

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MARCEL DA CRUZ STALTER

**ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS DE
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA**

Alegrete
2019

MARCEL DA CRUZ STALTER

**ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS DE
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA**

**Monografia apresentada ao curso de
Especialização em Engenharia
Econômica, da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Especialista em
Engenharia Econômica**

**Orientador: Dr. Fladimir Fernandes
dos Santos**

**Alegrete
2019**

MARCEL DA CRUZ STALTER

ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS DE
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA

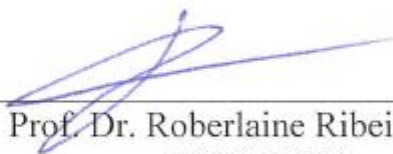
Monografia apresentada ao curso de Especialização em Engenharia Econômica, da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Especialista em Engenharia Econômica.

Apresentação da Monografia aprovado em: 22 de março de 2019.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge
UNIPAMPA



Prof. Me. Thiago Eliandro de Oliveira Gomes
UNIPAMPA

Dedico esse trabalho a toda minha família e amigos,
os quais me apoiaram, incentivaram e deram força
para a conclusão do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, aos meus pais João Carlos e Fátima pelo apoio, suporte e paciência durante esta etapa da minha vida.

A meus irmãos Guilherme e Thaís, os quais sempre demonstraram seu apoio, com quem pude compartilhar alegrias e tristezas.

Aos meus avós, José, Jandira e Wanda (in memoriam), por todo o apoio e incentivo durante minha jornada de estudos.

Em especial, a pessoa qual contribuiu para a realização desse trabalho, meu orientador e amigo Fladimir dos Santos, pois sem sua paciência e dedicação não seria possível à realização do presente trabalho. A todo corpo docente da Programa de Pósgraduação em Engenharia Econômica da UNIPAMPA por todo o conhecimento transmitido durante os anos de especialização.

Agraço a toda a turma da toca do grêmio que além de me acompanhar durante o caminho para a realização desse trabalho, quais também me acompanharam nos títulos conquistados pelo nosso grêmio durante o período da realização deste mesmo trabalho. Em especial aos amigos Arian Fagundes, Alex Itczak e Davi Bevilaqua.

Agradeço a todos aqueles que, de maneiras diretas e indiretas, demonstraram seu apoio.

"A mente que se abre para alguma coisa nova,
nunca mais será a mesma."
(Albert Einstein)

RESUMO

Atualmente, uma das alternativas energéticas mais promissoras para geração de energia é o aproveitamento da energia gerada pelo sol, a qual é limpa, renovável e abundante. Gerada através de painéis fotovoltaicos, a produção de energia solar no Brasil tem como principal barreira o custo econômico, pois seu custo é superior ao gerado pelas fontes convencionais (principalmente hidrelétricas). Mesmo assim, possui potencial para competir em produtividade e rentabilidade, devido aos aumentos constantes na tarifa de energia elétrica. Sendo assim, esse trabalho analisa dois estudos de casos para um único consumidor, ou seja, um consumidor com dois diferentes perfis de consumo, um ponto residencial e um ponto comercial (restaurante). Onde são analisadas a viabilidade técnica e econômica para geração de energia fotovoltaica em uma residência e um ponto comercial, com objetivo de definir qual perfil consumidor (residencial ou comercial) possui o melhor custo-benefício para a realização de um investimento. O estudo visa a redução de custos na tarifa de energia elétrica, além de diversificar a matriz energética brasileira, na qual, uma produção descentralizada de energia elétrica é desenvolvida para atender as necessidades próprias de abastecimento de energia elétrica do consumidor, de forma a ocorrer uma redução no valor da fatura de energia elétrica. De forma que, os cenários analisados encontram-se localizados na cidade de Rosário do Sul – RS, onde a RGE Sul é responsável pela distribuição de energia elétrica. A residência possui um consumo médio de 673 kWh/mês, enquanto o ponto comercial consome em média 3184 kWh/mês. Neste trabalho, é analisado o tempo de retorno de investimento, através dos métodos do payback simples, payback descontado, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e taxa mínima de atratividade (TMA). Ambos os projetos se apresentaram economicamente viáveis em todos os cenários de bandeiras tarifárias, sendo que foi verificada a viabilidade da instalação de um sistema fotovoltaico com um tempo de retorno de 5 anos e 8 meses para o ponto comercial e 8 anos e 4 meses para a instalação residencial. Os principais resultados deixaram evidente que, apesar de apresentar um maior investimento inicial pelos resultados econômicos considerando apenas o pior cenário (Bandeira verde), ou seja, onde o retorno do investimento é menor, o projeto para o ponto comercial apresentou um melhor custo-benefício para um investimento a longo prazo.

Palavras-chave: Econômica, Financeira, Fotovoltaico, Investimento, Viabilidade.

ABSTRACT

Currently, one of the most promising energy alternatives for power generation is the use of the energy generated by the sun, which is clean, renewable and abundant. Generated through photovoltaic panels, the production of solar energy in Brazil has as its main barrier the economical cost, because its cost is higher than that generated by conventional sources (mainly hydroelectric plants). Even So, it has the potential to compete in productivity and profitability, due to constant increases in the electricity tariff. Thus, this paper analyzes two case studies for a single consumer, that is, a consumer with two different consumption profiles, a residential point and a commercial point (restaurant). Where we analyze the technical and economical feasibility for the generation of photovoltaic energy in a residence and a commercial point, in order to define which consumer profile (residential or commercial) has the best cost-benefit for the realization of a Investment. The study aims to reduce costs in the electricity tariff, in addition to diversify the Brazilian energy matrix, in which, a decentralized production of electricity is developed to meet the own needs of energy supply of the consumer, in order to reduce the value of the electric energy bill. In such a way, the analyzed scenarios are located in the city of Rosario do Sul-RS, where the South RGE is responsible for the distribution of electricity. The Residence has an average consumption of 673 kWh/month, while the commercial point consumes on average 3184 kWh/month. In This work, it is analyzed the return time of investment, through simple payback methods, discounted payback, net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and minimum attractiveness rate (TMA). Both projects were economically viable in all tariff flags scenarios, and the feasibility of installing a photovoltaic system with a return time of 5 years and 8 months for the commercial point and 8 years and 4 months was verified, for residential installation. The main results made evident that, despite presenting a higher initial investment for economic results considering only the worst scenario (green Flag), i.e., where the return on investment is lower, the project for the commercial point Cost-effectively for a long-term investment.

Keywords: Economic, financial, photovoltaic, investment, viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução mundial da instalação de sistemas fotovoltaicos	29
Figura 2 – Estimativa da demanda de energia elétrica para 2050	31
Figura 3 – Evolução de Potência de energia fotovoltaica instalada no Brasil	31
Figura 4 – Categorias da metodologia de pesquisa estruturada em cebola	41
Figura 5 – Ciclo de decisões de um projeto utilizando a engenharia	44
Figura 6 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa	45
Figura 7 – Localização de instalação dos projetos.	52
Figura 8 – Dados do módulo.	54
Figura 9 – Dados do inversor.	55
Figura 10 – Designer do sistema.	56
Figura 11 – Resultados para o sistema residencial.	57
Figura 12 – Consumo x Geração residencial 1º ano.	58
Figura 13 – Dados do módulo.	60
Figura 14 – Dados do inversor.	60
Figura 15 – Designer do sistema.	61
Figura 16 – Resultados para o sistema comercial.	61
Figura 17 – Consumo x Geração comercial 1º ano.	62
Figura 18 – Payback simples, bandeira verde, horizonte 25 anos.	64
Figura 19 – Payback descontado, bandeira verde, horizonte 25 anos.	65
Figura 20 – Payback simples, bandeira amarela, horizonte 25 anos.	66
Figura 21 – Payback descontado, bandeira amarela, horizonte 25 anos.	66
Figura 22 – Payback simples, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.	67
Figura 23 – Payback descontado, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.	67
Figura 24 – Payback simples, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.	68
Figura 25 – Payback descontado, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.	68
Figura 26 – Payback simples, bandeira verde, horizonte 25 anos.	70
Figura 27 – Payback descontado, bandeira verde, horizonte 25 anos.	70
Figura 28 – Payback simples, bandeira amarela, horizonte 25 anos.	71
Figura 29 – Payback descontado, bandeira amarela, horizonte 25 anos.	71
Figura 30 – Payback simples, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.	72
Figura 31 – Payback descontado, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.	72
Figura 32 – Payback simples, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.	73
Figura 33 – Payback descontado, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo residencial do cliente.	53
Tabela 2 – Consumo comercial do cliente.	59
Tabela 3 – Parâmetros para cálculos financeiros.	63
Tabela 4 – Resultados obtidos para a residencia.	69
Tabela 5 – Resultados obtidos para o ponto comercial.	74
Tabela 6 – Comparativo da viabilidade econômica projetos.	75
Tabela 7 – Comparativo de custos e economia dos projetos.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CA	Corrente Elétrica Alternada
CC	Corrente Elétrica Contínua
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
HSP	Média Diária Horas de Sol Pico
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IGP-M	Índice Geral de Preços do Mercado
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-Hora
kWp	Quilowatt-Pico
m^2	Metros Quadrados
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIS	Programas de Integração Social
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
SAM [®]	<i>Software Asset Management</i>
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Contextualização do tema e do problema de pesquisa	25
1.2	Objetivo	26
1.3	Justificativa	26
1.4	Estrutura do Trabalho	27
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1	Considerações Gerais	29
2.2	Energia fotovoltaica	29
2.3	Energia fotovoltaica no Brasil	30
2.4	Sistemas fotovoltaicos	32
2.5	Fatura de energia elétrica no Brasil	33
2.6	Incentivos à produção de energia fotovoltaica	35
2.7	Métodos de análise de viabilidade econômica	36
2.7.1	Investimentos e custos	36
2.7.2	Riscos e incertezas	36
2.7.3	Fluxo de caixa	36
2.7.4	Taxa mínima de atratividade (TMA)	37
2.7.5	Payback	37
2.7.5.1	Payback simples	37
2.7.5.2	Payback descontado	37
2.7.6	Valor presente líquido (VPL)	38
2.7.7	Taxa interna de retorno (TIR)	38
2.8	Considerações Fianis	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	Considerações Gerais	41
3.2	Desenvolvimento da Pesquisa	41
3.2.1	Filosofias	42
3.2.2	Lógica da Pesquisa	42
3.2.3	Abordagem do Problema	42
3.2.4	Abordagem dos Objetivos da Pesquisa	42
3.2.5	Estratégia da Pesquisa	42
3.2.6	Técnica de Coleta de Dados	43
3.2.7	Princípio da Análise Dados	43
3.3	Desenvolvimento da Pesquisa	43
3.3.1	Necessidade do cliente	45

