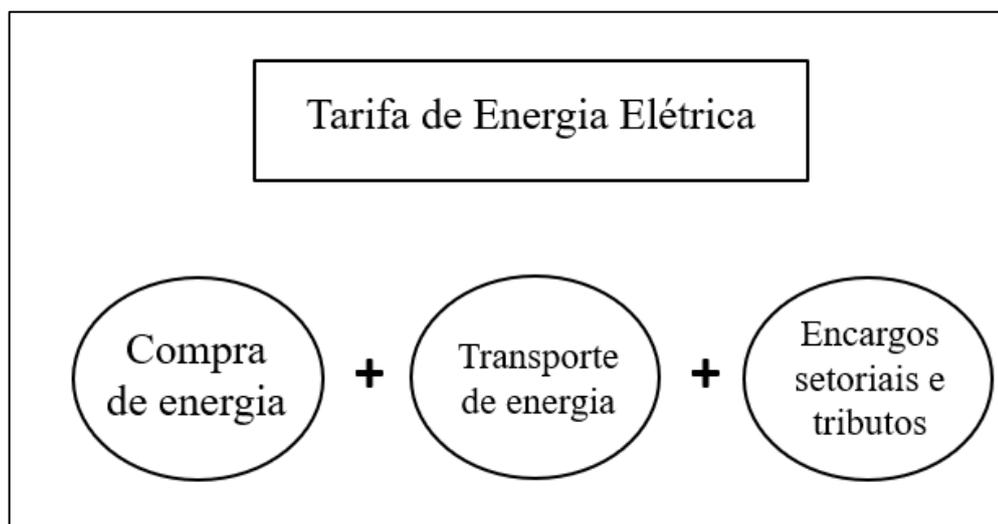
Fonte: (autoria própria, 2018).

Na divisão atual, os segmentos de geração e comercialização são caracterizados como segmentos competitivos, dada a existência de muitos agentes e também pelo fato do produto, a energia elétrica, ser um bem homogêneo. Por sua vez, os setores de transporte da energia – a transmissão e a distribuição – são considerados monopólios naturais, pois sua estrutura física torna economicamente inviável a competição entre dois agentes em uma mesma área de concessão. Nestes dois segmentos, predomina o modelo de regulação de preços ou regulação por incentivos. (ABRADEE, 2018).

2.3.2 COMPOSIÇÃO DA TARIFA DE ENERGIA

Para fornecer energia de qualidade, a distribuidora repassa para o consumidor a tarifa de energia elétrica composta por três parcelas, como mostra a figura 11.

Figura 11 - Composição da Tarifa de Energia Elétrica brasileira.



Fonte: (autoria própria, 2018)

Para facilitar o entendimento de cada um dos componentes, os mesmos serão detalhados a seguir:

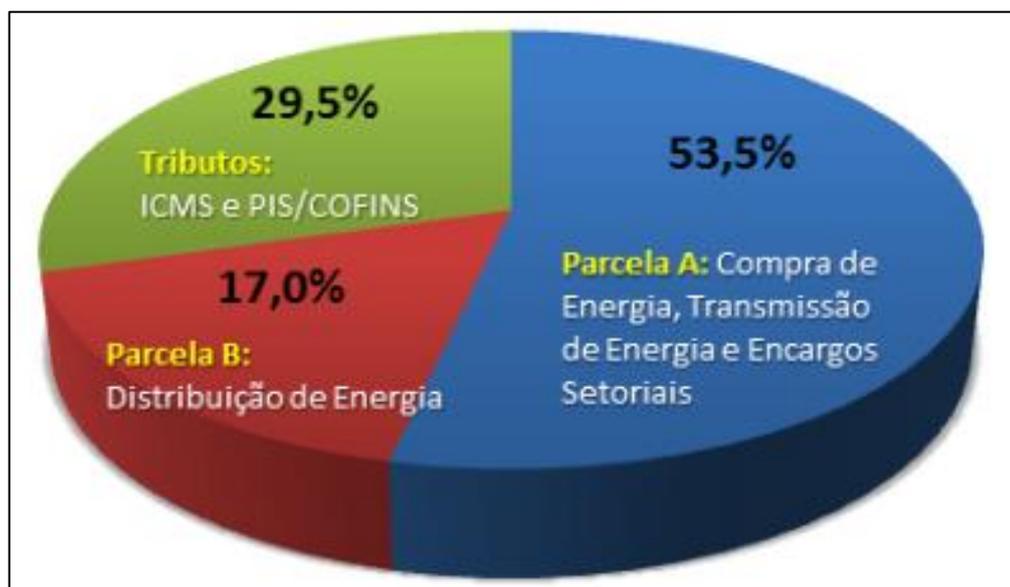
Compra de energia: trata-se do custo referente a produção de energia. Este valor é repassado pela concessionária, visto que ela não tem lucro com a revenda de energia.

Transporte de Energia: após a geração de energia pelas unidades geradoras se faz necessário a transmissão dela até as distribuidoras locais. A partir disso, as distribuidoras locais conseguem fazer a distribuição para seus consumidores cativos. Salienta-se que nem todos os consumidores são cativos e apenas uma concessionária tem responsabilidade sob um determinado cliente, ou seja, cada concessionária atua exclusivamente na sua área sem interferência da concorrência externa.

Encargos Setoriais e Tributos: no custo final, que é pago pelo consumidor, são incluídos, além das TUSD e TE, os encargos referentes a PIS, COFINS e ICMS.

A composição final dessas três parcelas na conta de energia elétrica dos clientes, na realidade atual brasileira, é descrita na figura 12.

Figura 12 - Proporção das parcelas na tarifa final do cliente.



Fonte: (ANEEL, 2018)

2.3.3 MODALIDADES TARIFÁRIAS

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis às parcelas de consumo de energia elétrica e demandas de potências ativas. A ANEEL, estabelece que, para âmbito nacional, os clientes, tanto do grupo A quanto do Grupo B, possuem duas opções cada. Os clientes do Grupo A possuem também uma terceira opção, mas que será extinta em breve.

As opções de modalidades são as seguintes:

Azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia;

Verde: modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;

Convencional Binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora;

Convencional Monômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia; e

Branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas

diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia.

O estudo de caso feito nesse trabalho comporta um cliente de grupo A. Dessa forma, será utilizado apenas das modalidades tarifárias Azul e Verde. Assim, após a determinação das modalidades tarifárias que serão utilizadas nas análises futuras passa-se para o próximo item. O mesmo abordará as bandeiras tarifárias vigentes atualmente.

2.3.4 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

Tal como dito no início desse trabalho, a dependência da matriz energética brasileira pelas fontes hidráulicas é grande. Dessa forma, por ter uma matriz não diversificada, em períodos de estiagem, o Brasil necessita de fontes alternativas, como as usinas térmicas (carvão, gás, natural, óleo, diesel) para suprir o consumo de energia do país. Foi então que, em 2015, vendo a necessidade de acréscimo dos valores repassados aos clientes pela utilização de fontes de energia mais caras, que se estipulou a Resolução Normativa 547/13. Essa resolução busca estabelecer os procedimentos comerciais para a aplicação do sistema tarifário.

A identificação do período por parte do cliente ocorre pela faixa, que pode ser verde, amarela ou vermelha, encontrada em sua conta de energia. A figura 13, ilustra de maneira clara o funcionamento das bandeiras tarifárias.

Figura 13 - Bandeiras tarifárias vigentes em 2018.



Fonte: (CUBi energia, 2018).

Esse tópico é de suma importância, pois, para a análise econômica, é necessário estimar e considerar tais acréscimos. Salienta-se que para as projeções financeiras serão consideradas as bandeiras tais como a do ano vigente. Assim então, após identificação de como se dá a tarifação e como funciona o sistema elétrico brasileiro passamos para a determinação dos indicadores econômicos que serão utilizados nesse estudo. Os próximos itens detalharão o funcionamento desses indicadores.

2.4 MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Os métodos financeiros de engenharia econômica, que serão utilizados para determinar a viabilidade econômica dos cenários, são: *Payback Descontado*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

2.4.1 PAYBACK DESCONTADO

Um dos métodos de recuperação mais simples é o *Payback*. Esse método mede o período que o investimento leva para se pagar. Dessa forma, soma-se os valores de fluxos negativos com os positivos até que essa soma resulte em zero. Nesse trabalho, será abordado apenas o *Payback* descontado ao invés do simples, pois o primeiro inclui a inflação.

2.4.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O Valor Presente Líquido “reflete a riqueza em valores monetários do investimento medido pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, a uma determinada taxa de desconto” (KASSAI et al., 2000).

O VPL é encontrado através da equação

$$VPL = FC_o + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde: VPL – Soma dos valores presente de todos os fluxos de caixa previstos; FC_o é o investimento inicial; FC_n é o fluxo de caixa no período considerado; e i é a taxa de capital considerada.

O VPL, quando considerado $i =$ Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que nada mais é que o valor mínimo de retorno aceitável para um investimento definido pelo investidor, indica

se o retorno é viável ou não. Nesse caso, se $VPL > 0$ o retorno é aceitável. Isso não significa que seja um bom investimento quando comparado com outras opções encontradas no mercado.

2.4.3 TAXA INTERNA DE RETORNO

A Taxa Interna de Retorno (TIR) indica a taxa de desconto que faz com que o VPL seja zero. Isso significa que, se a taxa utilizada no cálculo do VPL for a encontrada na TIR, o investimento, considerando o valor presente, atinge o *payback*. De maneira mais simples, a TIR mede a rentabilidade a qual um capital está sendo remunerado em um determinado período de tempo. Matematicamente, a TIR é encontrada levando o valor da Equação do VPL a 0. O resultado é mostrado na Equação 2.

$$0 = VPL = FC_o + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Assim sendo, a TIR se torna a taxa i da equação. A resolução dessa equação é facilitada com o uso de um software, como o Microsoft Excel. Nesse trabalho, usaremos a TIR para comparar o investimento no SFV com outras opções comumente utilizadas.

3. METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida é baseada em analisar a situação momentânea de um cliente do grupo A e projetar, a partir de orçamentos obtidos no mercado, projeções financeiras. A seguir será abordado cada uma das etapas que contemplam a metodologia desenvolvida.

3.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE CONSUMO

Inicialmente é feito a análise preliminar de consumo do cliente. Nessa etapa, os dados podem ser obtidos através da memória de massa, como foi o caso abordado nesse trabalho ou através da tarifa de energia do cliente. Quando obtida através da memória de massa se faz necessário tratar os dados para se obter o consumo. Nesse trabalho, visto que o período analisado era de 30 dias, usou-se do software aurora para estimar o consumo nos outros meses do ano. Já quando analisado a partir da tarifa de energia, a mesma já disponibiliza de maneira detalhada os dados de consumo do cliente.

Após essa primeira análise é possível passar para o próximo passo que abordará o custo atual do cliente com o consumo de energia.

3.2 CUSTO ATRELADO AO CONSUMO DE ENERGIA – SEM SFV

O segundo passo dessa metodologia é identificar o custo que o cliente possui antes da inserção do SFV. Nessa etapa é necessário fazer considerações para três importantes parâmetros: modalidade tarifária, bandeira tarifária e impostos vigentes.

No custo atrelado ao consumo de energia aplicam-se três impostos: PIS, COFINS e ICMS. O último é fixo, sendo 30% atualmente. Os outros dois, atingem valores diferentes durante cada mês. Dessa forma, nesse trabalho será considerado para as projeções futuras a média dos últimos doze (12) meses desses impostos.

Para a definição da modalidade tarifária que pode ser verde ou azul para clientes do grupo A4, foi desenvolvida uma ferramenta no Microsoft Excel que a partir dos dados de demanda e consumo do cliente torna possível identificar a melhor tarifa a ser contratada. Nesse caso, para projeções futuras, será considerado os impostos tal como detalhado anteriormente.

O último desses parâmetros é a bandeira tarifária. A mesma varia proporcionalmente a necessidade de uso de fontes de energia mais caras. Nas projeções futuras para esse parâmetro será considerado as bandeiras tarifárias tal como as dos meses de 2018.

Após a identificação da melhor modalidade tarifária e o custo anual de consumo desse cliente é possível passar para o próximo item. O mesmo abordará o custo para a implementação do SFV.

3.3 CUSTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SFV

O terceiro passo dessa metodologia é a obtenção de orçamentos para abater o consumo desejado desse cliente. Nesse trabalho foi considerado dois casos, sendo o primeiro para abater 100% do consumo e o segundo para abater 100% do consumo fora ponta. Esses valores foram encontrados nos passos anteriores e então repassados para os clientes. Assim, cada empresa estimou a potência a ser instalada para abater esses valores. As empresas as quais foram contatadas serão detalhadas no desenvolvimento desse trabalho.

Após a obtenção dos orçamentos passa-se para o próximo passo que é responsável por encontrar o custo atrelado ao consumo de energia e manutenção após a implementação do SFV.

3.4 CUSTO DEVIDO AO CONSUMO DE ENERGIA – COM SFV

Nessa etapa já se tem os dados da situação atual do cliente referente ao consumo e gastos com o mesmo e o investimento necessário para a implementação do SFV. Assim, o próximo passo é calcular o custo após a inserção do SFV. Nesse contexto precisa ser lembrado que a parcela fixa proveniente da demanda contratada precisa estar de acordo com a resolução 418/12 da ANEEL, onde diz que o SFV não pode ter potência instalada maior que a demanda contratada. Nesse trabalho, precisa ser considerado também que nos cenários um (1), dois (2), três (3) e cinco (5) considerada o consumo total do cliente, logo o cliente só pagará pela disponibilidade do sistema e nos cenários (4) e (6) foi dimensionado o SFV para o consumo fora ponta, logo o cliente pagará pela disponibilidade e pelo consumo no período de ponta.

Assim, após também considerar os parâmetros citados no item 3.2, é possível encontrar o custo após a inserção do SFV. Dessa forma, o próximo passo é analisar a viabilidade econômica para cada um dos cenários.

3.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Nessa etapa, após a definição dos custos antes e depois da implementação do SFV é possível analisar a viabilidade da implementação desse sistema. Para tal, serão considerados

quatro indicadores econômicos: VPL, TIR, Payback simples e Payback Descontado. Além disso, é necessário a definição de parâmetros, como:

Aumento do custo de energia: a tarifa de energia também sofre ajustes devido a inflação.

Custo de capital: o valor econômico do dinheiro sofre desvalorização todos os dias. Para esse parâmetro será considerado o valor de 6,75% a.a,

Vida útil do projeto: todo SFV possui uma vida útil. Esse valor varia conforme a qualidade do material utilizado no projeto e o clima da região.

Custo de manutenção: mesmo considerando separadamente um reinvestimento para os inversores é importante estimar um valor a ser reservado para manutenções preventivas do SFV.

TMA: trata-se de uma variável que deve ser definida junto ao cliente, visto que se refere a taxa que faria com que o cliente investisse nesse projeto. O VPL é analisado a partir da TMA.