3.3.2	Solução Proposta	45
3.3.3	Primeira Prova	46
3.3.4	Segunda Prova	48
3.3.5	Parecer referente à execução	48
3.4	Considerações Finaiss	49
4	RESULTADOS	51
4.1	Considerações Gerais	51
4.2	Primeira prova	51
4.2.1	Residencial	52
4.2.2	Comercial	58
4.3	Segunda prova	62
4.3.1	Residencial	63
4.3.2	Comercial	69
4.4	Parecer referente a execução	74
4.5	Considerações Finais	75
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	77
5.1	Conclusões	77
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICES	81
	APÊNDICE A – RESIDENCIAL: BANDEIRA VERDE	83
	APÊNDICE B – RESIDENCIAL: BANDEIRA AMARELA	85
	APÊNDICE C – RESIDENCIAL: BANDEIRA VERMELHA 1	87
	APÊNDICE D – RESIDENCIAL: BANDEIRA VERMELHA 2	89
	APÊNDICE E – COMERCIAL: BANDEIRA VERDE	91
	APÊNDICE F – COMERCIAL: BANDEIRA AMARELA	93
	APÊNDICE G – COMERCIAL: BANDEIRA VERMELHA 1	95

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema e do problema de pesquisa

Nos dias atuais a crescente utilização de fontes de energias renováveis para a geração de energia elétrica, ocorre devido as demandas ambientais, as quais tem ganhado cada vez mais importância no cenário mundial, de forma que, as fontes renováveis se tornam indispensáveis na construção de um futuro sustentável.

Entre as fontes de energia renováveis, a energia solar destaca-se por ser uma fonte inesgotável, autônoma e por não poluir o meio ambiente, na qual oferece grande confiabilidade na redução de custos no consumo a longo prazo (DUTRA et al., 2013). De forma que a utilização de energia solar ocorre através da inserção de sistemas fotovoltaicos.

Na maioria dos países a preocupação ambiental vem crescendo cada vez mais, o que, por consequência, as fontes de energias renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial. Nesse sentido, apesar do Brasil apresentar excelentes condições para a produção de energia fotovoltaica, esse recurso ainda tem sido pouco explorado, devido ao seu alto custo de investimento e entraves burocráticos, e nota-se que o mesmo não possui uma participação efetiva na matriz energética brasileira.

Mas vale dizer que, com a normatização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia solar vem demonstrando um constante crescimento no país. O governo brasileiro vem buscando formas de viabilizar e incentivar a implementação de sistemas fotovoltaicos, favorecendo consumidores com baixa densidade de carga, os quais são sujeitos a altos valores tarifários de energia elétrica (EPE, 2012).

Para isso, foi desenvolvida a Normativa ANEEL nº 482 (17/04/2012), na qual regulariza a conexão de clientes de Mini e Micro geração distribuída dentro do sistema de troca de energia ativa, ou seja, a energia ativa gerada pelo consumidor é emprestada para a distribuidora de energia elétrica e, posteriormente, compensada com o consumo de energia elétrica ativa desse mesmo consumidor, ou até mesma outra unidade consumidora dentro da sua região de atuação da distribuidora (ANEEL, 2017).

É importante citar que, no Brasil, cerca de 50% da energia elétrica consumida provém de pontos residenciais, comerciais e públicos. Devido ao constante aumento na tarifa de energia elétrica (cerca de 50% nos últimos anos), o incentivo ao consumidor para produzir a sua própria energia aumentou.

Mas vale salientar que a inserção dos sistemas fotovoltaicos no sistema elétrico deve ser muito bem analisada, por parte da unidade geradora, quanto da rede elétrica. Deve-se avaliar tecnicamente todos os componentes que compõem o sistema fotovoltaico e seus possíveis impactos de geração ao sistema elétrico.

Outro quesito importante nesse sentido se refere aos custos tanto como para a implantação, como para a operação e a manutenção, o que indica a necessidade de ponderação por meio da viabilidade econômica.

Para determinação da viabilidade econômica, é preciso considerar que o amortecimento da dívida ocorre com a economia na conta de energia elétrica, a qual será avaliada em termos de fluxo de caixa, que varia a cada ano, devido as diversas variáveis que influenciam no sistema fotovoltaico, como a irradiação solar, a manutenção de equipamentos, a vida útil de equipamentos, as taxas de juros, entre outras variáveis.

Diante o exposto, nesse trabalho aborda-se a análise de viabilidade técnica e econômica de dois projetos de investimentos em sistema de geração fotovoltaicos, sendo um residencial e outro comercial. Para o desenvolvimento da pesquisa são analisados dois casos reais, sendo que os cenários analisados se encontram localizados na cidade de Rosário do Sul – RS, onde a RGE Sul é responsável pela distribuição de energia elétrica. Cabe dizer, a residência possui um consumo médio de 673 kWh/mês, enquanto o ponto comercial consome em média 3184 kWh/mês.

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo geral determinar, baseado em um estudo de caso de um cliente, qual o melhor cenário (residencial ou comercial) para a realização de um investimento em um sistema de geração fotovoltaica, localizados na cidade de Rosário do Sul - RS.

Como objetivos específicos, citam-se:

- Apresentar os dois cenários propostos para o cliente, bem como as características de cada um dos sistemas de geração fotovoltaicas a serem desenvolvidos;
- Efetuar, para cada cenário, a viabilidade técnica do sistema de compensação de energia elétrica produzida por painéis fotovoltaicos; e
- Realizar, para cada cenário, a viabilidade econômica para a instalação do sistema fotovoltaico delineado.

1.3 Justificativa

Devido ao atual cenário de crise energética no Brasil, desde a estiagem no ano de 2014, onde os reservatórios das hidrelétricas ficaram abaixo do nível mínimo ideal, diminui a produção de geração de energia elétrica através de hidrelétricas, ficou evidente a necessidade da utilização de outras fontes de energia. Consequentemente, houveram aumentos na tarifa de energia elétrica do consumidor final, os quais vem ocorrendo até os dias atuais.

Nesse contexto, devido aos aumentos constantes na tarifa da energia elétrica, este trabalho ocorre em um momento oportuno, de forma a ser realiza uma avaliação econômica, para novos investimentos em um projeto de geração fotovoltaica. Levando em consideração

as recentes contratações de geração de energia elétrica para atendimento de consumidores finais.

Como a maior parte dos equipamentos utilizados pelos sistemas fotovoltaicos são importados, e o país passa por uma instabilidade econômica, isto acaba afetando a rentabilidade desta fonte. Devido a esta questão deve-se levar em consideração as análises referentes a alta do dólar frente à moeda brasileira, o que acaba elevando o preço final do projeto.

Vale ressaltar que o trabalho está sendo desenvolvido por meio de um estudo de caso de um cliente, buscando-se evidenciar o melhor projeto para investimento, seja o residencial ou o comercial.

1.4 Estrutura do Trabalho

o capítulo 1 foram contextualizados o tema e o problema de pesquisa, bem como foram apresentados os objetivos e a descrição da importância de realizar este trabalho.

No Capítulo 2 são descritos aspectos inerentes para a realização e desenvolvimentos de projetos de sistemas de geração fotovoltaica, onde se destaca a energia fotovoltaica e a relevância da sua utilização na matriz energética brasileira. Também, são apresentados os custos tarifários da energia elétrica no Brasil, ou seja, como é composta a cobrança da energia elétrica, assim alguns métodos de análise de viabilidade econômica.

No Capítulo 3 são descritas as metodologias utilizadas para a realização da análise técnica e econômica, as quais tiveram seus resultados analisados para a validação de cada projeto.

No Capítulo 4 é apresentado os dois cenários propostos pelo cliente, bem como as características de cada um dos sistemas de geração fotovoltaicas a serem desenvolvidos. Também, são apresentados os resultados obtidos, assim como as discussões acerca dos mesmos.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros, decorrentes desta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações Gerais

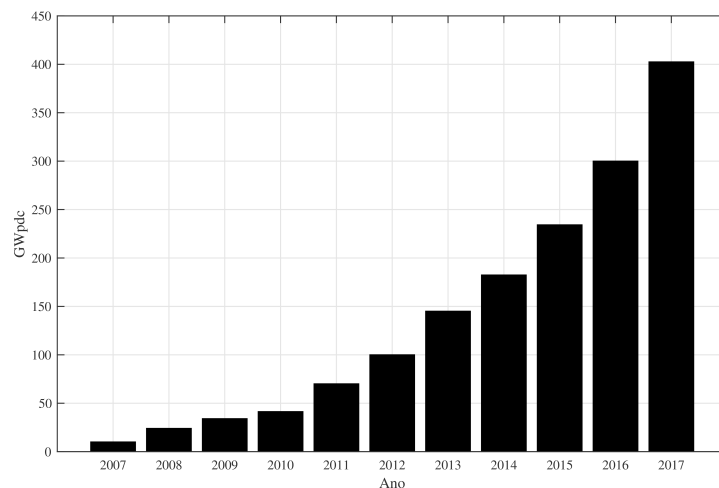
Essa seção apresenta uma breve introdução sobre a energia fotovoltaica, assim como seu panorama no Brasil, bem como os componentes utilizados na construção de um sistema fotovoltaico. Também apresenta como é constituída a fatura da energia elétrica paga no Brasil e demonstra os incentivos para a produção de energia elétrica fotovoltaica. Por fim, apresenta alguns métodos utilizados na análise de viabilidade econômica.

2.2 Energia fotovoltaica

Para a continuação do progresso econômico sustentável, a busca por fontes de energia renováveis é de suma importância. Além disso, o investimento e desenvolvimento de fontes de energia renováveis ajudam na preservação do planeta, assim como proporciona o desenvolvimento humano.

Para tanto, diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, com o intuito de utilizar elementos da natureza como fonte de energia, além da água. De forma, a reduzir os danos causados a mesma, podendo ser citado o sol, o vento, a biomassa, entre outras. Nesse contexto, as tecnologias que utilizam o sol como fonte de energia vêm crescendo cada vez mais no cenário mundial, fato que pode ser observado na Figura 1, a qual demonstra a evolução da instalação de sistemas fotovoltaicos no mundo. De forma que, a geração de energia através sistemas fotovoltaicos, podem ser utilizados diretamente nos sistemas elétricos de distribuição.

Figura 1 – Evolução mundial da instalação de sistemas fotovoltaicos



Fonte: Adaptado de Snapshot of Global Photovoltaic Markets (PVPS, 2017).

2.3 Energia fotovoltaica no Brasil

Segundo Dassi et al. (2015), com objetivo de permitir o consumidor de gerar energia elétrica a partir do da energia solar em sua própria residência ou estabelecimento, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012) criou a resolução normativa número 482, de 17/07/2012 (NORMATIVA, 2012). A qual estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica. Esse tipo de energia torna-se uma opção ainda mais valiosa para os brasileiros graças à nova regulamentação da ANEEL, que permite a troca da energia produzida pelos painéis por créditos em kWh na fatura de energia (NORMATIVA, 2012), (ELÉTRICA; SA, 2005).

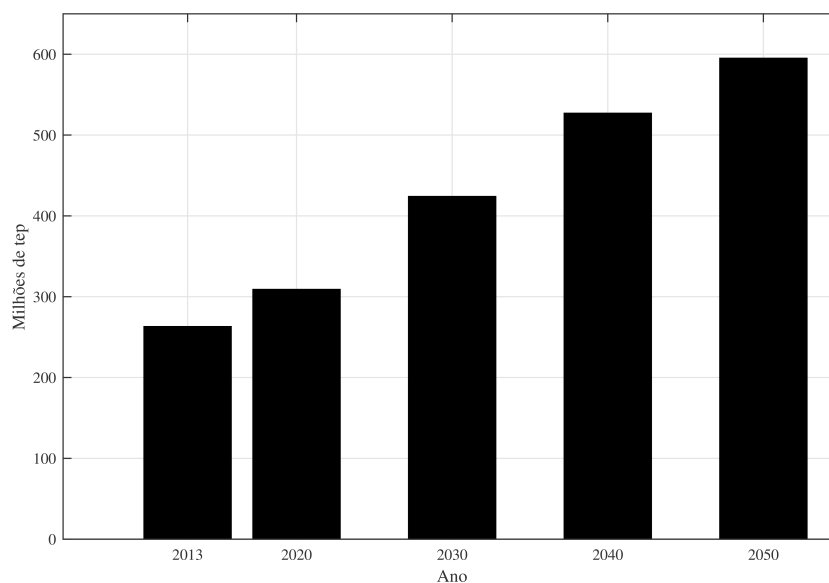
De que forma que energia solar, que no Brasil já é uma realidade, permite ao cidadão produzir energia elétrica em sua própria casa. É uma fonte de energia limpa e renovável que se utiliza dos raios do Sol, cujo impacto no meio ambiente é menor do que o de uma usina hidrelétrica, nuclear ou termelétrica (DASSI et al., 2015).

Devido aos grandes avanços tecnológicos, cada vez mais as pessoas tornam-se dependentes da energia elétrica, de forma que, a cada ano, o Brasil passa a consumir mais energia, a qual também chega a sofrer reajustes em seu valor, cerca de 50% ao ano no país. Porém, contemporaneamente, as fontes de energia proveniente da água, ou seja, hídricas, dominam a matriz energética brasileira, sendo dela proveniente aproximadamente 70% da energia utilizada no país (EPE, 2017).

Por causa dos baixos índices de chuvas em determinados períodos do ano, assim como a dificuldade da construção de novas usinas hidrelétricas, devido a grandes barreiras ambientais, isso vem provocando que cada vez mais usinas termoelétricas entrem em operação em determinados períodos do ano, conseqüentemente ocorrendo um aumento no valor da tarifa da energia, além do aumento da poluição gerada por este tipo de usina.

Segundo a EPE (2017), estima-se um aumento na demanda de energia de 2,2% ao ano no Brasil, considerando o período do ano de 2013 até 2050, conforme Figura 2, ou seja, irá produzir um aumento de duas vezes.

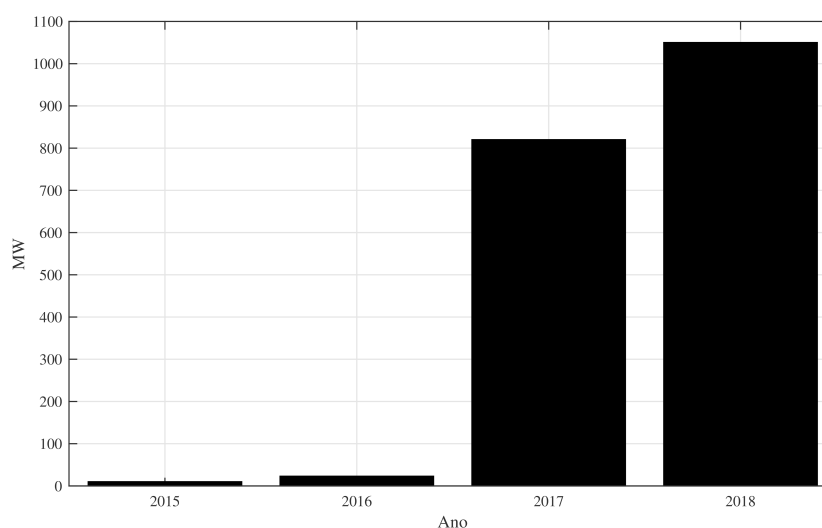
Figura 2 – Estimativa da demanda de energia elétrica para 2050



Fonte: Adaptado de Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2017).

De maneira a reduzir custos com energia, os brasileiros vêm apostando na geração de energia fotovoltaica, a qual vem crescendo a cada ano, sendo percebido pelo grande aumento na potência instalada, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Evolução de Potência de energia fotovoltaica instalada no Brasil



Fonte: Adaptado de ONS (ONS, 2018).