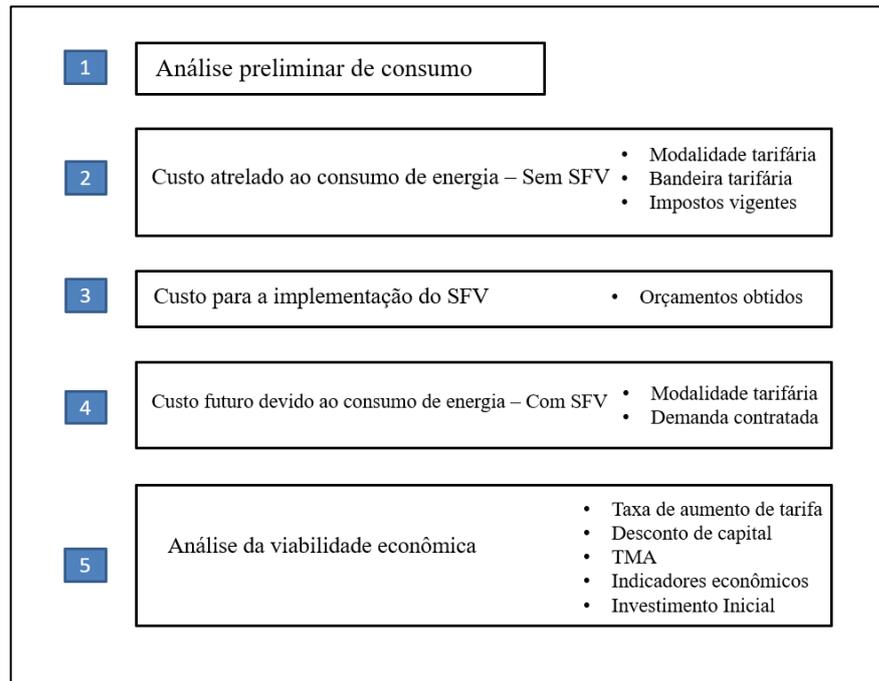
Taxa de poupança e reinvestimento: esse valor pode variar conforme a comparação que se deseja fazer. É possível considerar um rendimento alto ou baixo e então, a partir dessa definição, fazer as análises desejadas.

Reinvestimento após 15 anos: esse parâmetro pode ser obtido junto as empresas que foi obtido os orçamentos ou estima-lo através de levantamento com fornecedores diretos.

Dessa forma, após as considerações feitas, fez-se do uso de uma ferramenta desenvolvida no Microsoft Excel para a obtenção dos dados a serem analisados pelos indicadores financeiros. Após isso, cabe ao cliente a decisão pelo investimento no SFV, em outro investimento de mercado ou pelo não investimento.

A figura 14 mostra o resumo dos passos a serem executados e as considerações necessárias para cada uma das etapas.

Figura 14 – Passos para a análise de viabilidade econômica



Fonte: (autoria própria, 2018).

A figura 14 traz os pontos que são importantes dentro de cada passo, para que sejam lembrados no próximo capítulo.

Sendo assim, a primeira etapa da metodologia consiste na análise preliminar de consumo do cliente. Ao passo que essa análise foi feita é possível analisar a situação atual do cliente com a análise do custo atual, ao qual será influenciado pela modalidade e a bandeira tarifária e os impostos vigentes. Em seguida se obtêm os orçamentos para a implementação do SFV e então estima-se qual seria o custo de consumo após a inserção do SFV e faz-se projeções financeiras a partir de parâmetros pré-definidos. Após então, podemos dar prosseguimento ao trabalho e passar para o estudo de caso.

4. ESTUDO DE CASOS

4.1 CENÁRIO ABORDADO

4.1.1 CLASSE DE CONSUMIDOR

Para entendimento do ambiente no qual será feito o estudo, é de suma importância entender alguns conceitos e definições determinados pela ANEEL.

Ao tratar das classes de consumidores, a ANEEL divide os consumidores em dois grupos, A e B. O grupo A é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia¹. Tal grupo é dividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- f) subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

O grupo B, ao qual trata-se do grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo B1 – residencial;
- b) subgrupo B2 – rural;

¹Conjunto de tarifas de fornecimento, constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa (kWh) e à demanda faturável (kW).

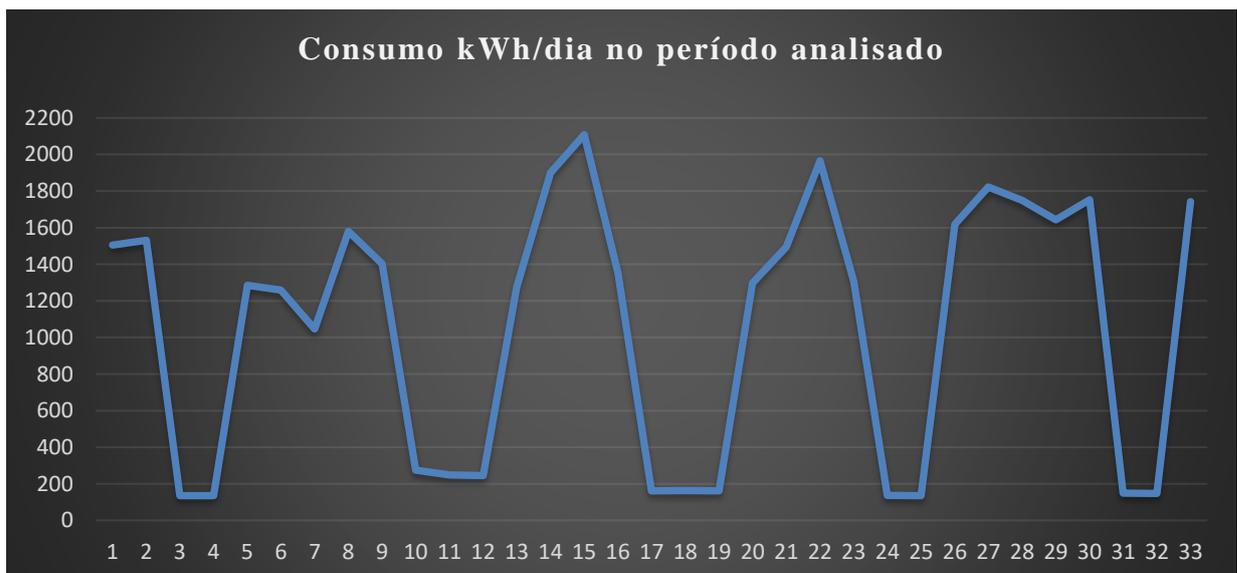
- c) subgrupo B3 – demais classes;
- d) subgrupo B4 – Iluminação Pública.

Nesse projeto, será tratado especificamente do grupo A4. O cenário que será abordado trata-se de um Frigorífico localizado na região de Santa Maria, o qual possui uma subestação particular de 225 KVA. O histórico de massa foi fornecido por uma empresa de consultoria, dessa forma não se sabe mais detalhes do cliente.

4.1.2 ANÁLISE PRELIMINAR DO CONSUMO

Usando o frigorífico como exemplo, foram obtidos os dados de consumo para 30 dias corridos (de 14/12/2017 à 12/01/2018). As amostras possuem espaçamento de 15 min, tal como é orientado pela norma. Assim, para fins acadêmicos, visto que não se tem os dados do restante do ano, se utilizará da projeção de consumo disponibilizada pelo software aurora como base para o restante do ano. Esse software é comumente utilizado para projetos de sistemas fotovoltaicos. O mesmo consegue estimar o consumo anual de um sistema a partir da entrada de um consumo mensal. Para esse caso, o consumo diário no período analisado é mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Consumo em kWh/dia no período analisado.



Fonte: (autoria própria, 2018).

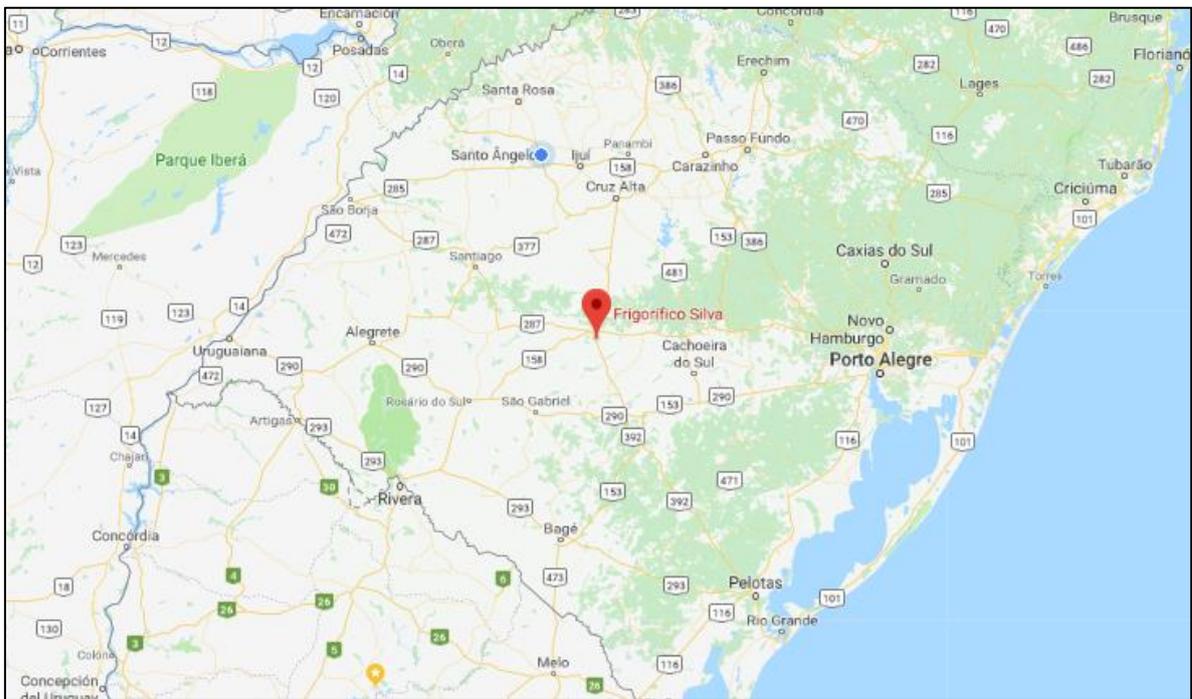
Para se encontrar o consumo total nesse período, basta somar os consumos diários. Assim, o consumo nos trinta dias foi de 32.685,9 kWh. Dessa forma, após a inclusão dos dados no software o mesmo projetou um consumo anual para esse cliente de 352.820,00 kWh. O detalhamento de como esse valor foi encontrado será mostrado no item 4.3 desse trabalho.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.2.1 AMOSTRA PARA INSERÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para a utilização dos softwares de simulação, necessita-se ter uma localização de onde o SFV será instalado. Após a análise da localização dos frigoríficos da região, percebeu-se que o Frigorífico Silva seria um bom exemplo a ser utilizado, visto que se trata de um frigorífico de grande porte da região. O mesmo se encontra na BR-392, Passo das Tropas, Santa Maria - RS. 97070-160. A figura 15 apresenta a localização do frigorífico.

Figura 15 - Localização do Frigorífico Silva

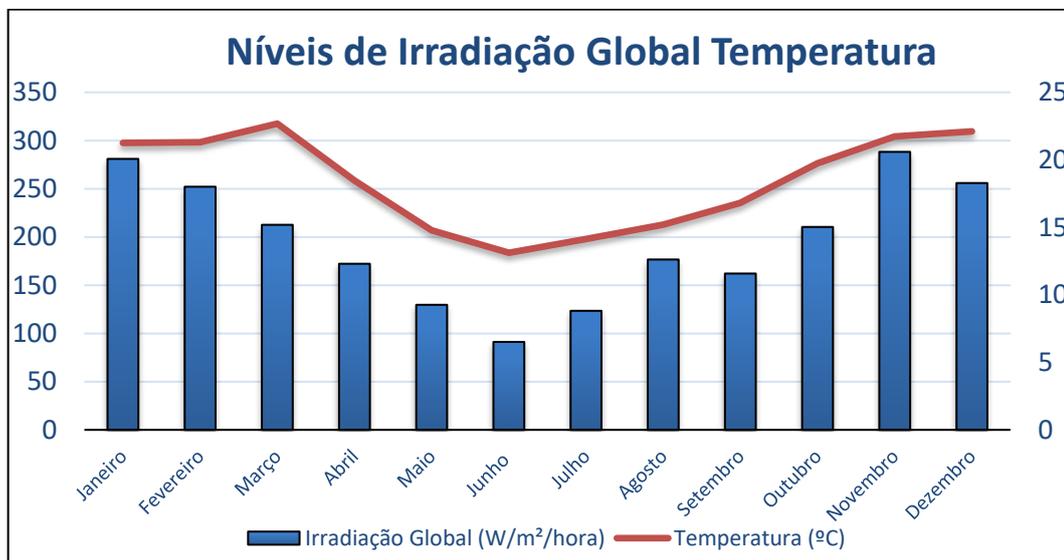


Fonte: (Google Maps, 2018).

4.2.2 RADIAÇÃO SOLAR

Para a comparação do número de módulos fotovoltaicos encontrados no Software e o estimado pelo estudo, precisa-se analisar os níveis de irradiação do local onde se encontrará o sistema. Para tal, serão utilizados os dados de irradiação global e temperatura obtidos nas medições, do ano de 2014, na Estação Solarimétrica, da cidade de São Martinho da Serra – RS, conforme a figura 16. Essa é a única estação do RS validada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2014). Salienta-se que São Martinho da Serra se encontra a 17 Km, medidos em linha reta, de Santa Maria, tornando esses dados confiáveis.

Figura 16 - Níveis de irradiação Global e Temperatura na estação de São Martinho da Serra



Fonte: (LUCCA, 2017).

Tais amostras de irradiação possuem intervalo de uma hora. Dessa maneira, podemos calcular a Horas de Sol Pico por dia (HSP/dia). Tal dado não é referente as horas de sol em um dia, mas sim o equivalente a uma hora padrão de 1.000 W/m². Tal relação segue a equação (2).

$$HSP = \frac{I}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (2)$$

Onde I é a Média da Irradiação Global, dado em W/m²/dia.

Dessa forma, o quadro 1 mostra os valores encontrados de janeiro a dezembro para a localização desse cliente.

Quadro 1 – Média de HSP estimada pela estação de São Martinho da Serra.

Mês	Irradiação Global (W/m ² /hora)	Temperatura (°C)	HSP (h)
Janeiro	280,9813	21,246	6,744
Fevereiro	252,1162	21,300	6,051
Março	212,6263	22,678	5,103
Abril	172,2323	18,472	4,134
Mai	129,6604	14,765	3,112
Junho	91,2009	13,114	2,189
Julho	123,4404	14,132	2,963
Agosto	176,6505	15,189	4,240
Setembro	162,0909	16,804	3,890
Outubro	210,3881	19,734	5,049
Novembro	288,2630	21,732	6,918
Dezembro	255,9280	22,115	6,142

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os valores encontrados no quadro 1 evidenciam a média de irradiação global, temperatura e HSP em cada os dos meses. A partir desses valores é possível passarmos para o próximo item, ao qual abordará como se encontra a potência a ser instalada e o número de módulos fotovoltaicos.

4.2.3 POTÊNCIA INSTALADA E NÚMERO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para determinação do número de painéis fotovoltaicos e, respectivamente, o número de módulos, inicialmente é necessário encontrar a potência DC a ser instalada para suprir a demanda desejada. Os dados são relacionados como a Equação 2.

$$P = \frac{\text{Consumo mensal (KWh)}}{\text{HSP} * \text{dias do mês}} \quad (2)$$

Onde o Consumo mensal é dado em kWh e as HSP é o valor médio por dia do mês determinado. Assim sendo, os valores encontrados, tendo como base a estação de São Martinho da Serra, são os apresentados na figura 17.