Pela Figura 3 fica claro que a partir do ano de 2017 o Brasil passou a dar maior atenção para a geração de energia fotovoltaica. Conforme a ONS (2018), até o mês de abril de 2018 sua potência instalada já havia superado todo o ano de 2017.

A utilização de sistemas fotovoltaicos atrai desde pequenos a grandes consumidores. De acordo com EPE (2017), no ano de 2017 a matriz energética do Brasil contava com cerca 0,8% de sua energia gerada através de sistemas fotovoltaicos.

2.4 Sistemas fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos obtêm energia por meio da conversão direta da luz solar em energia elétrica, fenômeno denominado como fotovoltaico. Para a ocorrência de tal fenômeno são utilizados materiais semicondutores, os quais, são utilizados no formato de células, as chamadas células fotovoltaicas. Onde um conjunto de células forma um módulo ou painel fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014).

Atualmente existem diferentes tipos de painéis fotovoltaicos, os quais são utilizados para a geração de energia elétrica, destacando as células formadas por silício quais representam aproximadamente 80% dos painéis fotovoltaicos utilizados no mundo. De acordo com o Pinho e Galdino (2014), os painéis fotovoltaicos mais conhecidos estão descritos na sequência:

- Silício monocristalino: neste tipo as células são formadas por um monocristal de silício puro, o qual é fatiado em formato de lâminas individuais, que são tratadas e transformadas em células fotovoltaicas. Sua principal vantagem é sua eficiência de 15% a 22%, sendo a maior dentro os tipos de células, além do mais ocupam um menor espaço, e possuem uma vida útil maior que 30 anos. Por outro lado, elas são as células mais caras para a formação de um painel, devido ao seu processo de fabricação, qual uma significativa parte do silício não é aproveitada, o que se torna uma desvantagem na hora da escolha do material a ser utilizado, pois a maioria dos clientes se preocupam principalmente com o custo de investimento;
- Silício policristalino: aqui as células fotovoltaicas são formadas através da fusão em blocos dos cristais de silício, de forma a manter uma formação de multicristais, os quais são serrados em blocos quadrados, o que torna sua produção mais fácil. Mas cabe dizer que, perdem um pouco de eficiência quando comparados aos monocristalinos, ficando com uma eficiência em torno de 14% a 20%, porém, ambos possuem a mesmo tempo de vida útil. O que chama mais atenção dos clientes é o seu preço, o qual é mais barato quando comparados aos monocristalinos, apesar de precisar de uma área um pouco maior para gerar a mesma quantidade de energia que os monocristalinos; e
- Filme fino: atualmente encontram se em cerca de 20% dos sistemas fotovoltaicos instalados pelo mundo. Fabricado através de um material fotovoltaico (silício amorfo, telureto de cádmio, células orgânicas ou células formadas por cobre, índio e gálio seleneto), tal material é depositado em uma ou diversas camadas em um substrato. Sua eficiência média é de 7% a 13% variando de acordo com o material fotovoltaico utilizado. Como é de simples produção, atualmente são os mais baratos do mercado, porém, como possuem uma menor eficiência, necessitam de um maior espaço para sua instalação, conseqüentemente, gerando um gasto maior com estruturas, mão de obra e cabos, o que acaba tornando-se uma desvantagem em relação aos demais,

quando comparado os custos. Além disso, possuem um tempo de vida mais curto, pois tendem a degradar-se mais rapidamente.

O sistema fotovoltaico também é constituído de (PINHO; GALDINO, 2014):

- Inversor de frequência: é um dispositivo eletrônico que tem como função converter a corrente elétrica contínua (CC), a qual é gerada pelos painéis fotovoltaicos, em corrente elétrica alternada (CA), além de ser o responsável pela coordenação do fluxo da energia elétrica a ser distribuída, de forma que a energia é transferida para o quadro de distribuição, assim, passando a ser sendo utilizada pelo consumidor, ou sendo injetada na rede de distribuição, de forma a se transformar em um bônus na fatura do consumidor. As normas de distribuição de energia elétrica para o Sistema Elétrico Nacional são estabelecidas conforme a ANEEL;
- string box: também conhecidas como caixa de fileiras, onde são feitas as conexões dos cabos elétricos em fileiras com os diodos de forma a garantir um único sentido pra corrente elétrica;
- Proteções: as quais devem ser utilizadas tanto para o lado CA como para o lado CC, assim, garantindo uma maior confiabilidade para o sistema. As proteções são constituídas de disjuntores, dispositivos contra surtos de tensão e um sistema de aterramento;
- Cabos elétricos: são utilizados três tipos de cabos, sendo eles: o de fileira (CC), no qual interliga os módulos de uma fileira, o principal (CC), que une o quadro de proteção ao arranjo dos módulos, e o cabo CA, no qual conecta o inversor ao quadro de proteção CA; e
- Conectores MC4: desenvolvido para ser aplicado exclusivamente em sistemas fotovoltaicos.

2.5 Fatura de energia elétrica no Brasil

No Brasil, a ANEEL, é a responsável por garantir que os consumidores efetuem um pagamento justo pela energia elétrica consumida, mantendo o equilíbrio econômico-financeiro nas concessionárias, de maneira que possam prestar um serviço contínuo e com qualidade. Conforme ANEEL (2017) A cobrança da energia elétrica é composta por três itens:

- 1º **Tarifas**: tem como objetivo tornar as concessionárias mais eficientes. Seu valor varia de acordo a área de concessão, quantidade de consumidores ativos, os quilômetros das redes de distribuição e o custo da energia. Seus reajustes não acompanham a

inflação e nem o reajuste do salário mínimo, pois a revisão tarifária é prevista nos contratos de concessão.

2º Impostos: Incidentes sobre o consumo final, e cobrados pelo governo, sendo eles:

- a) PIS/PASEP: Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público. Tem como finalidade utilização no programa seguro-desemprego e o abono aos empregados que recebem até dois salários mínimos mensais. Ele está embutido na tarifa da energia elétrica com alíquotas fixas de 1,65%;
- b) COFINS: Contribuição Social para Financiamento da seguridade Social, utilizada para financiar as despesas das áreas de Saúde, Previdência e Assistência Social. Sua alíquota na tarifa de energia elétrica é de 7,6%; e
- c) ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

3º Sistemas de bandeiras tarifárias: no ano de 2015, a ANEEL incluiu nas contas de energia elétrica o sistema de bandeiras tarifárias, sendo aplicado por todas as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia, as quais são divididas da seguinte forma:

- a) Bandeira verde: Sem acréscimo na tarifa, pois apresenta boas condições de geração, ou seja, os reservatórios das hidrelétricas estão cheios;
- b) Bandeira amarela: acréscimo de R\$ 0,01 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos, pois as condições de geração não são ideais, ou seja, os reservatórios das hidrelétricas estão esvaziando; e
- c) Bandeira vermelha: acréscimo de R\$ 0,03 para cada quilowatt-hora kWh consumidos quando se encontra no patamar 1; e acrescenta o valor de R\$0,05 quando se encontra no patamar 2, tais condições de geração ocorrem quando os reservatórios se encontram abaixo do seu limite, de forma que é necessário acionar as termelétricas para auxiliar na produção de energia elétrica, sendo assim, a geração de energia se torna mais custosa.

De forma que, além da tarifa, os impostos e as taxas de iluminação pública também não são iguais em todos os estados e municípios, não sendo competência da ANEEL defini-los.

Ainda vale destacar que a tarifa está sujeita a reajustes anuais, as quais ocorrem de acordo com os índices de inflação (IGP-M ou IPCA), além disso, também sofre uma revisão periódica a cada quatro anos, as quais são previstas no contrato de concessão de cada distribuidora, o qual também consta que pode ocorrer uma revisão tarifária extraordinária, quando algo extraordinário desequilibra o contrato de concessão (ANEEL, 2017).

2.6 Incentivos à produção de energia fotovoltaica

De acordo com o ANEEL (2017), os constantes aumentos na conta de energia elétrica, nos últimos quatro anos (2014 a 2017), foram superiores a 35%, os quais superaram o valor da inflação acumulada, que foi de 29% (2014 a 2017), e com uma perspectiva que o aumento acumulado chegue a 44% no final do ano de 2018. Sendo assim, muitos brasileiros partem para meios alternativos de geração de energia elétrica, como os sistemas fotovoltaicos, que ainda possuem um elevado custo de investimento, com uma estimativa de retorno do investimento entre cinco e sete anos, o que acaba atraindo pouco a atenção dos investidores.

No ano de 2015, o Ministério de Minas e Energia (MME), lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), de forma a aumentar os estímulos para que os consumidores passem a gerar sua própria energia (EPE, 2017).

Sendo assim, a ANEEL, com o objetivo de incentivar a geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos, no ano de 2015 atualizou a Resolução Normativa 482, por meio da Resolução Normativa 687, a qual entrou em vigor em 01 de março de 2016, onde o consumidor que gera sua energia tem o direito de injetar sua produção excedente na rede de elétrica de distribuição, ou seja, o consumidor gera créditos que podem ser utilizados na redução da fatura de energia elétrica nos próximos meses.

De acordo com a nova regra, o consumidor terá um prazo maior para utilizar seus créditos, qual passa de 36 meses para 60 meses, e ainda poderá utilizar seus créditos para abater faturas de outros imóveis quais estão sob sua titularidade, e são atendidas pela mesma distribuidora de energia.

Uma das novidades referente a utilização da geração distribuída é sua aplicação em condomínios, onde a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos. De forma análoga, criou a geração compartilhada, onde diversos interessados se unem para a instalação de sistemas de geração distribuída, em forma de uma cooperativa, utilizando a energia gerada para a redução o valor das faturas de cada cooperado, como se fossem um único consumidor.

Porém, os principais incentivos, ou seja, os que mais chamam a atenção de investidores ou consumidores são (EPE, 2017):

- Isenção de ICMS, onde o consumidor será tributado apenas no saldo que não conseguir compensar. Em maio de 2018 a isenção do ICMS passou a valer em todo o Brasil, através do convenio nº 42/2018, no qual autoriza a entrada dos três últimos estados nos quais não possuíam o convenio, sendo eles: Santa Catarina, Paraná e Amazonas;
- Isenção de PIS/Cofins definida pela Lei nº 13169, a qual isenta o consumidor do pagamento das taxas pela energia injetada na rede elétrica e não compensada;

- Isenção do imposto de importação. Como o Brasil não produz equipamentos fotovoltaicos, a Lei nº 8322/14, isenta o imposto de importação para componentes de geração de energia elétrica utilizados em sistemas fotovoltaicos; e
- Apoio do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), o qual contribui com recursos e taxas diferenciadas para projetos de geração de energia elétrica através de fontes renováveis, quando aplicados em hospitais e escolas públicas.

2.7 Métodos de análise de viabilidade econômica

A tomada de decisão sobre a realização de um projeto não requer apenas critérios técnicos, pois o lado econômico tem o maior peso na tomada de decisões. Sendo assim, a maneira mais eficaz é simular o investimento segundo algum modelo (LANDEIRA, 2013). Dessa forma, são apresentados alguns métodos utilizados na Engenharia Econômica, para auxiliar nas decisões a serem tomadas, conforme descrito na sequência.

2.7.1 Investimentos e custos

Investimento na economia significa aplicação de capital com objetivo de obter-se lucro em um determinado período. Em uma empresa/projeto o capital de giro (manter funcionamento da empresa), somado com os investimentos fixos (aquisição de equipamentos) e pré-operacionais (reformas), resultam no investimento total de uma empresa/projeto (BODIE; KANE; MARCUS, 2014).

Conforme Bodie, Kane e Marcus (2014), os custos de uma empresa/projeto são divididos em fixos (pagamentos de funcionários, por exemplo) e variáveis (manutenções de equipamentos, por exemplo). Para a formação de um fluxo de caixa deve-se considerar todos os investimentos, assim como todos os custos.

2.7.2 Riscos e incertezas

Como o desenvolvimento de novos projetos são baseados em expectativas futuras, quais podem ter um maior ou menor grau de precisão, nesse sentido, as palavras riscos e incertezas podem ser consideradas como sinônimos em um sentido prático, pois o risco é decorrente da incerteza. Nos desenvolvimentos de projetos tem-se desvios positivos quais não apresentam riscos para o projeto e os desvios negativos, os quais sugerem riscos, assim, gerando as incertezas (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999).

2.7.3 Fluxo de caixa

Trata-se de uma ferramenta utilizada na gestão financeira de empresas e projetos, na qual mostra todas as entradas e saídas dos recursos financeiros, indicando o saldo do caixa projetado para determinado período. Através do fluxo de caixa pode-se calcular o

prazo de retorno do investimento, assim como a rentabilidade, lucratividade e o ponto de equilíbrio de um projeto. Por ser uma ferramenta prática e de fácil elaboração, é necessário determinar todas as variáveis relacionadas aos custos do projeto, como o investimento inicial, assim como as receitas obtidas através dele. Vale ressaltar que, para um investimento com objetivo de se obter lucro, deve-se considerar as correções monetárias no período analisado, fato que não entra na conta de um fluxo de caixa (GITMAN, 1997).

Quando utilizado na análise de um projeto, o fluxo de caixa deve considerar a data zero (data inicial do investimento), data terminal (recuperação de todo o capital investido) e data zero até uma data terminal (prazo final estipulado de acordo com o horizonte do projeto).

2.7.4 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Mesmo sendo uma taxa na qual pode ser definida pela empresa/cliente, sua determinação é de suma importância para decisão de investimentos em novos projetos. A taxa do custo de capital é a TMA mais segura a ser adotada em novo investimento, quando se projeta investimentos a longo prazo. A TMA pode ser o índice mais indicado para a avaliação de investimentos em novos projetos, pois é a taxa que apresenta baixo risco ao investidor, pois o mesmo considera seus ganhos financeiros (GITMAN; MADURA, 2001).

2.7.5 Payback

É um sistema no qual tem por objetivo demonstrar em quanto tempo o investimento é pago, assim como quando irá começar a obter lucro. Existem dois tipos de payback, o simples e o descontado.

2.7.5.1 Payback simples

Leva em conta o tempo de retorno do capital investido. O valor aplicado é adicionado, período a período (geralmente anual ou mensal) aos fluxos de caixa líquidos gerados, para que se obtenha o tempo de recuperação do investimento inicial. Isso ocorre no período em que a soma dos fluxos de caixa futuros for igual ao investimento inicial. Recomendado para uma seleção dos projetos, pois apresenta fortes limitações por não considerar o valor do dinheiro no tempo (REIS; VALVERDE; MENDONÇA, 2015).

2.7.5.2 Payback descontado

Demonstra o tempo necessário para recuperar o investimento inicial. Este método, considera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos, em que o projeto recupera o valor inicial investido. Normalmente, essa taxa de desconto usada é a taxa mínima de atratividade, a qual é determinada pelo

próprio investidor como parâmetro para remuneração de seu capital (BORDEAUX-REGO, 2015). Por isso, é o mais recomendado a ser utilizado em análises de investimento.

2.7.6 Valor presente líquido (VPL)

Dado pela diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário. Nesse sentido, o VPL é uma medida de quanto valor é criado ou adicionado hoje, realizando determinado investimento. Para tanto, faz-se necessário trazer a valor presente todos os fluxos de caixa esperados, utilizando uma taxa de desconto e após reduzir estes valores do desembolso inicial do projeto.

Ressalta-se que o VPL é o método de análise de investimento em projetos mais utilizado por profissionais de finanças, pois permite interpretar facilmente os resultados (ZANIN; BAGATINI, 2012). O cálculo do VPL é realizado por meio da Equação 2.1.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_n}{(1+i)^n} - FC_0 \quad (2.1)$$

Onde:

- VPL = Valor presente líquido;
- FC_n = Fluxo de caixa no período de tempo;
- FC_0 = Investimento inicial;
- n = Período de tempo; e
- i = Taxa (de desconto ou atratividade mínima).

Para a determinação da viabilidade de um projeto através do VPL, os critérios de análise a serem observados são (GITMAN, 2004):

- VPL = 0 indica que o projeto não terá retorno e nem prejuízo econômico e a decisão de investir fica por conta dos investidores;
- VPL > 0 indica que o projeto é economicamente viável; e
- VPL < 0 indica que o projeto é economicamente inviável. .

2.7.7 Taxa interna de retorno (TIR)

Taxa exigida de retorno que, quando utilizada como taxa de desconto, resulta em VPL igual a zero. Assim, quando o VPL é zero encontra-se o ponto de equilíbrio econômico do projeto e, deste modo, não haverá criação nem destruição de valor. Com a TIR, determina-se uma única taxa de retorno para sintetizar os méritos de um projeto.

Essa taxa é dita interna, no sentido de que depende somente dos fluxos de caixa de certo investimento e não de taxas oferecidas em algum outro lugar (DASSI et al., 2015).