Figura 17 - Valores de potência instalada e número de módulos fotovoltaicos para suprir o consumo mensal encontrado.

Mês	Consumo mensal (KWh)	horas sol	Pdc instalada (Wp) = Cons. Mensal / (HSP*dias do mês)	Número de painéis (340W)
Janeiro	32874	6,744	162496,0	478
Fevereiro	34421	6,051	189622,6	558
Março	33901	5,103	221443,5	651
Abril	29354	4,134	236711,9	696
Maio	27145	3,112	290770,3	855
Junho	25574	2,189	389463,7	1145
Julho	25785	2,963	290119,8	853
Agosto	25697	4,240	202038,9	594
Setembro	27102	3,890	232225,7	683
Outubro	28845	5,049	190421,9	560
Novembro	29452	6,918	141903,6	417
Dezembro	32670	6,142	177296,0	521

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os valores mostrados na figura 17 demonstram a potência a ser instalada e o número de módulos fotovoltaicos se considerado módulos de 340W. Mesmo se obtendo esses valores, salienta-se que para o desenvolvimento desse trabalho a potência a ser instalada será determinada pelo Software que cada empresa usa para gerar seus respectivos orçamentos, visto que os valores encontrados na figura 17 não consideram as perdas do sistema.

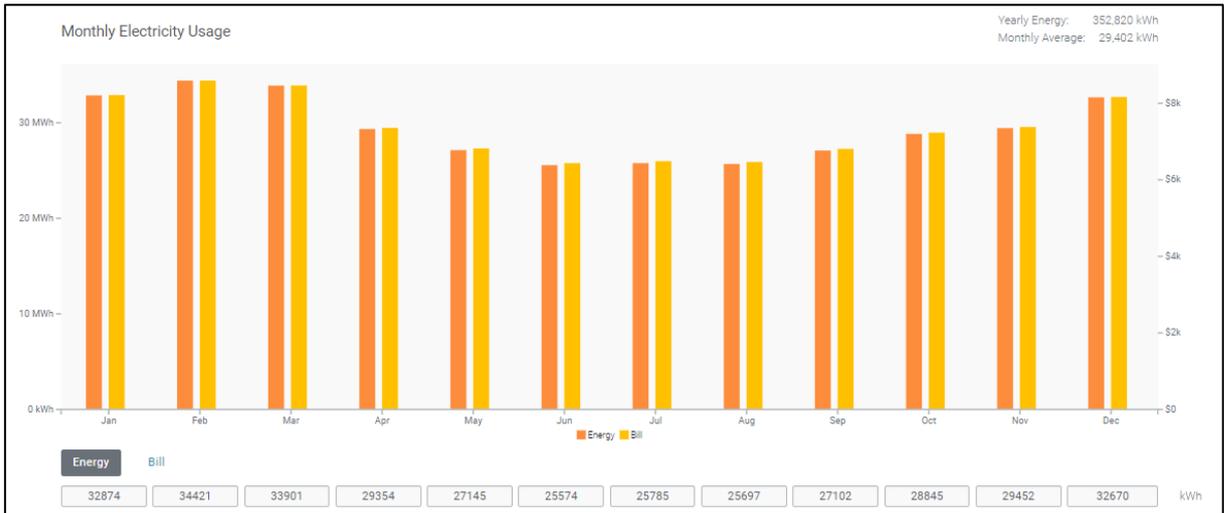
4.3 PROJETO

Para o projeto do SFV, fez-se do uso do Software da empresa *Aurora solar*. A empresa tem sua sede localizada em São Francisco, EUA e é uma das referências internacionais para o desenvolvimento de projetos de SFV. Nesse item, será detalhado apenas os itens do software que são mais relevantes para o desenvolvimento desse trabalho.

Primeiramente, foi considerado que o histórico de consumo que se tem do cliente é referente ao mês de dezembro. Assim, após a definição do tipo de cliente de acordo com padrões

pré-estabelecidos pelo Software e da inserção dos dados de consumo, o Software estima o valor de consumo para os outros meses do ano. O resultado de consumo anual é mostrado na figura 18.

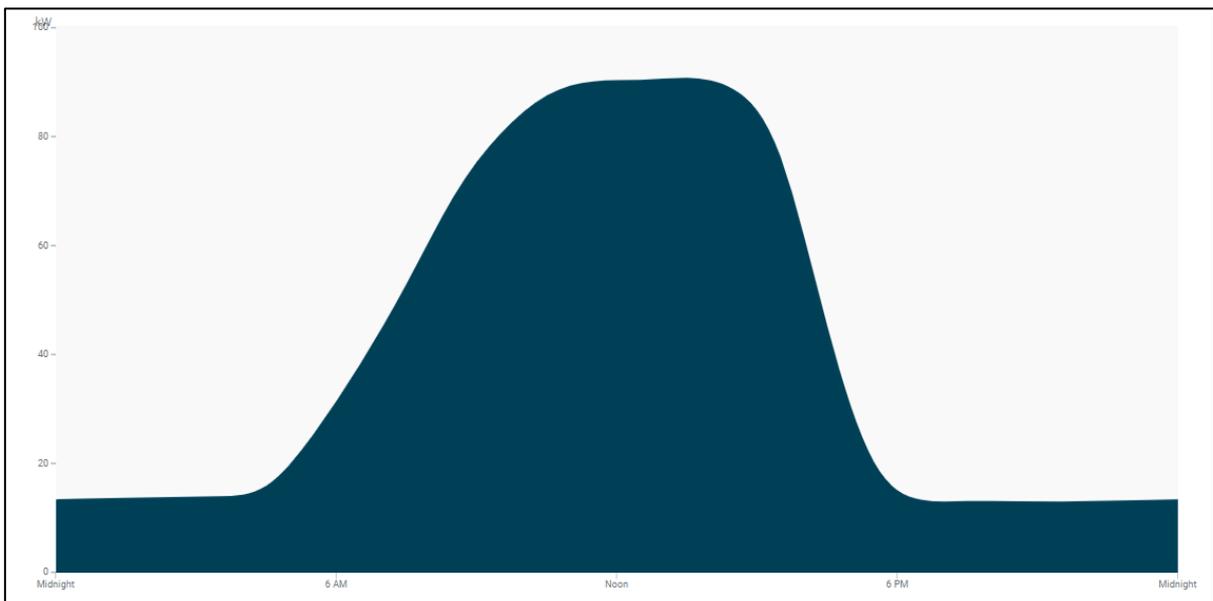
Figura 18 - Estimativa de consumo anual a partir do consumo mensal de dezembro.



Fonte: (autoria própria, 2018).

Percebe-se que o Software estima os meses seguintes e já disponibiliza o consumo anual e a média mensal. Também, de acordo com o tipo de cliente, o Software estima a geração de energia pelo SFV no decorrer do dia. O resultado estimado é mostrado na figura 19.

Figura 19 – Estimativa de produção do SFV no decorrer de um dia ensolarado.



Fonte: (autoria própria, 2018).

Em seguida, foram inseridos detalhes de localização do cliente. Utilizou-se do Google Maps para encontrar as coordenadas do sistema. As coordenadas são -29.782611, -53.777526 as quais indicam o Frigorífico Silva. Assim sendo, o software localiza e permite definir as áreas para iniciar o projeto. O resultado após a delimitação das áreas que poderiam ser utilizadas para o projeto é o mostrado na figura 20.

Figura 20 - Delimitação da área para Projeto do SFV



Fonte: (Software Aurora, 2018).

Assim, tendo como base o consumo desse cliente, e fazendo os cálculos de potência instalada necessária, pode-se identificar o número de módulos fotovoltaicos e então delimitar a área de projeto. Dessa forma percebeu-se que o melhor a se fazer era utilizar apenas um dos edifícios, pois o mesmo já possui a área necessária para a implementação do desse sistema. Das características físicas, o mesmo trata-se de uma estrutura plana, tornando os investimentos com estruturas menores. Sendo assim, o resultado após a alocação dos painéis é mostrado na figura 21.

Figura 21 – Alocação dos módulos fotovoltaicos em um dos edifícios do cliente.



Fonte: (Software Aurora, 2018).

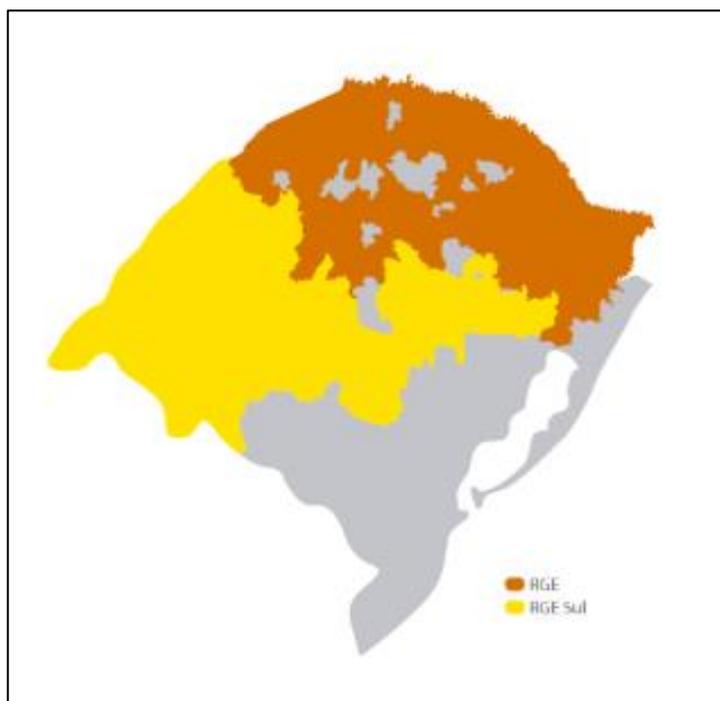
Em seguida, o Software gera relatórios que trazem detalhes do projeto e análises financeiras. De relevante para esse trabalho, o projeto resultante é de um sistema de 295,12 kWp instalado, com 868 módulos de 340W cada. As análises financeiras são o foco desse trabalho e, por essa razão, não se utilizou do Software com esse propósito.

Assim, após a definição dos dados de projeto relevantes para esse trabalho passa-se para o próximo item. O mesmo trará os detalhes da concessionária local, detalhe importante para a determinação da tarifa de energia a ser considerada.

4.3.1 CONCESSIONÁRIA LOCAL

Para a determinação do custo com o consumo, necessita-se saber o preço cobrado por KWh consumido, que por sua vez depende da concessionária atuante no local. A figura 22 mostra que a concessionária de energia atuante em Santa Maria é a RGE Sul.

Figura 22 - Abrangência de distribuição da RGE e RGE Sul



Fonte: (BERS, 2015).

Dessa forma, é possível encontrar os valores sem impostos das tarifas vigentes no site da concessionária. Esses dados serão usados no decorrer desse trabalho. O próximo item abordará a modalidade tarifária pertinente para o cliente na realidade atual do mesmo.

4.3.2 MODALIDADE TARIFÁRIA E CUSTO ATUAL DE CONSUMO

Quando se analisa a modalidade tarifária pertinente a um consumidor, visa-se escolher a que possui o menor custo. Por definição legislativa, o cliente do grupo A é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3KV e pode atualmente optar pelas modalidades Azul e Verde. Outro detalhe também pertinente ao Grupo A é o fato do mesmo ser caracterizado pela tarifa binômica, ou seja, o consumidor paga pelo consumo e pela disponibilidade de energia. Assim, inicialmente, analisou-se o consumo no período considerado para determinação da melhor modalidade tarifária. Para tal, foi desenvolvida no Software Excel a ferramenta demonstrada na figura 23.

Figura 23 - Ferramenta utilizada para análise da modalidade tarifária.

Modalidade tarifária		Demanda/Consumo	Descrição	Valor Tarifa (\$)	DADOS MENSAIS		
					Quantidade	Custo (\$)	Custo Total (R\$)
AZUL	TUSD	Demanda (R\$/KW)	* Ponta	X	=	0,00	0,00
			* Fora Ponta	X	=	0,00	
			* Ultrap.Ponta	X	=	0,00	
			* Ultrap.F.Ponta	X	=	0,00	
	TE	Consumo (R\$/KWh)	Bandeira Verde	X	=	0,00	
			Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Amarela	X	=	
			Bandeira Vermelha 1	X	=	0,00	
			Bandeira Vermelha 2	X	=	0,00	
		Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	X	=	0,00	
			Bandeira Amarela	X	=	0,00	
			Bandeira Vermelha 1	X	=	0,00	
			Bandeira Vermelha 2	X	=	0,00	
VERDE	TUSD	Demanda (R\$/KW)	Ponta e Fora Ponta	X	=	0,00	0,00
			Ultrap.Ponta	X	=	0,00	
			Ultrap.F.Ponta	X	=	0,00	
		Consumo (R\$/MWh)	Ponta	X	=	0,00	
	F.Ponta		X	=	0,00		
	TE	Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	X	=	0,00	
			Bandeira Amarela	X	=	0,00	
			Bandeira Vermelha 1	X	=	0,00	
			Bandeira Vermelha 2	X	=	0,00	
		Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	X	=	0,00	
			Bandeira Amarela	X	=	0,00	
	Bandeira Vermelha 1		X	=	0,00		
Bandeira Vermelha 2	X		=	0,00			

Fonte: (autoria própria, 2018).

Essa ferramenta, baseada nas tarifas cobradas pela concessionária, torna possível a simulação para qualquer cliente do tipo A. Na coluna “Valor Tarifa (\$)” é necessário incluir os valores conforme disponibilizados pela concessionária local.

Para a utilização da ferramenta é importante entender que:

- Todas as variáveis que compõem a tarifa de energia devem ser inseridas já com o ajuste dos impostos.
- Para esse caso, utilizou-se o valor de tarifa dos dias atuais, disponibilizados pela RGE Sul, companhia que atende a região de Santa Maria.
- Nos valores de TE deve ser incluso apenas o da Bandeira Tarifária do respectivo mês, conforme disponibilizado pela ANEEL.

Os resultados obtidos para cada modalidade no mês de análise são os expostos na figura 24. A análise demonstrou que tal cliente deve optar pela Modalidade tarifária azul independente da bandeira tarifária.

Figura 24 – Simulação de custo do consumo mensal obtida para o cliente em questão.

MODALIDADE TARIFÁRIA		Demanda/Consumo	Descrição	Valor Tarifa (R\$)	DADOS MENSAIS		
					Quantidade	Custo (R\$)	Custo Total (R\$)
AZUL	TUSD	Demanda (R\$/Kw)	* Ponta	45,8988196	28,0	= 1.285,17	19.480,43
			* Fora Ponta	30,8638128	67,0	= 2.067,88	
			* Ultrap. Ponta	91,7976304	0,0	= 0,00	
			* Ultrap. F. Ponta	61,7276097	0,0	= 0,00	
		Consumo (R\$/Kwh)		0,0756339	32,686,0	= 2.472,17	
				638,2330500	1,3967	= 891,42	
	TE	Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	648,2330500		= 0,00	
			Bandeira Amarela	648,2330500		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 1	688,2330500		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 2	688,2330500		= 0,00	
		Consumo F. Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	407,9299400	31,2892	= 12.763,80	
			Bandeira Amarela	417,9299400		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 1	437,9299400		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 2	457,9299400		= 0,00	
VERDE	TUSD	Demanda (R\$/Kw)	Ponta	30,8124975	28,0000	= 862,75	20.388,43
			F. Ponta	30,8124975	67,0000	= 2.064,44	
			Ultrap. Ponta	61,6249892	0,0000	= 0,00	
			Ultrap. F. Ponta	61,6249892	0,0000	= 0,00	
		Consumo (R\$/MWh)	Ponta	1030,6426044	1,3967	= 1.439,50	
			F. Ponta	75,6339300	31,2892	= 2.366,53	
	TE	Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	638,2330500	1,3967	= 891,42	
			Bandeira Amarela	648,2330500		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 1	688,2330500		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 2	688,2330500		= 0,00	
		Consumo F. Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	407,9299400	31,2892	= 12.763,80	
			Bandeira Amarela	417,9299400		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 1	437,9299400		= 0,00	
			Bandeira Vermelha 2	457,9299400		= 0,00	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Percebe-se que, quando analisada a viabilidade econômica do cliente, pode-se entender se ele tem o contrato na melhor modalidade tarifária ou não. Para esse caso, considerando o consumo obtido através da memória de massa do cliente, e demanda contratada de forma que não se pague adicionais de ultrapassagem, o custo mensal para tarifa azul foi de R\$ 19.480,43 e para a Tarifa Verde foi de R\$ 20.388,43, mostrando que a Tarifa Azul seria a melhor escolha.

A partir disso, podemos fazer uma simulação anual do custo devido ao consumo desse sistema. Visto que se tinha apenas os dados referente a 30 dias, estimou-se o consumo dos outros meses do ano a partir do Software do Projeto. O quadro 2 mostra os valores utilizados nos meses subsequentes e a bandeira definida a partir do histórico dos últimos meses.

Quadro 2 - Valores estimados de consumo para todo o ano.

Mês	Consumo (KWh)	Consumo Fora Ponta (KWh)	Consumo Ponta (KWh)	Bandeira Utilizada
Jan	32874	31289	1585	Verde
Fev	34421	32761	1660	Verde
Mar	33901	32266	1635	Verde
Abr	29354	27939	1415	Amarela
Mai	27145	25836	1309	Amarela
Jun	25574	24341	1233	Vermelho II
Jul	25785	24542	1243	Vermelho II

Ago	25697	24458	1239	Vermelho II
Set	27102	25795	1307	Vermelho II
Out	28845	27454	1391	Vermelho II
Nov	29452	28032	1420	Vermelho II
Dez	32670	31095	1575	Vermelho I
Total	352820	335809	17011	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Além disso, para a simulação anual, precisamos utilizar as tarifas com impostos referidos ao mês estimado. Para isso, foi acrescentado na tarifa disponibilizada pela concessionária os valores de PIS/COFINS e ICMS no referido mês. O quadro 3 mostra os valores dos impostos para os últimos meses que está disponível no site da CPFL Energia.

Quadro 3 - Histórico de PIS/COFINS e ICMS dos últimos meses.

Período da Tarifa		PIS(%)	COFINS(%)	ICMS (%)
01/11/2018	30/11/2018	0,89	3,53	30
01/10/2018	31/10/2018	0,81	3,75	30
01/09/2018	30/09/2018	1,03	4,8	30
01/08/2018	31/08/2018	0,98	4,5	30
01/07/2018	31/07/2018	0,75	3,45	30
01/06/2018	30/06/2018	0,82	3,81	30
01/05/2018	31/05/2018	1,02	4,73	30
01/04/2018	30/04/2018	1,49	6,81	30
01/03/2018	31/03/2018	1,51	6,96	30
01/02/2018	28/02/2018	1,43	6,56	30
01/01/2018	31/01/2018	1,1	5,11	30
01/12/2017	30/12/2017	0,33	1,55	30
01/11/2017	30/11/2017	0,78	3,58	30
Média		0,995	4,549	30

Fonte: (autoria própria, 2018).

. Assim, os resultados obtidos para a simulação do custo anual desse cliente, após o ajuste da tarifa conforme a variação dos impostos, foram os mostrados na figura 25.

Figura 25 - Simulação de custo anual obtida para o cliente em questão

MODALIDADE TARIFÁRIA	TUSD/TE	DEMANDA/CONSUMO	DESCRIÇÃO	TARIFA	JANEIRO	FEBREIRO	MARÇO	ABRIL	MADO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	Dado (R\$)	Dado Anual (R\$)				
					Quantidade consumida																	
AZUL	TUSD	Demanda (R\$/Kv)	* Posts	45,591318	X	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	45.422,002	245.133,69		
			* Fora Posts	39,843182	X	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000		42,000	38.114,505
			* Ultrap.Posts	51,975104	X	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
		* Ultrap.F.Posts	51,727697	X	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	
		Consumo (R\$/Kw)			0,0795239	X	32.874,000	34.421,000	33.901,000	29.354,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000	32.616,000		29.451,175	
		Banciras Verdes			439,2339500	X		1,397	1,397	1,397											1,397	2.474,240
		Banciras Vermelha 1			446,2339500	X					1,397	1,397									1,397	922,321
	TE	Consumo Posts (R\$/MWh)	Banciras Vermelha 2	446,2339500	X						1,397	1,397							1,397		4.806,274	
			Banciras Vermelha 1	446,2339500	X																	31.291,160
			Banciras Vermelha 2	446,2339500	X																	31.291,160
		Consumo F.Posts (R\$/MWh)			407,9294000	X	31,289	31,289	31,289													31.289,000
		Banciras Amarelas			407,9294000	X				31,289	31,289											31.289,000
		Banciras Vermelha 1			437,9294000	X																31.214,000
		Banciras Vermelha 2			457,9294000	X						31,289	31,289	31,289	31,289	31,289	31,289	31,289				45.949,019
VERDE	TUSD	Demanda (R\$/Kv)	* Posts	39,8124979	X	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	39.352,994	254.944,2		
			* Fora Posts	39,3124979	X	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000		42,000	38.177,241
			* Ultrap.Posts	51,6249192	X	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	
		* Ultrap.F.Posts	51,6249192	X	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
		Consumo (R\$/Kw)			0,0795239	X	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000	31,289,000		31,289,000	27.272,912
		Banciras Verdes			439,2339500	X		1,397	1,397												1,397	2.474,240
		Banciras Vermelha 1			446,2339500	X					1,397	1,397									1,397	922,321
	TE	Consumo Posts (R\$/MWh)	Banciras Vermelha 2	446,2339500	X						1,397	1,397							1,397		4.806,274	
			Banciras Vermelha 1	446,2339500	X																	31.291,160
			Banciras Vermelha 2	446,2339500	X																	31.291,160
		Consumo F.Posts (R\$/MWh)			407,9294000	X	31,289	31,289	31,289													31.289,000
		Banciras Amarelas			407,9294000	X				31,289	31,289											31.289,000
		Banciras Vermelha 1			437,9294000	X																31.214,000
		Banciras Vermelha 2			457,9294000	X						31,289	31,289	31,289	31,289	31,289	31,289	31,289				45.949,019

Fonte: (autoria própria, 2018).

A simulação anual mostra que o custo anual para Tarifa Azul foi de R\$ 251.385,66 e para a Tarifa Verde foi de R\$ 267.551,00, consolidando que a Tarifa Azul é a melhor escolha para esse cliente quando não utilizado do SFV.

Após definido o valor do custo anual de consumo, podemos passar para a próxima etapa, que é o custo de implementação do SFV.

4.3.3 CUSTO PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SFV

Para a instalação do Sistema Fotovoltaico, buscaram-se valores atuais de mercado para um Sistema que abata o consumo anual desse cliente. Optou-se pela busca de orçamentos com uma empresa da região de Santa Maria e por uma empresa estrangeira, a New Energy, para servir como parâmetro. Também, para confirmação dos dados, obteve-se o valor através do simulador Portal Solar, o qual gera um valor médio de preço para a região de acordo com o tamanho do sistema. Salienta-se que foi passado para cada empresa a região e localização do cliente e o consumo a ser abatido em cada um dos cenários. Dessa forma, cada empresa por considerar parâmetros diferentes constatou uma capacidade instalada necessária para o SFV. Sabe-se que, no final das contas, se optado pela implementação do sistema, será contratado uma empresa para tal. Assim, conseguiu-se seis orçamentos para o SFV, os quais seus valores finais estão mostrados na figura 26.

Figura 26 - Resumo dos Orçamentos para a implementação do sistema.

		% Abatimento do Consumo	Potência do SFV (KWp)	Quantidade de módulos	Potência do Módulo (W)	Custo Orçado do SFV
Cenário 1	LUMENK	100% Consumo Total	271,41	905	300	R\$ 972.203,41
Cenário 2	New Energy	100% Consumo Total	295,12	868	340	R\$ 1.121.456,00
Cenário 3	WEG	100% Consumo Total	251,33	838	300	R\$ 1.256.647,56
Cenário 4	WEG	100% Consumo Fora ponta	232,47	775	300	R\$ 1.162.370,92
Cenário 5	Portal Solar	100% Consumo Total	285,12	864	330	R\$ 877.680,00
Cenário 6	Portal Solar	100% Consumo Fora ponta	237,60	720	330	R\$ 721.690,00

Fonte: (autoria própria, 2018).

Pelos valores mostrados acima, percebe-se que em alguns casos o sistema foi dimensionado para abater 100% do consumo Fora Ponta e em outros para abater 100% do consumo total do cliente. No segundo caso, considerou-se o Fator de Ajuste do consumo no período de ponta. Após termos os custos de implementação do SFV, podemos encontrar o custo anual após a implementação do SFV e, então, fazer as projeções de Retorno sobre o investimento para cada caso.

4.3.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a realização dos cálculos de viabilidade econômica, utilizou-se o Microsoft Excel, um software de gerenciamento de planilhas eletrônicas. Os valores obtidos baseiam-se nos rendimentos mensais de cada equipamento, nas taxas de inflação, nos custos de manutenção e nas lucratividades esperadas nos períodos analisados. Para as projeções financeira que serão mostradas nos próximos tópicos, serão considerados também os seguintes parâmetros :

- Aumento no custo da energia de 5% a.a.;
- Custo de capital de 6,75% a.a.;
- Vida útil do projeto: 25 anos;
- Custo de manutenção 1% a.a.;
- TMA: 10% a.a.;
- Taxa de poupança e reinvestimento de 7,2% a.a.;
- Vida útil inversores 15 anos;

Tais valores são comumente usados para análises de viabilidade de SFV.

4.3.4.1 DEMANDA CONTRATADA

Para que seja possível analisar a viabilidade desse SFV, precisamos estimar o custo de consumo futuro com e sem o SFV. Assim, podemos encontrar o valor anual pago pelo cliente antes e depois da inserção do SFV.

Primeiramente, precisa-se lembrar que após a inserção do SFV, o consumidor conectado à rede ainda paga pela disponibilidade de energia. Ou seja, mesmo que ele produza tudo que consome, ele ainda paga um valor pela disponibilidade de energia proveniente da rede. Essa parcela fixa é proveniente da demanda contratada e que, de acordo resolução 418/12 da ANEEL, o SFV não pode ter potência instalada maior que a demanda contratada. Dessa forma, para essa análise, será prevista a alteração do contrato de demanda em cenário para que o cliente esteja de acordo com a Resolução.

4.3.4.2 CUSTO SEM O SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para esse cliente, considerando como base de impostos para projeções futuras o histórico dos últimos meses mostrado no quadro 3, o consumo anual estimado pelo Software e o aumento no custo de energia de 5% ao ano, o valor encontrado para os 25 anos será mostrado nas primeiras duas colunas nas projeções financeiras em cada cenário. Salienta-se que tais valores são iguais para todos os cenários, já que o SFV ainda não foi implementado.

4.3.5 CENÁRIOS

Para a análise financeira serão analisados os 6 cenários de orçamentos obtidos. Os cenários 1, 2, 3 e 5 contemplam o consumo total do cliente, tanto fora ponta quanto em período de ponta. Para tal, o valor utilizado de consumo médio mensal para projeto é de 30253,792 KWh. Esse valor é obtido a partir da Equação 3.

$$\text{Consumo (KWh)} = CFP + CP * FA = 29401,67 + 1417,58 * 1,6011 \quad (3)$$

Onde: CFP – Consumo médio mensal fora ponta (KWh); CP é o consumo médio mensal em período de ponta (KWh) e FA é o Fator de ajuste obtido da relação entre as tarifas de consumo em ponta e fora ponta.

Nesses cenários, ainda é sugerida a troca de mudança tarifária de Azul, para Verde, visto que, quando o abatimento é de 100%, o cliente só paga pela demanda e na Tarifa Verde, a demanda contratada em período de ponta é igual a de Fora ponta. Essa mudança traz economias para o cliente.

Já os cenários 4 e 6 estão considerando apenas o consumo fora ponta. Para os projetos, foi considerado apenas a parcela de CFP. Nesse caso, a melhor escolha é pela Tarifa Azul, visto que o valor pago pelo consumo em ponta na Tarifa Verde é muito elevado.

Salienta-se também que se considerou o valor de R\$1.500,00 por módulo fotovoltaico para reinvestimento após 15 anos.

4.3.5.1 CENÁRIO 1

O cenário 1 trata-se do orçamento provido pela LUMENK, empresa do ramo fotovoltaico, situada em Santa Maria - RS. Nesse cenário, para além dos pontos citados no Item 3.3.4, os dados considerados para análise financeira são os seguintes:

Figura 27 – Dados utilizados para simulação no cenário 1.

CENÁRIO 1	
Investimento Inicial	R\$ 972.203,41
Potência DC Instalada	271,41 Kwp
Reinvestimento após 15 anos	R\$ 1.357.500,00
Demanda contratada Fora Ponta sem SFV	67 KW
Demanda contratada Fora Ponta com SFV	272 KW
Demanda contratada Fora Ponta	28 KW

Fonte: (autoria própria, 2018).

O valor de custo anual encontrado após a inserção do SFV é o mostrado na figura 28.

Figura 28 - Custo anual de consumo com SFV para o cenário 1

		Tarifa Base	Tarifa com impostos		Consumo	Custo (R\$)	Custo Anual (R\$)
Demanda (R\$/KW)	Ponta e Fora Ponta	21,6700000	33,6201547	X	28,0	11.296,372	121.032,6
	Ultrap.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	272,0	109.736,185	
	Ultrap.F.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	0,0	0,000	
					0,0	0,000	
Consumo (R\$/MWh)	Ponta	840,3600000	1303,7855643	X	0,0	0,000	
	F.Ponta	61,6700000	95,6785851	X	0,0	0,000	
Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	462,5700000	717,6592037	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	482,5700000	748,6884189	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	505,5700000	784,3720164	X	0,0	0,000	
Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	282,6600000	438,5358984	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	292,6600000	454,0505060	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	312,6600000	485,0797212	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	332,6600000	516,1089364	X	0,0	0,000	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Com isso, é possível fazer a simulação financeira. O resultado obtido para o cenário 1 é o mostrado na figura 29.

Figura 29 – Análise financeira para o cenário 1.