Então, para avaliação de propostas de investimento, por meio do cálculo da TIR, é necessário conhecer os montantes de dispêndio de capital (desembolsos se tiver mais de um) e dos fluxos de caixa líquidos gerados pela decisão, onde a TIR representará a rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros. Desta forma, a TIR representa a taxa de juros para a qual o valor presente das entradas de caixa resultantes do projeto iguala o valor presente dos desembolsos do mesmo, sendo uma medida bastante utilizada no orçamento de capital. Caracteriza, desta forma, a taxa de remuneração do capital investido (DASSI et al., 2015). Para fins de cálculos a TIR é obtida pela Equação 2.2.

$$\sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} - FC_0 \quad (2.2)$$

Onde:

- TIR = Taxa interna de retorno;
- FC_n = Fluxo de caixa no período de tempo;
- FC_0 = Investimento inicial;
- n = Período de tempo; e

Os critérios utilizados para determinar a viabilidade econômica através da TIR são (BRITO, 2000):

- TIR = TMA indica que o projeto não terá retorno e nem prejuízo econômico e a decisão de investir no projeto fica à critério dos investidores;
- TIR > TMA indica que o projeto é economicamente viável; e
- TIR < TMA indica que o projeto é economicamente inviável e a decisão de investir no mesmo deve ser rejeitada. .

2.8 Considerações Fianis

Nesse capítulo, foram apresentadas o crescimento da energia fotovoltaica no Brasil, assim como sua importância na redução de impactos ambientais e na redução de custos dos consumidores. Foram destacados equipamentos utilizados para a formação de um sistema fotovoltaico.

Além disso, foi demonstrada como a fatura de energia elétrica brasileira é formada, bem como os incentivos do governo para a geração de energia elétrica através de sistema

fotovoltaicos. Por fim, foram apresentados os métodos de análise de viabilidade econômica, como o VPL, a TIR e o payback.

O capítulo seguinte, apresenta as etapas para o desenvolvimento dessa pesquisa, assim como os métodos utilizados para análise da viabilidade econômica dos projetos, os quais foram implementadas no software Microsoft Excel[®].

3 METODOLOGIA

3.1 Considerações Gerais

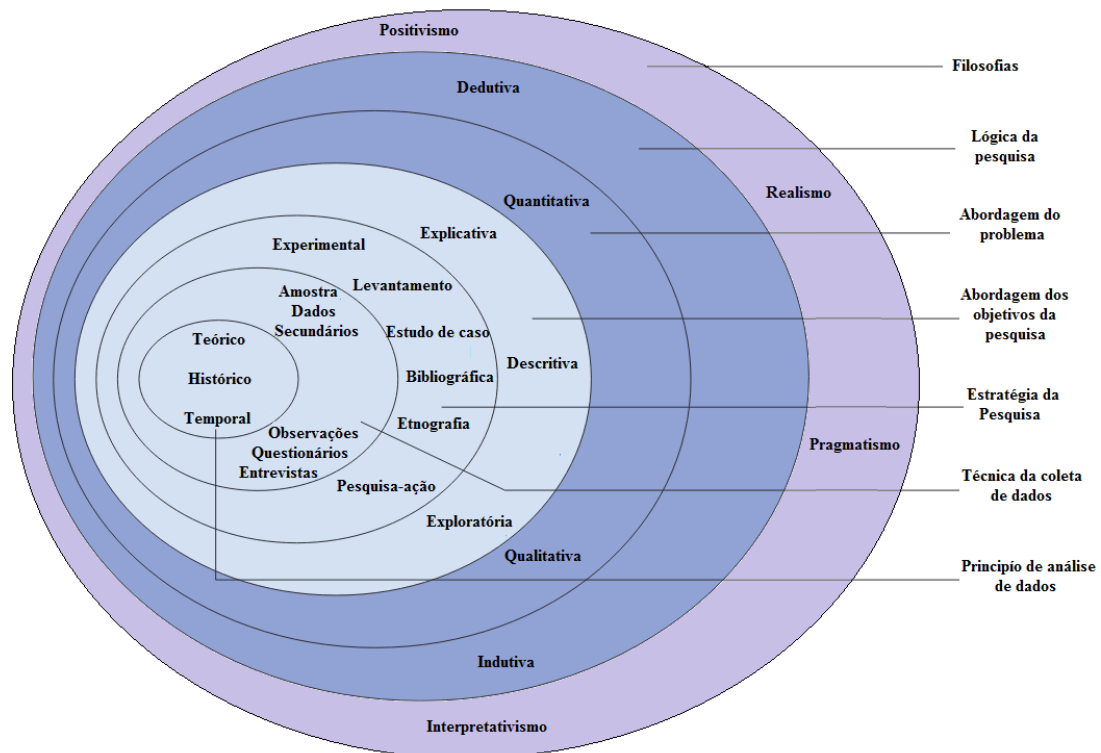
Nessa seção estão aprestadas as etapas do processo desta pesquisa, assim como os procedimentos de viabilidade técnica e econômica utilizados. As ferramentas, métodos, técnicas e indicadores utilizados estão apresentados na sequência.

Cabe salientar que os indicadores foram implementados no software Microsoft Excel[®], de forma a analisar e avaliar qual projeto apresenta um melhor benefício ao consumidor/cliente.

3.2 Desenvolvimento da Pesquisa

Como cada pesquisador possui um perfil único para o desenvolvimento de sua pesquisa, assim como objetivos diferentes, torna-se praticamente impossível criar um único padrão para a metodologia de pesquisa. Porém, se tem como ponto de partida, definir a natureza da pesquisa e determinar qual estrutura metodológica mais se adequa a mesma. Sendo assim, para o desenvolvimento desse trabalho é adotada a estrutura em cebola, proposta por Saunders, Lewis e Thornhill (2009), na qual pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 – Categorias da metodologia de pesquisa estruturada em cebola



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Saunders, Lewis e Thornhill (2009).

3.2.1 Filosofias

O presente projeto é baseado na filosofia do realismo, adotando-se uma abordagem científica para o desenvolvimento do conhecimento, pois utiliza a coleta de dados, para sua posterior análise e compreensão. Existem dois tipos de realismo, o direto, no qual tem a perspectiva de que o mundo é imutável, e o realismo crítico, onde diz que mundo está em constante mudança. Portanto, esse projeto tem uma visão crítica do realismo, pois ele possui a capacidade de mudar a compreensão ou decisão do pesquisador, ou do cliente em questão (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009).

3.2.2 Lógica da Pesquisa

De acordo Saunders, Lewis e Thornhill (2009), a dedução ocorre com o desenvolvimento de uma teoria a qual é submetida a testes para sua comprovação, lógica na qual se enquadra no projeto desenvolvido. Nesse sentido, a partir da teoria são realizados diversos testes, assim, demonstrando como as variáveis são medidas, tendendo comprovar o que apresenta a teoria ou indicar alguma necessidade de mudança na mesma. Portanto, a dedução busca explicar as relações entre a teoria e a prática.

3.2.3 Abordagem do Problema

Conforme Polit, Beck e Hungler (2004), uma pesquisa dedutiva tende a enfatizar uma pesquisa quantitativa, pois as decisões são tomadas de acordo com seus resultados. Essa pesquisa é denominada como quantitativa, pois é centrada na sua objetividade, considerando a realidade, qual é compreendida pela análise de dados, provenientes de dados matemáticos (FONSECA, 2002). De forma que, o projeto desenvolvido é denominado como uma pesquisa quantitativa.

3.2.4 Abordagem dos Objetivos da Pesquisa

Segundo Gil (2002), uma pesquisa na qual proporciona um maior conhecimento do problema ao pesquisador é denominada como uma pesquisa exploratória, pois seu objetivo é tornar o problema claro ou desenvolver novas ideias e hipóteses para sua resolução. Para isso, utiliza de pesquisas bibliográficas ou estudos de casos, sendo assim, a pesquisa exploratória é utilizada para o desenvolvido desse projeto.

3.2.5 Estratégia da Pesquisa

Como o projeto tem como objetivo análise para implementação de dois sistemas fotovoltaicos, o estudo de caso é utilizado como estratégia da pesquisa, pois visa conhecer o como e o porquê da utilização de tais sistemas, de maneira a determinar suas características e sua eficiência, apresentando uma análise completa e coerente para sua utilização. Sendo

assim, a pesquisa é utilizada para relevar informações, quais devem determinar as escolhas a serem feitas (FONSECA, 2002).

3.2.6 Técnica de Coleta de Dados

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados documentos autênticos, como faturas de energia elétrica, dados de incidência solar na região, dados técnicos, quais são consideradas como fontes primárias (não analisados) e secundárias (já analisados).