Mês	Custo Consumo sem SFV (R\$)	Custo Consumo com SFV (R\$)	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado acumulado	Montante acumulado após reinvestimento e Ano 15
Ano 0	-	R\$ -	-R\$ 972.203,41	-R\$ 972.203,41	-R\$ 972.203,41	-R\$ 972.203,41	-R\$ 972.203,41
Ano 1	R\$ 251.385,66	R\$ 121.317,92	R\$ 128.767,07	-R\$ 843.436,34	R\$ 120.624,89	-R\$ 851.578,52	R\$ 340.825,28
Ano 2	R\$ 263.954,95	R\$ 127.383,82	R\$ 135.205,42	-R\$ 708.230,93	R\$ 118.647,43	-R\$ 732.931,10	R\$ 357.866,54
Ano 3	R\$ 277.152,69	R\$ 133.753,01	R\$ 141.965,69	-R\$ 566.265,24	R\$ 116.702,39	-R\$ 616.228,71	R\$ 375.759,87
Ano 4	R\$ 291.010,33	R\$ 140.440,66	R\$ 149.063,97	-R\$ 417.201,26	R\$ 114.789,23	-R\$ 501.439,47	R\$ 394.547,86
Ano 5	R\$ 305.560,85	R\$ 147.462,69	R\$ 156.517,17	-R\$ 260.684,09	R\$ 112.907,44	-R\$ 388.532,03	R\$ 995.170,14
Ano 6	R\$ 320.838,89	R\$ 154.835,83	R\$ 164.343,03	-R\$ 96.341,06	R\$ 111.056,50	-R\$ 277.475,53	R\$ 615.817,77
Ano 7	R\$ 336.880,83	R\$ 162.577,62	R\$ 172.560,18	R\$ 76.219,13	R\$ 109.235,90	-R\$ 168.239,62	R\$ 603.179,72
Ano 8	R\$ 353.724,87	R\$ 170.706,50	R\$ 181.188,19	R\$ 257.407,32	R\$ 107.445,15	-R\$ 60.794,47	R\$ 590.801,03
Ano 9	R\$ 371.411,12	R\$ 179.241,82	R\$ 190.247,60	R\$ 447.654,92	R\$ 105.683,76	R\$ 44.889,29	R\$ 578.676,38
Ano 10	R\$ 389.981,67	R\$ 188.203,91	R\$ 199.759,98	R\$ 647.414,90	R\$ 103.951,24	R\$ 148.840,52	R\$ 566.800,56
Ano 11	R\$ 409.480,76	R\$ 197.614,11	R\$ 209.747,98	R\$ 857.162,88	R\$ 102.247,12	R\$ 251.087,64	R\$ 555.168,46
Ano 12	R\$ 429.954,79	R\$ 207.494,81	R\$ 220.235,38	R\$ 1.077.398,26	R\$ 100.570,93	R\$ 351.658,57	R\$ 543.775,08
Ano 13	R\$ 451.452,53	R\$ 217.869,56	R\$ 231.247,15	R\$ 1.308.645,41	R\$ 98.922,23	R\$ 450.580,80	R\$ 532.615,51
Ano 14	R\$ 474.025,16	R\$ 228.763,03	R\$ 242.809,51	R\$ 1.551.454,92	R\$ 97.300,55	R\$ 547.881,36	R\$ 521.684,97
Ano 15	R\$ 497.726,42	R\$ 240.201,18	-R\$ 1.102.550,02	R\$ 448.904,90	-R\$ 413.885,34	R\$ 133.996,02	-R\$ 1.102.550,02
Ano 16	R\$ 522.612,74	R\$ 252.211,24	R\$ 267.697,48	R\$ 716.602,38	R\$ 94.136,52	R\$ 228.132,54	R\$ 500.492,25
Ano 17	R\$ 548.743,38	R\$ 264.821,81	R\$ 281.082,36	R\$ 997.684,74	R\$ 92.593,30	R\$ 320.725,84	R\$ 490.220,95
Ano 18	R\$ 576.180,55	R\$ 278.062,90	R\$ 295.136,47	R\$ 1.292.821,21	R\$ 91.075,38	R\$ 411.801,21	R\$ 480.160,44
Ano 19	R\$ 604.989,57	R\$ 291.966,04	R\$ 309.893,30	R\$ 1.602.714,51	R\$ 89.582,34	R\$ 501.383,55	R\$ 470.306,41
Ano 20	R\$ 635.239,05	R\$ 306.564,34	R\$ 325.387,96	R\$ 1.928.102,47	R\$ 88.113,77	R\$ 589.497,33	R\$ 460.654,60
Ano 21	R\$ 667.001,00	R\$ 321.892,56	R\$ 341.657,36	R\$ 2.269.759,83	R\$ 86.669,29	R\$ 676.166,61	R\$ 451.200,86
Ano 22	R\$ 700.351,05	R\$ 337.987,19	R\$ 358.740,23	R\$ 2.628.500,06	R\$ 85.248,48	R\$ 761.415,09	R\$ 441.941,14
Ano 23	R\$ 735.368,61	R\$ 354.886,55	R\$ 376.677,24	R\$ 3.005.177,30	R\$ 83.850,96	R\$ 845.266,05	R\$ 432.871,46
Ano 24	R\$ 772.137,04	R\$ 372.630,88	R\$ 395.511,10	R\$ 3.400.688,40	R\$ 82.476,36	R\$ 927.742,41	R\$ 423.987,90
Ano 25	R\$ 810.743,89	R\$ 391.262,42	R\$ 415.286,66	R\$ 3.815.975,05	R\$ 81.124,29	R\$ 1.008.866,70	R\$ 415.286,66

Fonte: (autoria própria, 2018).

Onde:

- Nas Coluna 2 e 3, mostram-se os custos antes e depois da implementação do SFV, respectivamente. O valor referente ao Ano 1 é o encontrado na figura 25 para a Coluna 2 e na Figura 29 para a Coluna 3. Para os demais anos, foi acrescentado 5% a.a como base de aumento de tarifa.
- Na Coluna 4 é mostrado o fluxo de caixa final a cada ano.
- Na coluna 5 é trazido o fluxo de caixa acumulado a cada ano.

- Na Coluna 6, é mostrado o fluxo de caixa descontado. Esse valor refere-se a quanto o dinheiro futuro proveniente do fluxo de caixa final equivale no VPL.
- Na Coluna 7, é mostrado o Fluxo de caixa descontado acumulado. Refere-se ao valor acumulado nos 25 anos tendo como base o VPL de cada ano.
- Na Coluna 8, é mostrado o retorno dos valores finais de fluxo de caixa de cada ano, quando aplicado uma taxa de rentabilidade de 7,2% a.a. Os primeiros retornos, até que necessário para abater o reinvestimento do ano 15, são considerados 14 anos de retorno financeiro. Depois disso, os investimentos são retirados e o montante que sobra é repassado para o ano seguinte. No caso do cenário 1, os quatro primeiros anos rendem tendo base 14 anos. Assim, o valor não utilizado para pagar o reinvestimento no ano 15 foi inserido no valor do ano 5.

Assim, os resultados obtidos foram os mostrados na figura 30.

Figura 30 – Resultados obtidos para o cenário 1.

Resultados	
VPL	R\$ 473.247,97
TIR	15,25%
Payback Simples	6 Anos e 7 Meses
Payback Descontado	8 Anos e 7 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 3.815.975,05
Montante acumulado após 25 anos com reinvestimentos em poupança com 7,2% a.a	R\$ 10.065.058,39
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 5.849.933,54

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os resultados são favoráveis. O valor encontrado para VPL é positivo, tornando o investimento viável à uma TMA de 10% a.a. A TIR de 15,25% mostra um retorno alto, quando comparado aos outros cenários. Os *Paybacks* são considerados bons para investimentos em SFV. O montante acumulado após 25 anos é maior do que um investimento de poupança com

retorno de 7,2% a.a. No capítulo 4 desse trabalho serão comparados os resultados com investimentos de mercado.

4.3.5.2 CENÁRIO 2

O cenário 2 trata-se do orçamento provido pela NEW ENERGY, empresa do ramo fotovoltaico, situada em San Juan – PR. Nesse cenário, para além dos pontos citados no Item 3.3.4, os dados considerados para análise financeira são os seguintes:

Figura 31 - Dados utilizados para simulação no Cenário 2.

CENÁRIO 2	
Investimento Inicial	R\$ 1.121.456,00
Potência DC Instalada	295,12 KWp
Reinvestimento após 15 anos	R\$ 1.302.000,00
Demanda contratada Fora Ponta sem SFV	67 KW
Demanda contratada Fora Ponta com SFV	296 KWp
Demanda contratada Ponta	28 KW

Fonte: (autoria própria, 2018).

O valor de custo anual encontrado após a inserção do SFV é o mostrado na figura 32.

Figura 32 - Custo anual de consumo com SFV para o cenário 2

		Tarifa Base	Tarifa com impostos		Consumo	Custo (R\$)	Custo Anual (R\$)
Demanda (R\$/KW)	Ponta e Fora Ponta	21,6700000	33,6201547	X	28,0	11.296,372	130.715,2
	Ultrap.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	0,0	0,000	
	Ultrap.F.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	0,0	0,000	
Consumo (R\$/MWh)	Ponta	840,3600000	1303,7855643	X	0,0	0,000	
	F.Ponta	61,6700000	95,6785851	X	0,0	0,000	
Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	462,5700000	717,6592037	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	482,5700000	748,6884189	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	505,5700000	784,3720164	X	0,0	0,000	
Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	282,6600000	438,5358984	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	292,6600000	454,0505060	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	312,6600000	485,0797212	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	332,6600000	516,1089364	X	0,0	0,000	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Com isso, é possível fazer a simulação financeira. O resultado obtido para o Cenário 2 é o mostrado na figura 33.

Figura 33 – Análise Financeira para o Cenário 2

Mês	Custo Consumo sem SFV (R\$)	Custo Consumo com SFV (R\$)	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado acumulado	Montante acumulado após reinvestimento e Ano 15
Ano 0	-	-	-R\$ 1.121.456,00	-R\$ 1.121.456,00	-R\$ 1.121.456,00	-R\$ 1.121.456,00	-R\$ 1.121.456,00
Ano 1	R\$ 251.385,66	R\$ 130.715,16	R\$ 119.463,80	-R\$ 1.001.992,20	R\$ 111.909,88	-R\$ 1.009.546,12	R\$ 316.201,05
Ano 2	R\$ 263.954,95	R\$ 137.250,92	R\$ 125.436,99	-R\$ 876.555,22	R\$ 110.075,29	-R\$ 899.470,83	R\$ 332.011,10
Ano 3	R\$ 277.152,69	R\$ 144.113,47	R\$ 131.708,84	-R\$ 744.846,38	R\$ 108.270,78	-R\$ 791.200,05	R\$ 348.611,66
Ano 4	R\$ 291.010,33	R\$ 151.319,14	R\$ 138.294,28	-R\$ 606.552,10	R\$ 106.495,85	-R\$ 684.704,20	R\$ 366.042,24
Ano 5	R\$ 305.560,85	R\$ 158.885,10	R\$ 145.208,99	-R\$ 461.343,11	R\$ 104.750,01	-R\$ 579.954,18	R\$ 880.692,50
Ano 6	R\$ 320.838,89	R\$ 166.829,35	R\$ 152.469,44	-R\$ 308.873,67	R\$ 103.032,80	-R\$ 476.921,38	R\$ 571.325,66
Ano 7	R\$ 336.880,83	R\$ 175.170,82	R\$ 160.092,91	-R\$ 148.780,75	R\$ 101.343,74	-R\$ 375.577,64	R\$ 559.600,70
Ano 8	R\$ 353.724,87	R\$ 183.929,36	R\$ 168.097,56	R\$ 19.316,81	R\$ 99.682,37	-R\$ 275.895,28	R\$ 548.116,35
Ano 9	R\$ 371.411,12	R\$ 193.125,83	R\$ 176.502,44	R\$ 195.819,25	R\$ 98.048,23	-R\$ 177.847,05	R\$ 536.867,70
Ano 10	R\$ 389.981,67	R\$ 202.782,12	R\$ 185.327,56	R\$ 381.146,80	R\$ 96.440,88	-R\$ 81.406,17	R\$ 525.849,89
Ano 11	R\$ 409.480,76	R\$ 212.921,22	R\$ 194.593,94	R\$ 575.740,74	R\$ 94.859,88	R\$ 13.453,72	R\$ 515.058,19
Ano 12	R\$ 429.954,79	R\$ 223.567,29	R\$ 204.323,63	R\$ 780.064,38	R\$ 93.304,80	R\$ 106.758,52	R\$ 504.487,97
Ano 13	R\$ 451.452,53	R\$ 234.745,65	R\$ 214.539,82	R\$ 994.604,19	R\$ 91.775,22	R\$ 198.533,74	R\$ 494.134,67
Ano 14	R\$ 474.025,16	R\$ 246.482,93	R\$ 225.266,81	R\$ 1.219.871,00	R\$ 90.270,70	R\$ 288.804,44	R\$ 483.993,85
Ano 15	R\$ 497.726,42	R\$ 258.807,08	-R\$ 1.065.469,85	R\$ 154.401,15	-R\$ 399.965,85	-R\$ 111.161,41	-R\$ 1.065.469,85
Ano 16	R\$ 522.612,74	R\$ 271.747,43	R\$ 248.356,65	R\$ 402.757,80	R\$ 87.335,27	-R\$ 23.826,14	R\$ 464.332,27
Ano 17	R\$ 548.743,38	R\$ 285.334,80	R\$ 260.774,49	R\$ 663.532,29	R\$ 85.903,54	R\$ 62.077,40	R\$ 454.803,07
Ano 18	R\$ 576.180,55	R\$ 299.601,54	R\$ 273.813,21	R\$ 937.345,50	R\$ 84.495,29	R\$ 146.572,69	R\$ 445.469,42
Ano 19	R\$ 604.989,57	R\$ 314.581,62	R\$ 287.503,87	R\$ 1.224.849,37	R\$ 83.110,12	R\$ 229.682,81	R\$ 436.327,32
Ano 20	R\$ 635.239,05	R\$ 330.310,70	R\$ 301.879,07	R\$ 1.526.728,44	R\$ 81.747,66	R\$ 311.430,47	R\$ 427.372,85
Ano 21	R\$ 667.001,00	R\$ 346.826,24	R\$ 316.973,02	R\$ 1.843.701,46	R\$ 80.407,53	R\$ 391.838,00	R\$ 418.602,13
Ano 22	R\$ 700.351,05	R\$ 364.167,55	R\$ 332.821,67	R\$ 2.176.523,13	R\$ 79.089,38	R\$ 470.927,38	R\$ 410.011,42
Ano 23	R\$ 735.368,61	R\$ 382.375,93	R\$ 349.462,75	R\$ 2.525.985,88	R\$ 77.792,83	R\$ 548.720,21	R\$ 401.597,01
Ano 24	R\$ 772.137,04	R\$ 401.494,72	R\$ 366.935,89	R\$ 2.892.921,77	R\$ 76.517,54	R\$ 625.237,75	R\$ 393.355,28
Ano 25	R\$ 810.743,89	R\$ 421.569,46	R\$ 385.282,69	R\$ 3.278.204,46	R\$ 75.263,15	R\$ 700.500,90	R\$ 385.282,69

Fonte: (autoria própria, 2018).

Assim, os resultados obtidos são os mostrados na figura 34.

Figura 34 – Resultados Obtidos para o Cenário 2

Resultados	
VPL	R\$ 209.370,45
TIR	12,08%
Payback Simples	7 Anos e 11 Meses
Payback Descontado	10 Anos e 11 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 3.278.204,46
Montante acumulado após 25 anos com reinvestimentos em poupança com 7,2% a.a	R\$ 9.033.221,14
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 6.748.015,37

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os resultados são favoráveis. O valor encontrado para VPL é positivo, tornando o investimento viável à uma TMA de 10% a.a. A TIR de 12,08% mostra um retorno alto, quando

comparado aos outros cenários. Os *Paybacks* são considerados bons para investimentos em SFV. O montante acumulado após 25 anos é maior do que um investimento de poupança com retorno de 7,2% a.a.

4.3.5.3 CENÁRIO 3

O cenário 3 trata-se do orçamento provido pelo aplicativo de simulação de SFV da WEG, empresa do ramo de equipamentos elétricos, situada em Jaraguá do Sul - SC. Nesse cenário, para além dos pontos citados no Item 3.3.4, os dados considerados para análise financeira são os seguintes:

Figura 35 – Dados utilizados para simulação no Cenário 3.

CENÁRIO 3	
Investimento Inicial	R\$ 1.256.647,56
Potência DC Instalada	251,33 KWp
Reinvestimento após 15 anos	R\$ 1.257.000,00
Demanda contratada Fora Ponta sem SFV	67 KW
Demanda contratada Fora Ponta com SFV	252 KWp
Demanda contratada Ponta	28 KW

Fonte: (autoria própria, 2018).

O valor de custo anual encontrado após a inserção do SFV é o mostrado na figura 36.

Figura 36 - Custo anual de consumo com SFV para o Cenário 3

		Tarifa Base	Tarifa com impostos		Consumo	Custo (R\$)	Custo Anual (R\$)
Demanda (R\$/KW)	Ponta e Fora Ponta	21,6700000	33,6201547	X	28,0	11.296,372	112.963,7
	Ultrap.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	0,0	0,000	
	Ultrap.F.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	0,0	0,000	
	Ponta	840,3600000	1303,7855643	X	0,0	0,000	
Consumo (R\$/MWh)	F.Ponta	61,6700000	95,6785851	X	0,0	0,000	
	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	0,0	0,000	
Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Amarela	462,5700000	717,6592037	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	482,5700000	748,6884189	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	505,5700000	784,3720164	X	0,0	0,000	
	Bandeira Verde	282,6600000	438,5358984	X	0,0	0,000	
Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Amarela	292,6600000	454,0505060	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	312,6600000	485,0797212	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	332,6600000	516,1089364	X	0,0	0,000	

Fonte: (autoria própria 2018).

Com isso, é possível fazer a simulação financeira. O resultado obtido para o Cenário 3 é o mostrado na Figura 37.

Figura 37 – Análise Financeira para o Cenário 3.

Mês	Custo Consumo sem SFV (R\$)	Custo Consumo com SFV (R\$)	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado acumulado	Montante acumulado após reinvestimento e Ano 15
Ano 0	-	R\$ -	-R\$ 1.256.647,56	-R\$ 1.256.647,56	-R\$ 1.256.647,56	-R\$ 1.256.647,56	-R\$ 1.256.647,56
Ano 1	R\$ 251.385,66	R\$ 112.963,72	R\$ 137.037,72	-R\$ 1.119.609,84	R\$ 128.372,58	-R\$ 1.128.274,98	R\$ 362.716,35
Ano 2	R\$ 263.954,95	R\$ 118.611,91	R\$ 143.889,61	-R\$ 975.720,22	R\$ 126.268,11	-R\$ 1.002.006,88	R\$ 380.852,17
Ano 3	R\$ 277.152,69	R\$ 124.542,50	R\$ 151.084,09	-R\$ 824.636,13	R\$ 124.198,14	-R\$ 877.808,74	R\$ 399.894,78
Ano 4	R\$ 291.010,33	R\$ 130.769,63	R\$ 158.638,30	-R\$ 665.997,84	R\$ 122.162,10	-R\$ 755.646,64	R\$ 840.911,02
Ano 5	R\$ 305.560,85	R\$ 137.308,11	R\$ 166.570,21	-R\$ 499.427,63	R\$ 120.159,45	-R\$ 635.487,19	R\$ 669.103,10
Ano 6	R\$ 320.838,89	R\$ 144.173,51	R\$ 174.898,72	-R\$ 324.528,91	R\$ 118.189,62	-R\$ 517.297,57	R\$ 655.371,51
Ano 7	R\$ 336.880,83	R\$ 151.382,19	R\$ 183.643,66	-R\$ 140.885,25	R\$ 116.252,08	-R\$ 401.045,49	R\$ 641.921,72
Ano 8	R\$ 353.724,87	R\$ 158.951,30	R\$ 192.825,84	R\$ 51.940,59	R\$ 114.346,31	-R\$ 286.699,17	R\$ 628.747,95
Ano 9	R\$ 371.411,12	R\$ 166.898,86	R\$ 202.467,13	R\$ 254.407,72	R\$ 112.471,78	-R\$ 174.227,39	R\$ 615.844,54
Ano 10	R\$ 389.981,67	R\$ 175.243,81	R\$ 212.590,49	R\$ 466.998,21	R\$ 110.627,98	-R\$ 63.599,41	R\$ 603.205,94
Ano 11	R\$ 409.480,76	R\$ 184.006,00	R\$ 223.220,01	R\$ 690.218,23	R\$ 108.814,41	R\$ 45.215,00	R\$ 590.826,72
Ano 12	R\$ 429.954,79	R\$ 193.206,30	R\$ 234.381,01	R\$ 924.599,24	R\$ 107.030,57	R\$ 152.245,57	R\$ 578.701,54
Ano 13	R\$ 451.452,53	R\$ 202.866,61	R\$ 246.100,06	R\$ 1.170.699,31	R\$ 105.275,97	R\$ 257.521,53	R\$ 566.825,20
Ano 14	R\$ 474.025,16	R\$ 213.009,94	R\$ 258.405,07	R\$ 1.429.104,37	R\$ 103.550,13	R\$ 361.071,67	R\$ 555.192,60
Ano 15	R\$ 497.726,42	R\$ 223.660,44	-R\$ 985.674,68	R\$ 443.429,69	-R\$ 370.011,60	-R\$ 8.939,94	-R\$ 985.674,68
Ano 16	R\$ 522.612,74	R\$ 234.843,46	R\$ 284.891,59	R\$ 728.321,28	R\$ 100.182,87	R\$ 91.242,94	R\$ 532.638,67
Ano 17	R\$ 548.743,38	R\$ 246.585,63	R\$ 299.136,17	R\$ 1.027.457,45	R\$ 98.540,53	R\$ 189.783,47	R\$ 521.707,65
Ano 18	R\$ 576.180,55	R\$ 258.914,91	R\$ 314.092,97	R\$ 1.341.550,42	R\$ 96.925,11	R\$ 286.708,58	R\$ 511.000,97
Ano 19	R\$ 604.989,57	R\$ 271.860,66	R\$ 329.797,62	R\$ 1.671.348,05	R\$ 95.336,18	R\$ 382.044,76	R\$ 500.514,01
Ano 20	R\$ 635.239,05	R\$ 285.453,69	R\$ 346.287,50	R\$ 2.017.635,55	R\$ 93.773,29	R\$ 475.818,05	R\$ 490.242,26
Ano 21	R\$ 667.001,00	R\$ 299.726,38	R\$ 363.601,88	R\$ 2.381.237,43	R\$ 92.236,02	R\$ 568.054,07	R\$ 480.181,32
Ano 22	R\$ 700.351,05	R\$ 314.712,70	R\$ 381.781,97	R\$ 2.763.019,41	R\$ 90.723,96	R\$ 658.778,02	R\$ 470.326,85
Ano 23	R\$ 735.368,61	R\$ 330.448,33	R\$ 400.871,07	R\$ 3.163.890,48	R\$ 89.236,68	R\$ 748.014,70	R\$ 460.674,62
Ano 24	R\$ 772.137,04	R\$ 346.970,75	R\$ 420.914,63	R\$ 3.584.805,11	R\$ 87.773,78	R\$ 835.788,48	R\$ 451.220,48
Ano 25	R\$ 810.743,89	R\$ 364.319,29	R\$ 441.960,36	R\$ 4.026.765,46	R\$ 86.334,87	R\$ 922.123,35	R\$ 441.960,36

Fonte: (autoria própria, 2018).

Assim, os resultados obtidos forma os mostrados na figura 38.

Figura 38 – Resultados Obtidos para o Cenário 3.

Resultados	
VPL	R\$ 326.576,51
TIR	12,81%
Payback Simples	7 Anos e 9 Meses
Payback Descontado	10 Anos e 8 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 4.026.765,46
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 10.708.260,08
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 7.562.091,98

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os resultados são favoráveis. O valor encontrado para VPL é positivo, tornando o investimento viável à uma TMA de 10% a.a. A TIR de 12,81% mostra um retorno alto, quando comparado aos outros cenários. Os *Paybacks* são considerados bons para investimentos em SFV. O montante acumulado após 25 anos é maior do que um investimento de poupança com retorno de 7,2% a.a.

4.3.5.4 CENÁRIO 4

O cenário 4 também foi orçado através do aplicativo da WEG. Nesse cenário, para além dos pontos citados no Item 3.3.4, os dados considerados para análise financeira são os seguintes:

Figura 39 – Dados utilizados para simulação no Cenário 4.

CENÁRIO 4	
Investimento Inicial	R\$ 1.162.370,92
Potência DC Instalada	232,47 KWp
Reinvestimento após 15 anos	R\$ 1.162.500,00
Demanda contratada Fora Ponta sem SFV	67 KW
Demanda contratada Fora Ponta com SFV	233 KWp
Demanda contratada Ponta	28 KW

Fonte: (autoria própria, 2018).

O valor de custo anual encontrado após a inserção do SFV é o mostrado na figura 40.

Figura 40 - Custo anual de consumo com SFV

		Tarifa Base	Tarifa com impostos		Consumo	Custo (R\$)	Custo Anual (R\$)
Demanda (R\$/KW)	* Ponta	32,2800000	50,08115333	X	28,0	16.827,268	175.888,75
	* Fora Ponta	21,6700000	33,62015467	X	233,0	94.001,952	
	* Ultrap.Ponta	64,5600000	100,1623067	X	0,0	0,000	
	* Ultrap.F.Ponta	43,3400000	67,24030934	X	0,0	0,000	
Consumo (R\$/MWh)		61,6700000	95,67858507	X	17,0	19.531,064	
Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	4,8791	10.277,509	
	Bandeira Amarela	462,5700000	717,6592037	X	4,1441	8.922,102	
	Bandeira Vermelha 1	482,5700000	748,6884189	X	1,5752	1.179,307	
	Bandeira Vermelha 2	505,5700000	784,3720164	X	6,4127	25.149,552	
Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	0,000	0,000	
	Bandeira Amarela	292,6600000	454,050506	X	0,0000	0,000	
	Bandeira Vermelha 1	312,6600000	485,0797212	X	0,0000	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	332,6600000	516,1089364	X	0,0000	0,000	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Utilizou-se o valor de consumo de cada bandeira conforme a coluna 4 do quadro 3. Com isso, é possível fazer a simulação financeira. O resultado obtido para o Cenário 4 é o mostrado na figura 41.

Figura 41 – Análise Financeira para o Cenário 4.

Mês	Custo Consumo sem SFV (R\$)	Custo Consumo com SFV (R\$)	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado acumulado	Montante acumulado após reinvestimento e Ano 15
Ano 0	-	-	-R\$ 1.162.370,92	-R\$ 1.162.370,92	-R\$ 1.162.370,92	-R\$ 1.162.370,92	-R\$ 1.162.370,92
Ano 1	R\$ 251.385,66	R\$ 125.065,90	R\$ 125.056,57	-R\$ 1.037.314,35	R\$ 117.149,01	-R\$ 1.045.221,91	R\$ 331.004,20
Ano 2	R\$ 263.954,95	R\$ 131.319,19	R\$ 131.309,40	-R\$ 906.004,95	R\$ 115.228,54	-R\$ 929.993,37	R\$ 347.554,41
Ano 3	R\$ 277.152,69	R\$ 137.885,15	R\$ 137.874,87	-R\$ 768.130,08	R\$ 113.339,54	-R\$ 816.653,83	R\$ 364.932,13
Ano 4	R\$ 291.010,33	R\$ 144.779,41	R\$ 144.768,61	-R\$ 623.361,47	R\$ 111.481,52	-R\$ 705.172,31	R\$ 751.991,48
Ano 5	R\$ 305.560,85	R\$ 152.018,38	R\$ 152.007,04	-R\$ 471.354,43	R\$ 109.653,95	-R\$ 595.518,36	R\$ 610.603,68
Ano 6	R\$ 320.838,89	R\$ 159.619,30	R\$ 159.607,39	-R\$ 311.747,04	R\$ 107.856,35	-R\$ 487.662,01	R\$ 598.072,63
Ano 7	R\$ 336.880,83	R\$ 167.600,26	R\$ 167.587,76	-R\$ 144.159,27	R\$ 106.088,21	-R\$ 381.573,80	R\$ 585.798,75
Ano 8	R\$ 353.724,87	R\$ 175.980,28	R\$ 175.967,15	R\$ 31.807,88	R\$ 104.349,06	-R\$ 277.224,74	R\$ 573.776,76
Ano 9	R\$ 371.411,12	R\$ 184.779,29	R\$ 184.765,51	R\$ 216.573,39	R\$ 102.638,42	-R\$ 174.586,33	R\$ 562.001,49
Ano 10	R\$ 389.981,67	R\$ 194.018,25	R\$ 194.003,78	R\$ 410.577,17	R\$ 100.955,82	-R\$ 73.630,51	R\$ 550.467,88
Ano 11	R\$ 409.480,76	R\$ 203.719,17	R\$ 203.703,97	R\$ 614.281,15	R\$ 99.300,81	R\$ 25.670,30	R\$ 539.170,97
Ano 12	R\$ 429.954,79	R\$ 213.905,13	R\$ 213.889,17	R\$ 828.170,32	R\$ 97.672,93	R\$ 123.343,23	R\$ 528.105,89
Ano 13	R\$ 451.452,53	R\$ 224.600,38	R\$ 224.583,63	R\$ 1.052.753,95	R\$ 96.071,73	R\$ 219.414,96	R\$ 517.267,90
Ano 14	R\$ 474.025,16	R\$ 235.830,40	R\$ 235.812,81	R\$ 1.288.566,76	R\$ 94.496,78	R\$ 313.911,74	R\$ 506.652,32
Ano 15	R\$ 497.726,42	R\$ 247.621,92	-R\$ 914.896,55	R\$ 373.670,22	-R\$ 343.442,26	-R\$ 29.530,52	-R\$ 914.896,55
Ano 16	R\$ 522.612,74	R\$ 260.003,02	R\$ 259.983,63	R\$ 633.653,85	R\$ 91.423,92	R\$ 61.893,41	R\$ 486.070,28
Ano 17	R\$ 548.743,38	R\$ 273.003,17	R\$ 272.982,81	R\$ 906.636,65	R\$ 89.925,17	R\$ 151.818,58	R\$ 476.094,95
Ano 18	R\$ 576.180,55	R\$ 286.653,33	R\$ 286.631,95	R\$ 1.193.268,60	R\$ 88.450,99	R\$ 240.269,57	R\$ 466.324,35
Ano 19	R\$ 604.989,57	R\$ 300.985,99	R\$ 300.963,55	R\$ 1.494.232,15	R\$ 87.000,97	R\$ 327.270,54	R\$ 456.754,26
Ano 20	R\$ 635.239,05	R\$ 316.035,29	R\$ 316.011,72	R\$ 1.810.243,87	R\$ 85.574,73	R\$ 412.845,26	R\$ 447.380,57
Ano 21	R\$ 667.001,00	R\$ 331.837,06	R\$ 331.812,31	R\$ 2.142.056,18	R\$ 84.171,86	R\$ 497.017,13	R\$ 438.199,25
Ano 22	R\$ 700.351,05	R\$ 348.428,91	R\$ 348.402,92	R\$ 2.490.459,10	R\$ 82.792,00	R\$ 579.809,12	R\$ 429.206,36
Ano 23	R\$ 735.368,61	R\$ 365.850,35	R\$ 365.823,07	R\$ 2.856.282,17	R\$ 81.434,75	R\$ 661.243,87	R\$ 420.398,02
Ano 24	R\$ 772.137,04	R\$ 384.142,87	R\$ 384.114,22	R\$ 3.240.396,40	R\$ 80.099,75	R\$ 741.343,63	R\$ 411.770,45
Ano 25	R\$ 810.743,89	R\$ 403.350,02	R\$ 403.319,94	R\$ 3.643.716,33	R\$ 78.786,64	R\$ 820.130,27	R\$ 403.319,94

Fonte: (autoria própria, 2018).