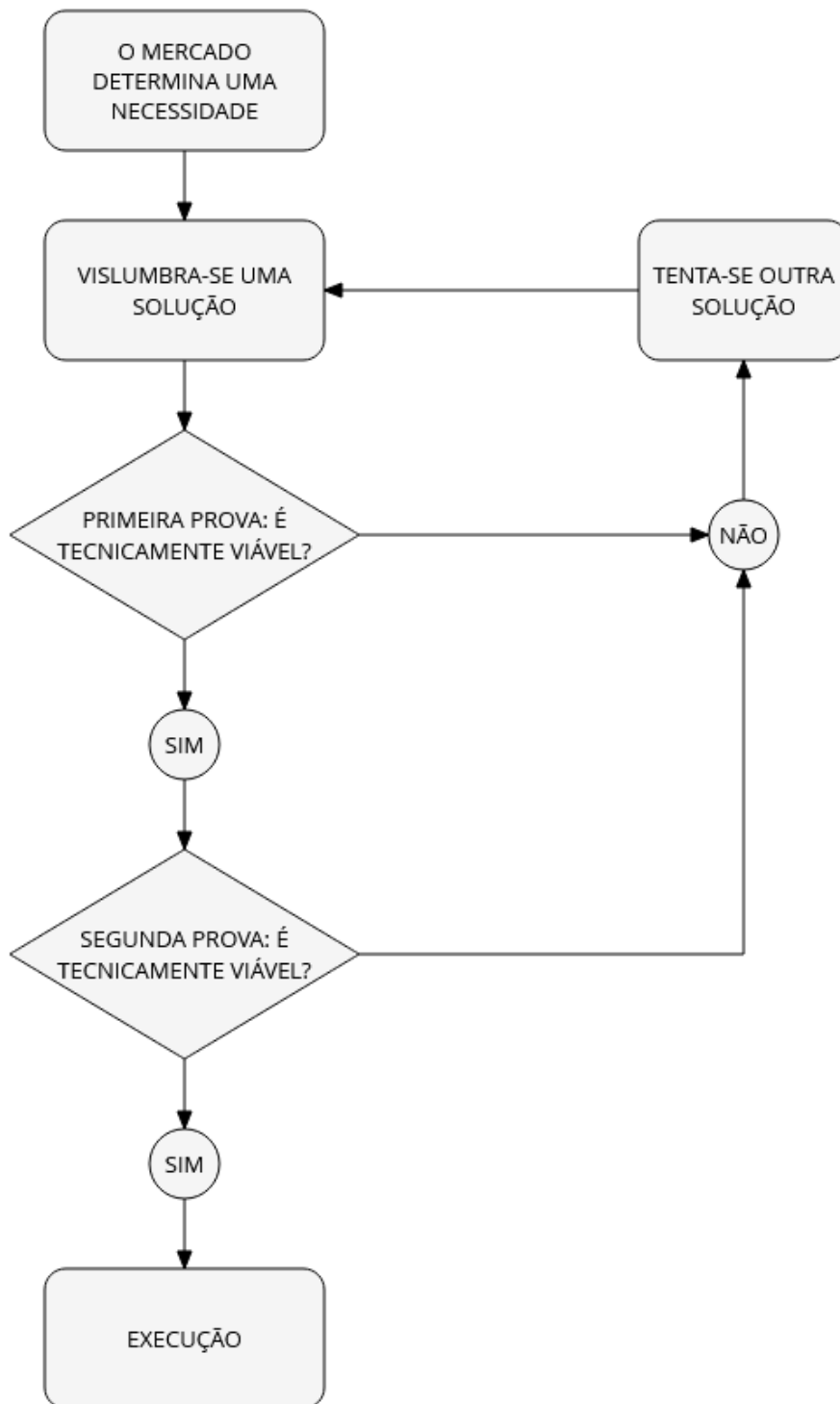
3.2.7 Princípio da Análise Dados

O projeto tem como base uma análise teórica, qual provém de métodos aplicados na Engenharia Econômica, pois para análise de dados é utilizada metodologias baseadas em fluxos de caixa e a TMA, de forma a calcular o Payback, a TIR e o VPL, assim determinando a viabilidade econômica do projeto apresentado.

3.3 Desenvolvimento da Pesquisa

Para um desenvolvimento de uma pesquisa organizada e eficiente é de suma importância a descrição de cada etapa metodológica a ser desenvolvida. Sendo assim, a Figura 5, apresenta a forma de como é desenvolvimento desta pesquisa, a qual utilizada duas provas, no presente caso, a viabilidade técnica e a viabilidade econômica. A análise de ambas tem participação direta da engenharia no ciclo das decisões a serem tomadas para o desenvolvimento deste projeto. Sendo assim vale ressaltar a importância da engenharia, qual é elaborada ao mesmo tempo das outras etapas da pesquisa (BUARQUE, 1984).

Figura 5 – Ciclo de decisões de um projeto utilizando a engenharia



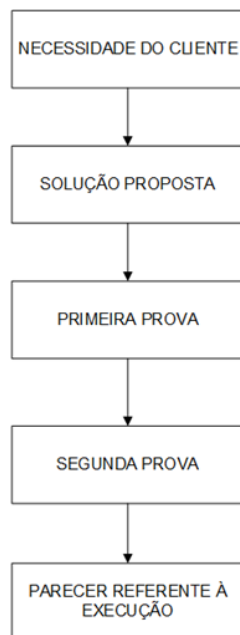
Fonte: Adaptado pelo autor com base em Buarque (1984).

A determinação da viabilidade técnica foi realizada por meio das análises dos índices de irradiação solar e temperatura, a fim de estimar a potência na qual pode ser gerada por cada placa fotovoltaica instalada. Já a viabilidade econômica ocorre através das análises das faturas de energia elétrica, preço de equipamentos e execução do projeto, a partir desses dados são utilizados métodos de engenharia econômica, para a realização

de cálculos que possibilitam a escolha da melhor decisão.

Sendo assim, a metodologia para o desenvolvimento da pesquisa neste trabalho, segue os passos abordados por Buarque (1984), nos quais podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Buarque (1984).

3.3.1 Necessidade do cliente

Nesse caso o cliente busca alternativas para redução de custos, sendo assim, uma alternativa apresentada foi a redução no valor da fatura de energia elétrica, como um investimento a longo prazo, ele busca um projeto fotovoltaico qual possua o melhor custo-benefício, sendo para sua residência ou para o seu ponto comercial. Para isso, foram realizados os levantamentos dos dados técnicos, posteriormente foram realizados os cálculos dos valores com objetivos de determinar qual dos dois projetos é o mais atrativo para o cliente

3.3.2 Solução Proposta

Devido ao Brasil possuir um alto índice de irradiação solar, e através de uma análise técnica e econômica, é proposta a instalação de um sistema fotovoltaico, para que haja compensação de energia, visto que isso é possível conforme a Resolução Normativa ANEEL n° 482 (ANEEL, 2017).

Sendo um investimento de longo prazo, tal solução proporcionará reduzir os custos com energia elétrica, para isso, o estudo envolve determinar a viabilidade técnica e econômica de um projeto fotovoltaico para sua residência e para seu ponto comercial,

visando determinar qual dos dois projetos (com a localização de cada ponto) possui o melhor custo-benefício para a realização do seu investimento.

3.3.3 Primeira Prova

A primeira prova aborda as questões técnicas para a implantação do sistema fotovoltaico. Primeiramente, com base nos dados geográficos de localização de cada ponto, foram levantados os dados de irradiação solar e temperatura de cada local. Após realizada a análise das últimas doze faturas de energia elétrica, foi estipulado o consumo anual, assim, determinando o consumo médio mensal. Com base nesses dados foi dimensionado o sistema a ser montado em cada ponto, feito através de Software *Asset Management* (SAM[®]), software de fácil acesso e além de seu uso ser gratuito, possui uma interface simples e pode ser encontrado para download no site da NREL (2019). A baixo é descrito o passo a passo do processo de avaliação técnica.

1º Passo: foram determinados os dados de Latitude e Longitude da localidade através de uma pesquisa simples no Google, na qual envolveu pesquisar o nome da cidade e os dados de latitude e longitude no buscador do google (2019). O objetivo deste passo foi validar os dados geográficos apresentados pela biblioteca do software SAM[®], assim, foi utilizado o valor da irradiação solar fornecida pelo software, qual é calculada com base no melhor ângulo de inclinação dos módulos para a região escolhida, sendo utilizando o mesmo ângulo da latitude do local, e por fim, foi calculado o valor do HSP (média diária horas de sol pico) através da Equação 3.1, onde, o valor de horas em que a irradiação solar deve permanecer constante e igual a 1 kW/m^2 (FREITAS, 2008).

$$HSP = \frac{\text{Irradiação no ângulo de inclinação}}{\text{Irradiação constante}} \quad (3.1)$$

2º Passo: Abrangeu o estudo da fatura de energia elétrica do consumidor, com o propósito de definir o seu consumo anual, assim como sua média de consumo mensal. Tal estudo ocorreu a partir da consulta do histórico de consumo do cliente com a finalidade de definir seu perfil de consumo, para isso, com a uma cópia da fatura de energia elétrica foi possível consultar seu histórico de consumo no site da distribuidora de energia elétrica, para os dois casos estudados foi utilizado o site da companhia RGE (2019). O objetivo desse procedimento foi determinar a potência do gerador fotovoltaico (Equação 3.2), e, conseqüentemente, determinar o número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados (Equação 3.3) (FREITAS, 2008).

$$PFV = \frac{C - C_d}{HSP \times TD \times 30} \quad (3.2)$$

$$N_m = \frac{PFV}{P_m} \quad (3.3)$$

Onde:

- PFV – Potência do gerador fotovoltaico (kWp);
- C – Consumo médio mensal anual de energia elétrica (kWh);
- Cd – Custo de disponibilidade mínima (kWh);
- HSP – Média diária de horas de sol pleno no plano dos módulos FV (h/dia);
- TD – Taxa de desempenho Global do Sistema (entre 0,7 e 0,8 para o Brasil);
- N_m - Número de módulos; e
- P_m - Potência de cada módulo.