Assim, os resultados obtidos são os mostrados na figura 42.

Figura 42 – Resultados Obtidos para o Cenário 4.

Resultados	
VPL	R\$ 278.746,08
TIR	12,60%
Payback Simples	7 Anos e 10 Meses
Payback Descontado	10 Anos e 9 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 3.643.716,33
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 9.725.651,46
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 6.994.208,67

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os resultados são pouco favoráveis. VPL é positivo, logo o investimento é viável à uma TMA de 10% a.a. A TIR de 12,60% é boa, considerando os outros cenários e investimentos de

mercado. Os *Paybacks* são relativamente demorados, mostrando que o investimento não é muito bom.

4.3.5.5 CENÁRIO 5

O cenário 5 trata-se do orçamento provido pelo Portal Solar. O mesmo retorna o valor médio de um orçamento, considerando a região do país e o tamanho do SFV. A simulação executada no site é mostrada na figura 43.

Figura 43 - Simulação do SFV feita através do Portal Solar.

Simulador Solar
 Descubra rapidamente qual é o tamanho do sistema fotovoltaico que sua propriedade precisa e o valor das parcelas caso você queira financiar o seu gerador de energia solar.

Estado*

Cidade mais próxima*

Consumo mensal em kWh*
 ?

[SIMULAR MEU GERADOR](#)

Seu Gerador de Energia Solar

PREÇO
 Preço médio praticado pelo mercado (Saiba Mais)
R\$877.680,00

ESPECIFICAÇÕES			
potência instalada	área mínima necessária	Peso Médio	quantidade de painéis
285,12 kWp	2280,96 m ²	16 kg/m ²	864 de 330 Watts

Fonte: (Portal Solar, 2018).

Nesse cenário, para além dos pontos citados no Item 3.3.4 e na figura 43, os dados considerados para análise financeira são os seguintes:

Figura 44 – Dados utilizados para simulação no Cenário 5.

CENÁRIO 5	
Investimento Inicial	R\$ 877.680,00
Potência DC Instalada	285,12 KWp
Reinvestimento após 15 anos	R\$ 1.296.000,00
Demanda contratada Fora Ponta sem SFV	67 KW
Demanda contratada Fora Ponta com SFV	286 KWp
Demanda contratada Ponta	28 KW

Fonte: (autoria própria, 2018).

O valor de custo anual encontrado após a inserção do SFV é o mostrado na figura 45.

Figura 45 -Custo anual de consumo com SFV para o Cenário 5.

		Tarifa Base	Tarifa com impostos		Consumo	Custo (R\$)	Custo Anual (R\$)
Demanda (R\$/KW)	Ponta e Fora Ponta	21,6700000	33,6201547	X	28,0	11.296,372	126.680,7
	Ultrap.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	286,0	115.384,371	
	Ultrap.F.Ponta	43,3400000	67,2403093	X	0,0	0,000	
Consumo (R\$/MWh)	Ponta	840,3600000	1303,7855643	X	0,0	0,000	
	F.Ponta	61,6700000	95,6785851	X	0,0	0,000	
Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	462,5700000	717,6592037	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	482,5700000	748,6884189	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	505,5700000	784,3720164	X	0,0	0,000	
Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	282,6600000	438,5358984	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	292,6600000	454,0505060	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha	312,6600000	485,0797212	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	332,6600000	516,1089364	X	0,0	0,000	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Com isso, é possível fazer a simulação financeira. O resultado obtido para o Cenário 5 é o mostrado na figura 46.

Figura 46 – Análise Financeira para o Cenário 5.

Mês	Custo Consumo sem SFV (R\$)	Custo Consumo com SFV (R\$)	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado acumulado	Montante acumulado após reinvestimento e Ano 15
Ano 0	-	-	-R\$ 877.680,00	-R\$ 877.680,00	-R\$ 877.680,00	-R\$ 877.680,00	-R\$ 877.680,00
Ano 1	R\$ 251.385,66	R\$ 126.680,74	R\$ 123.457,87	-R\$ 754.222,13	R\$ 115.651,40	-R\$ 762.028,60	R\$ 326.772,71
Ano 2	R\$ 263.954,95	R\$ 133.014,78	R\$ 129.630,77	-R\$ 624.591,36	R\$ 113.755,48	-R\$ 648.273,12	R\$ 343.111,35
Ano 3	R\$ 277.152,69	R\$ 139.665,52	R\$ 136.112,30	-R\$ 488.479,06	R\$ 111.890,63	-R\$ 536.382,49	R\$ 360.266,91
Ano 4	R\$ 291.010,33	R\$ 146.648,79	R\$ 142.917,92	-R\$ 345.561,14	R\$ 110.056,36	-R\$ 426.326,13	R\$ 378.280,26
Ano 5	R\$ 305.560,85	R\$ 153.981,23	R\$ 150.063,81	-R\$ 195.497,33	R\$ 108.252,16	-R\$ 318.073,97	R\$ 959.667,21
Ano 6	R\$ 320.838,89	R\$ 161.680,30	R\$ 157.567,01	-R\$ 37.930,32	R\$ 106.477,53	-R\$ 211.596,44	R\$ 590.426,99
Ano 7	R\$ 336.880,83	R\$ 169.764,31	R\$ 165.445,36	R\$ 127.515,04	R\$ 104.732,00	-R\$ 106.864,44	R\$ 578.310,02
Ano 8	R\$ 353.724,87	R\$ 178.252,53	R\$ 173.717,62	R\$ 301.232,66	R\$ 103.015,08	-R\$ 3.849,35	R\$ 566.441,72
Ano 9	R\$ 371.411,12	R\$ 187.165,15	R\$ 182.403,50	R\$ 483.636,16	R\$ 101.326,31	R\$ 97.476,96	R\$ 554.816,98
Ano 10	R\$ 389.981,67	R\$ 196.523,41	R\$ 191.523,68	R\$ 675.159,84	R\$ 99.665,22	R\$ 197.142,18	R\$ 543.430,81
Ano 11	R\$ 409.480,76	R\$ 206.349,58	R\$ 201.099,86	R\$ 876.259,71	R\$ 98.031,37	R\$ 295.173,54	R\$ 532.278,31
Ano 12	R\$ 429.954,79	R\$ 216.667,06	R\$ 211.154,86	R\$ 1.087.414,56	R\$ 96.424,29	R\$ 391.597,84	R\$ 521.354,69
Ano 13	R\$ 451.452,53	R\$ 227.500,41	R\$ 221.712,60	R\$ 1.309.127,16	R\$ 94.843,57	R\$ 486.441,41	R\$ 510.655,25
Ano 14	R\$ 474.025,16	R\$ 238.875,43	R\$ 232.798,23	R\$ 1.541.925,39	R\$ 93.288,76	R\$ 579.730,16	R\$ 500.175,38
Ano 15	R\$ 497.726,42	R\$ 250.819,21	-R\$ 1.051.561,86	R\$ 490.363,54	-R\$ 394.744,94	R\$ 184.985,23	-R\$ 1.051.561,86
Ano 16	R\$ 522.612,74	R\$ 263.360,17	R\$ 256.660,05	R\$ 747.023,58	R\$ 90.255,18	R\$ 275.240,40	R\$ 479.856,45
Ano 17	R\$ 548.743,38	R\$ 276.528,17	R\$ 269.493,05	R\$ 1.016.516,63	R\$ 88.775,59	R\$ 364.015,99	R\$ 470.008,65
Ano 18	R\$ 576.180,55	R\$ 290.354,58	R\$ 282.967,70	R\$ 1.299.484,34	R\$ 87.320,25	R\$ 451.336,24	R\$ 460.362,95
Ano 19	R\$ 604.989,57	R\$ 304.872,31	R\$ 297.116,09	R\$ 1.596.600,43	R\$ 85.888,77	R\$ 537.225,01	R\$ 450.915,21
Ano 20	R\$ 635.239,05	R\$ 320.115,93	R\$ 311.971,89	R\$ 1.908.572,32	R\$ 84.480,76	R\$ 621.705,76	R\$ 441.661,35
Ano 21	R\$ 667.001,00	R\$ 336.121,72	R\$ 327.570,49	R\$ 2.236.142,81	R\$ 83.095,83	R\$ 704.801,59	R\$ 432.597,40
Ano 22	R\$ 700.351,05	R\$ 352.927,81	R\$ 343.949,01	R\$ 2.580.091,82	R\$ 81.733,60	R\$ 786.535,19	R\$ 423.719,47
Ano 23	R\$ 735.368,61	R\$ 370.574,20	R\$ 361.146,46	R\$ 2.941.238,28	R\$ 80.393,70	R\$ 866.928,89	R\$ 415.023,74
Ano 24	R\$ 772.137,04	R\$ 389.102,91	R\$ 379.203,79	R\$ 3.320.442,07	R\$ 79.075,77	R\$ 946.004,67	R\$ 406.506,46
Ano 25	R\$ 810.743,89	R\$ 408.558,06	R\$ 398.163,98	R\$ 3.718.606,04	R\$ 77.779,45	R\$ 1.023.784,12	R\$ 398.163,98

Fonte: (autoria própria, 2018).

Assim, os resultados obtidos forma os mostrados na figura 47.

Figura 47 – Resultados Obtidos para o Cenário 5.

Resultados	
VPL	R\$ 509.497,57
TIR	16,22%
Payback Simples	6 Anos e 3 Meses
Payback Descontado	8 Anos e 1 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 3.718.606,04
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 9.715.562,40
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 5.281.167,66

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os resultados são favoráveis. O valor encontrado para VPL é positivo, tornando o investimento viável à uma TMA de 10% a.a. A TIR de 16,22% mostra um retorno alto, quando

comparado aos outros cenários. Os *Paybacks* são considerados bons para investimentos em SFV.

4.3.5.6 CENÁRIO 6

O cenário 6 foi obtido também através do Portal Solar. Essa segunda simulação executada no site é mostrada na figura 48.

Figura 48 - Simulação do SFV feita através do Portal Solar.

Simulador Solar
 Descubra rapidamente qual é o tamanho do sistema fotovoltaico que sua propriedade precisa e o valor das parcelas caso você queira financiar o seu gerador de energia solar.

Estado:† Cidade mais próxima:†

Consumo mensal em kWh:† SIMULAR MEU GERADOR

Seu Gerador de Energia Solar

PREÇO
 Preço médio praticado pelo mercado (Saiba Mais)
R\$721.690,00

ESPECIFICAÇÕES			
potência instalada	área mínima necessária	Peso Médio	quantidade de painéis
237,60 kWp	1900,80 m ²	16 kg/m ²	720 de 330 Watts

Fonte: (Portal Solar, 2018).

Nesse cenário, para além dos pontos citados no Item 3.3.4 e na figura 48, os dados considerados para análise financeira são os seguintes:

Figura 49 – Dados utilizados para simulação no Cenário 6.

CENÁRIO 6	
Investimento Inicial	R\$ 721.690,00
Potência DC Instalada	237,6 KWp
Reinvestimento após 15 anos	R\$ 1.080.000,00
Demanda contratada Fora Ponta sem SFV	67 KW
Demanda contratada Fora Ponta com SFV	238 KWp
Demanda contratada Ponta	28 KW

Fonte: (autoria própria, 2018).

O valor de custo anual encontrado após a inserção do SFV é o mostrado na figura 50.

Figura 50 -Custo anual de consumo com SFV para o cenário 6

		Tarifa Base	Tarifa com impostos		Consumo	Custo (R\$)	Custo Anual (R\$)
Demanda (R\$/KW)	* Ponta	32,2800000	50,08115333	X	28,0	16.827,268	127.083,11
	* Fora Ponta	21,6700000	33,62015467	X	238,0	96.019,162	
	* Ultrap.Ponta	64,5600000	100,1623067	X	0,0	0,000	
	* Ultrap.F.Ponta	43,3400000	67,24030934	X	0,0	0,000	
Consumo (R\$/MWh)		61,6700000	95,67858507	X	17,0	1.627,589	
Consumo Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	4,8791	3.425,836	
	Bandeira Amarela	462,5700000	717,6592037	X	4,1441	2.974,034	
	Bandeira Vermelha 1	482,5700000	748,6884189	X	1,5752	1.179,307	
	Bandeira Vermelha 2	505,5700000	784,3720164	X	6,4127	5.029,910	
Consumo F.Ponta (R\$/MWh)	Bandeira Verde	452,5700000	702,1445961	X	0,0	0,000	
	Bandeira Amarela	292,6600000	454,050506	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 1	312,6600000	485,0797212	X	0,0	0,000	
	Bandeira Vermelha 2	332,6600000	516,1089364	X	0,0	0,000	

Fonte: (autoria própria, 2018).

Com isso, é possível fazer a simulação financeira. O resultado obtido para o Cenário 6 é o mostrado na figura 51.

Figura 51 – Análise Financeira para o Cenário 6.

Mês	Custo Consumo sem SFV (R\$)	Custo Consumo com SFV (R\$)	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado acumulado	Montante acumulado após reinvestimento e Ano 15
Ano 0	-	-	-R\$ 721.690,00	-R\$ 721.690,00	-R\$ 721.690,00	-R\$ 721.690,00	-R\$ 721.690,00
Ano 1	R\$ 251.385,66	R\$ 127.083,11	R\$ 123.059,53	-R\$ 598.630,47	R\$ 115.278,25	-R\$ 606.411,75	R\$ 325.718,37
Ano 2	R\$ 263.954,95	R\$ 133.437,26	R\$ 129.212,51	-R\$ 469.417,96	R\$ 113.388,44	-R\$ 493.023,31	R\$ 342.004,29
Ano 3	R\$ 277.152,69	R\$ 140.109,12	R\$ 135.673,13	-R\$ 333.744,82	R\$ 111.529,62	-R\$ 381.493,69	R\$ 359.104,51
Ano 4	R\$ 291.010,33	R\$ 147.114,58	R\$ 142.456,79	-R\$ 191.288,03	R\$ 109.701,26	-R\$ 271.792,43	R\$ 803.918,83
Ano 5	R\$ 305.560,85	R\$ 154.470,31	R\$ 149.579,63	-R\$ 41.708,40	R\$ 107.902,88	-R\$ 163.889,55	R\$ 600.852,90
Ano 6	R\$ 320.838,89	R\$ 162.193,82	R\$ 157.058,61	R\$ 115.350,21	R\$ 106.133,98	-R\$ 57.755,57	R\$ 475.852,49
Ano 7	R\$ 336.880,83	R\$ 170.303,52	R\$ 164.911,54	R\$ 280.261,75	R\$ 104.394,08	R\$ 46.638,51	R\$ 576.444,09
Ano 8	R\$ 353.724,87	R\$ 178.818,69	R\$ 173.157,12	R\$ 453.418,87	R\$ 102.682,70	R\$ 149.321,21	R\$ 564.614,08
Ano 9	R\$ 371.411,12	R\$ 187.759,63	R\$ 181.814,98	R\$ 635.233,85	R\$ 100.999,38	R\$ 250.320,59	R\$ 553.026,85
Ano 10	R\$ 389.981,67	R\$ 197.147,61	R\$ 190.905,72	R\$ 826.139,57	R\$ 99.343,65	R\$ 349.664,24	R\$ 541.677,42
Ano 11	R\$ 409.480,76	R\$ 207.004,99	R\$ 200.451,01	R\$ 1.026.590,58	R\$ 97.715,07	R\$ 447.379,31	R\$ 530.560,91
Ano 12	R\$ 429.954,79	R\$ 217.355,24	R\$ 210.473,56	R\$ 1.237.064,15	R\$ 96.113,18	R\$ 543.492,49	R\$ 519.672,53
Ano 13	R\$ 451.452,53	R\$ 228.223,00	R\$ 220.997,24	R\$ 1.458.061,39	R\$ 94.537,55	R\$ 638.030,04	R\$ 509.007,61
Ano 14	R\$ 474.025,16	R\$ 239.634,15	R\$ 232.047,10	R\$ 1.690.108,49	R\$ 92.987,76	R\$ 731.017,80	R\$ 498.561,56
Ano 15	R\$ 497.726,42	R\$ 251.615,86	-R\$ 836.350,54	R\$ 853.757,94	-R\$ 313.956,94	R\$ 417.060,86	-R\$ 836.350,54
Ano 16	R\$ 522.612,74	R\$ 264.196,65	R\$ 255.831,93	R\$ 1.109.589,87	R\$ 89.963,97	R\$ 507.024,83	R\$ 478.308,19
Ano 17	R\$ 548.743,38	R\$ 277.406,48	R\$ 268.623,53	R\$ 1.378.213,40	R\$ 88.489,15	R\$ 595.513,98	R\$ 468.492,16
Ano 18	R\$ 576.180,55	R\$ 291.276,81	R\$ 282.054,70	R\$ 1.660.268,10	R\$ 87.038,51	R\$ 682.552,49	R\$ 458.877,58
Ano 19	R\$ 604.989,57	R\$ 305.840,65	R\$ 296.157,44	R\$ 1.956.425,54	R\$ 85.611,65	R\$ 768.164,13	R\$ 449.460,32
Ano 20	R\$ 635.239,05	R\$ 321.132,68	R\$ 310.965,31	R\$ 2.267.390,85	R\$ 84.208,18	R\$ 852.372,31	R\$ 440.236,32
Ano 21	R\$ 667.001,00	R\$ 337.189,31	R\$ 326.513,57	R\$ 2.593.904,42	R\$ 82.827,72	R\$ 935.200,03	R\$ 431.201,62
Ano 22	R\$ 700.351,05	R\$ 354.048,78	R\$ 342.839,25	R\$ 2.936.743,68	R\$ 81.469,88	R\$ 1.016.669,91	R\$ 422.352,33
Ano 23	R\$ 735.368,61	R\$ 371.751,22	R\$ 359.981,22	R\$ 3.296.724,89	R\$ 80.134,31	R\$ 1.096.804,22	R\$ 413.684,65
Ano 24	R\$ 772.137,04	R\$ 390.338,78	R\$ 377.980,28	R\$ 3.674.705,17	R\$ 78.820,64	R\$ 1.175.624,86	R\$ 405.194,86
Ano 25	R\$ 810.743,89	R\$ 409.855,72	R\$ 396.879,29	R\$ 4.071.584,46	R\$ 77.528,49	R\$ 1.253.153,35	R\$ 396.879,29

Fonte: (autoria própria, 2018).

Assim, os resultados obtidos são os mostrados na figura 52.

Figura 52 – Resultados Obtidos para o Cenário 6.

Resultados	
VPL	R\$ 711.719,46
TIR	19,99%
Payback Simples	5 Anos e 4 Meses
Payback Descontado	6 Anos e 7 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 4.071.584,46
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 10.007.663,22
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 4.342.544,58

Fonte: (autoria própria, 2018).

Os resultados são muito favoráveis. O valor encontrado para VPL é favorável é o maior dos cenários, tornando o investimento viável e indicado. A TIR de 19,99% é alta, mesmo quando comparada com investimentos de mercado. Os *Paybacks* são considerados muito bons

para investimentos em SFV. No capítulo 4 desse trabalho será comparado os resultados com investimentos de mercado.

4.3.5.7 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Além do que já foi citado em particular em cada cenário, esse tópico visa dar uma visão geral dos resultados obtidos. Para tal, a figura 53 mostra o resumo dos resultados obtidos.

Figura 53 – Resumo dos resultados obtidos para todos cenários.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Investimento Inicial	-R\$ 972.203,41	-R\$ 1.121.456,00	-R\$ 1.256.647,56	-R\$ 1.162.370,92	-R\$ 877.680,00	-R\$ 721.690,00
VPL	R\$ 473.247,97	R\$ 209.370,45	R\$ 326.576,51	R\$ 278.746,08	R\$ 509.497,57	R\$ 711.719,46
TIR	15,25%	12,08%	12,81%	12,60%	16,22%	19,99%
Payback Simples	6 Anos e 7 Meses	7 Anos e 11 Meses	7 Anos e 9 Meses	7 Anos e 10 Meses	6 Anos e 3 Meses	5 Anos e 4 Meses
Payback Descontado	8 Anos e 7 Meses	10 Anos e 11 Meses	10 Anos e 8 Meses	10 Anos e 9 Meses	8 Anos e 1 Meses	6 Anos e 7 Meses
Montante acumulado após 25 anos sem reinvestimentos	R\$ 3.815.975,05	R\$ 3.278.204,46	R\$ 4.026.765,46	R\$ 3.643.716,33	R\$ 3.718.606,04	R\$ 4.071.584,46
Montante acumulado após 25 anos com reinvestimentos em poupança com 7,2% a.a	R\$ 10.065.058,39	R\$ 9.033.221,14	R\$ 10.708.260,08	R\$ 9.725.651,46	R\$ 9.715.562,40	R\$ 10.007.663,22
Montante acumulado após 25 se investido em uma poupança com 7,2% a.a	R\$ 5.849.933,54	R\$ 6.748.015,37	R\$ 7.562.091,98	R\$ 6.994.208,67	R\$ 5.281.167,66	R\$ 4.342.544,58

Fonte: (autoria própria, 2018).

Primeiramente, visto que se trata de diferentes empresas já se esperava por orçamentos com investimentos iniciais diferentes. Isso se deve ao fato de cada uma das empresas possuir fornecedores e estimar situações climáticas diferentes.

Ao analisar o resultado de VPL percebemos que todos os cenários são viáveis a uma TMA de 10% a.a. Salienta-se que essa taxa deve ser definida pelo cliente, visto que ela define se o investimento é atrativo. Se considerado valores maiores que a TIR para atratividade o VPL daria negativo, mostrando que o investimento é inválido. Entretanto, podemos ver que em todos os cenários o $VPL > 0$, logo os investimentos são rentáveis.

A TIR define a rentabilidade de um investimento. Quando analisamos a TIR encontrada nesses cenários e a comparamos com outros investimentos, obteve-se os valores encontrados na figura 54.

Figura 54 – Valores encontrados nos cenários comparados com dois investimentos no de mercado.



Fonte: (autoria própria, 2018).

Pode-se perceber que quando comparados os dados de TIR encontrados com investimentos padrões de mercado, podemos obter valores mais palpáveis, visto que temos parâmetros de comparação para além dos encontrados nos cenários. Salienta-se que os dados de rendimento de uma poupança atual, foram baseados em 70% da Taxa SELIC + TR. A TR para o ano de 2018 de 0,0%. Dessa forma, todos os cenários são mais rentáveis e indicados que um investimento padrão, de rendimento fixo garantido, como a poupança. Já quando comparados com o rendimento anual obtido nos últimos 12 meses do Tesouro IPCA+ 2045 com juros semestrais, vemos que apenas os cenários 1, 5 e 6 são mais rentáveis. Ambos os dados foram obtidos do site do Tesouro Nacional.

Além disso, quando analisados os dados de montante acumulado, confirmam-se os dados mostrados na TIR quando comparados a um rendimento de 7,2% a.a. Todos os cenários possuem retornos maiores, e isso pode ser evidenciado quando comparamos os montantes acumulados do SFV após reinvestimentos com o da poupança a 7,2% a.a.

Dessa forma, quando comparado a rendimentos fixos de alta garantia, é preferível o investimento nos cenários 1, 5 e 6 a esses rendimentos. Após feito essas análises podemos passar para o fechamento desse trabalho. O próximo item trará os pontos positivos e negativos da metodologia utilizada e fará uma retomada dos passos desse trabalho.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho tinha como objetivo final o estudo da viabilidade financeira da implementação de um SFV a clientes do Grupo A4. Após a definição dos objetivos e resultados esperados, foi realizada uma revisão quanto aos conceitos que envolviam esse trabalho. Dentre esses, podemos destacar: os tipos de Sistema ligados ou não a rede; O impacto do material e da radiação solar nos módulos fotovoltaicos; as definições das classes de clientes, tarifa de energia e suas componentes, bandeira tarifárias e impostos vinculados a área; os conceitos de engenharia econômica, como VPL, TIR, TMA, *Payback* e, ainda, o entendimento da desvalorização do dinheiro no tempo.

Depois disso, definiu-se uma metodologia a ser seguida, para facilitar a escalabilidade desse trabalho. Foram etapas definidas conforme uma ordem cronológica que permitem adequar o melhor projeto, identificando a viabilidade ou não do mesmo através de indicadores pré-definidos.

Em seguida, foi realizado um estudo de caso, que incluía seis (6) cenários definidos através de orçamentos de mercado que partiram dos dados de consumo desse cliente. Após a análise de cada cenário, foi possível a identificação do melhor orçamento para a implementação do SFV.

Salienta-se que esse trabalho fez a análise financeira para a inserção de um SFV em um cliente do grupo A4 e como ponto positivo da metodologia utilizada salienta-se que a partir das ferramentas desenvolvidas, esse estudo pode ser replicado a qualquer cliente do grupo A desde que seja inserido os valores corretos conforme o grupo, modalidade tarifária, concessionária de energia atuante na região, TMA desejada, desconto de capital que deseja ser considerado e a taxa de retorno de capital pertinente. Como ponto negativo, percebe-se que devido ao grande número de variáveis a serem consideradas para a realização desse estudo é necessário um bom conhecimento na área para fazer do uso de valores corretos, visto que se não considerado valores adequados o resultado pode vir a fugir da realidade e mostrar um panorama incorreto.

REFERÊNCIAS

ABRADEE, **Visão Geral do Setor**. Disponível em: < <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 18 de jun. 2018

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

ANEEL: Chamada no 013/2011 Projeto Estratégico: “**Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira**”, agosto de 2011;

ANEEL, **Entendendo a Tarifa**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>>. Acesso em: 17 de jun. 2018

BIG ANEEL. **Big - Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

CALAZANS, A; KELLY, M; CHAUDHRY, G; SIDDIKY, M, K. *Economic Analysis of a photovoltaic system connected to the grid in Recife, Brazil. Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)* Jun. 2015. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7337615>>.

CASTRO, Rui M. G. **Introdução a Energia Fotovoltaica**. Disponível em: <http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf>. Acesso em: 08 de ago. 2018

CEEE, **Balanco Energético do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/Balanco_Energetico_RS_2015_base_2014_61962.pdf>. Acesso em: 1 de jun. 2018

CUBi energia. **As bandeiras tarifárias**. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/bandeiras-tarifarias-2018/>>. Acesso em: 09 de ago. 2018

DALL PAI, Marcel Hermano. **Projeto de um sistema de Energia Fotovoltaica conectado à Rede Elétrica no Banco Popular de Porto Rico – Unidade Hatillo**. Pág 28

DEMONTI, Rogers. **Processamento da Energia Elétrica proveniente de Módulos Fotovoltaicos**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84572/192007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 08 de ago. 2018

Fark Tecnologia, **Sistema Off-Grid**. Disponível em: <<https://fark.eng.br/off-grid/>>. Acesso em: 07 de jun. 2018

GOOGLE MAPS, **Frigorífico Silva**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Frigor%C3%ADfico+Silva/@-29.7817497,-53.7797078,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9503cb1382214c3b:0x2e1f02e4b83ffa4d!8m2!3d-29.7817544!4d-53.7775191>>. Acesso em 5 de jun. 2018.

IEA. **Word Energy Outlook**. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo2017>>. Acesso em: 22 mar. 2018

INPE. **Estação de São Martinho da Serra**. Disponível em: <<http://sonda.ccst.inpe.br/basedados/saomartinho.html>>. Acesso em: 1 maio. 2018.

JIANG, S. et. Al. *Distributed Photovoltaic Generation in the Electricity Market: Status, Mode and Strategy*. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, Vol. 4, No. 3, Sep. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8468664>>.

FARRET, F.A; Simões M.G. *Photovoltaic Power Plants, Integration of Alternative Sources of Energy*. Wiley IEEE Press, 2006, pp 129-158.

LUCCA, Tiago Guterres. **Análise da Viabilidade Técnica e Econômica para a Inserção de Módulos Fotovoltaicos em uma Microrrede Particular**. 96 pág

Minha Casa Solar, **Sistema On-Grid**. Disponível em: <<http://www.minhacasasolar.blog.br/2018/04/04/saiba-como-armazenar-energia-solar/>>.

Acesso em: 07 de jun. 2018

NANSEN. **Detalhamento do produto**. Disponível em: <<http://www.nansen.com.br/vector-2,1,17>>. Acesso em: 09 de ago. 2018

NASCIMENTO, Rodrigo Lima. **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Disponível em: <[file:///C:/Users/Rudieri/Downloads/energia_solar_limp%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Rudieri/Downloads/energia_solar_limp%20(1).pdf)>.

Nota Técnica EPE: **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira** maio de 2012;

Portal Solar, **Simulador Solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar/iframe#>>.

RECICLOTECA. **Fontes de Energia Alternativa: Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/noticias/fontes-de-energia-alternativa-energia-solar/>>. Acesso em: 08 de ago. 2018.

REN 482. **Resolução Normativa nº 482**. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018

REN 547. **Resolução Normativa nº 547**. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013547.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018

SREEDEVI, J; ASHWIN, N; RAJU, M. N. *A study on grid connected PV system*.
National Power Systems Conference (NPSC). Dez. 2016. Disponível em:
<<https://ieeexplore.ieee.org/document/7858870>>.

SOUZA, A.C; MELO, F.C; MACEDO, J.R. **Modelagem computacional de módulos fotovoltaicos**. Dez 2015.