3º Passo: Inserir o módulo escolhido no software SAM[®], o qual forneceu todos dados referentes ao módulo, como potência, eficiência, tensão, corrente. Sendo assim, esse passo foi utilizado para verificar os dados do módulo escolhido.

4º Passo: Foi determinado o inversor a ser utilizado. Nesse sentido, salienta-se que o software SAM[®] possui uma vasta biblioteca com diversos tipos de inversores, de diferentes potências e diferentes fabricantes (SAM, 2019). Primeiramente o inversor foi escolhido de acordo com a potência do gerador fotovoltaico, quanto ao fabricante ficou a critério do projetista determinar, porém, normalmente é escolhido o fabricante no qual se possui melhor acesso de compra no mercado.

5º Passo: Com auxílio do software SAM[®] foi determinado o design do sistema, ou seja, o formato no qual ele deve ser montado, de maneira a fornecer a melhor eficiência, determinando quantos módulos devem ser instalado em cada *string* (fila), de maneira que o ratio entre a conversão de corrente contínua e alternada, seja sempre maior ou igual 0,9. Esse valor determinado do ratio tem como objetivo garantir o funcionamento do inversor em todas as épocas do ano, pois apresentando um valor a baixo de 0,9 pode ocorrer o risco de o inversor não entrar em funcionamento no inverno, período onde a geração é menor, por exemplo.

6º Passo: Ainda no software SAM[®], após realizado os passos anteriores, foi realizada a simulação, onde os dados de produção de energia do sistema são apresentados, assim como sua capacidade e performance, além disso, também apresenta as perdas produzidas pelo sistema, sendo possível gerar um arquivo em formato PDF, no qual os resultados da simulação são apresentados.

7º Passo: Após determinado o tamanho do sistema e os equipamentos a serem utilizados, foi realizado o levantamento de preço comercial dos equipamentos. Para executar

esse passo foram efetuadas consultas online em sites e catálogos de fabricantes, como por exemplo, pesquisar o preço dos inversores no site da WEG (2019), site da Fronius (2019), as placas mais utilizadas no site da Canadian (2019). Com esse passo foi determinado o valor do investimento inicial.

Com base nos dados econômicos obtidos, o próximo passo foi a realização da segunda prova, na qual abrangeu a análise da viabilidade econômica.

3.3.4 Segunda Prova

Buscou-se determinar a viabilidade econômica de cada projeto, de maneira a auxiliar o cliente em sua decisão, sendo que, para esse estudo, foi utilizado o software Microsoft Excel[®], onde, através de métodos utilizados na Engenharia Econômica, como a TIR, VPL, Payback, foram obtidos os valores econômicos a serem analisados, determinando-se o custo-benefício de cada projeto.

3.3.5 Parecer referente à execução

Como citado anteriormente, a engenharia participa no ciclo de decisões de um projeto, sendo que, para o desenvolvimento desse projeto foram utilizadas as Engenharias Elétrica e Econômica em conjunto. Destaca-se aqui que a Engenharia Econômica principal é o passo final para a tomada de decisões, pois tem a principal função, que é a de determinar a viabilidade econômica do projeto. De maneira que, a avaliação desse projeto foi estipulada da seguinte forma:

- Construção do perfil energético gerado pelo sistema fotovoltaico ao longo do tempo de vida do projeto, levando em consideração os valores de radiação solar, temperatura das células solares e o rendimento dos painéis solares, visto que a energia gerada é função destas variáveis, quais foram simuladas através do software SAM[®];
- Construção dos fluxos de caixa do investimento ao longo do período de vida do empreendimento, baseados em cálculos realizados com auxílio da TMA, VPL, TIR e Payback, tendo em vista que o ativo gerado é função da energia gerada e da tarifa energética ditada pela concessionária local;
- Aplicação do método de tomada de decisão econômica; e
- Escolha da melhor alternativa de investimento.

Para a aplicação da tomada de decisão de viabilidade econômica foram aplicados os seguintes critérios.

1º Com base no payback:

- Utilizado para fins de viabilidade econômica foi considerado apenas o payback descontado, utilizado como um indicador complementar para realizar a verificação do tempo necessário para retorno do investimento através de fluxos de caixa;
- **Data zero** determinada pela data inicial do investimento;
- **Data terminal** é data em que todo o capital investido é recuperado; e
- **Data zero até data termina do projeto** o retorno obtido ao fim do período estipulado pelo projeto.

2º Com base no VPL (Equação 2.1):

- **VPL = 0** indica que o projeto não terá retorno e nem prejuízo econômico e a decisão de investir fica por conta dos investidores;
- **VPL > 0** indica que o projeto é economicamente viável; e
- **VPL < 0** indica que o projeto é economicamente inviável. .

3º Com base na TIR (Equação 2.2) e TMA:

- **TIR = TMA** indica que o projeto não terá retorno e nem prejuízo econômico e a decisão de investir no projeto fica à critério dos investidores;
- **TIR > TMA** indica que o projeto é economicamente viável; e
- **TIR < TMA** indica que o projeto é economicamente inviável e a decisão de investir no mesmo deve ser rejeitada. .

3.4 Considerações Finais

Nesse capítulo, foi apresentada os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como a metodologia para a realização da avaliação técnica e econômica do projeto e por fim, demonstrou-se como foi realizado o processo de tomada decisões.

O capítulo seguinte, demonstra os resultados obtidos através da aplicação das ferramentas de viabilidade técnica e de econômico-financeira dos projetos e o processo de tomada de decisão para o melhor investimento.

4 RESULTADOS

4.1 Considerações Gerais

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos para a análise da viabilidade técnica e econômica de dois sistemas de energia fotovoltaica, para dois diferentes perfis de consumo, sendo um residencial e outro comercial, qual pertencem ao mesmo consumidor. Os métodos abordados de acordo com os apresentados no Capítulo 2, tem por finalidade auxiliar no processo de decisão do consumidor, apresentando qual dos investimentos apresenta um melhor custo-benefício.

4.2 Primeira prova

A primeira prova trata da realização da análise técnica dos projetos, qual a partir dos dados do consumidor, como seu histórico de consumo baseado em uma fatura de energia elétrica, é realizado o planejamento do sistema fotovoltaico a ser instalado.

Como a previsão de instalação dos projetos é na mesma cidade, o primeiro passo para a realização da primeira prova vale para ambos projetos.

Sendo assim, foi realizado o levantamento dos dados de localização, a residência fica situada na cidade de Rosário do Sul – RS, onde encontra-se Latitude $30^{\circ} 15' 30''$ sul e Longitude $54^{\circ} 54' 51''$ oeste. Como o Brasil está localizado no hemisfério sul, deve-se apontar as placas para o lado norte, tal fato ocorre devido ao sol nascer no lado leste e conforme vai subindo vai se inclinando para o norte até se pôr no lado oeste. Além disso, o ângulo de inclinação das placas normalmente é igual ao ângulo da latitude, de maneira a garantir a melhor eficiência de geração do sistema. Então para este caso as placas devem ser apontadas nas seguintes coordenadas geográficas Latitude $-30^{\circ} 15' 30''$ ($-30,2545^{\circ}$) norte e Longitude $-54^{\circ} 54' 51''$ ($-55,0441^{\circ}$) leste, com uma inclinação de 30° . E o ângulo de inclinação das placas deve ser de 30° . A partir dos dados geográficos foi verificado os dados geográficos fornecidos pelo software, qual pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 – Localização de instalação dos projetos.

NREL National Solar Radiation Database (NSRDB)
Download the latest weather files from the NSRDB to add to your solar resource library. Download a typical-year (TMY) file for most long-term cash flow analyses, or choose files to download for single-year or P50/P90 analyses. See Help for details.

Download a TMY file for Americas... TMY or Single-year for Americas and Asia... [Map on NSRDB website](#)
[International Data Sources](#)

Solar Resource Library
Use the buttons above to download the latest NSRDB files and add them to your solar resource library. Click Folder Settings to add your own weather files to the library. The default library contains legacy weather files. See Help for details.

Weather file: C:\SAM\2017.9.5\solar_resource\Brazil BRA Rosario do Sul (INTL).csv

Header Data from Weather File

City: Rosario do Sul Time zone: GMT -3 Latitude: -30.2601 °N Folder settings...
State: RS Elevation: 134 m Longitude: -54.9279 °E Refresh library
Country: Brazil Data Source: SWERA Station ID: 839360 Open default library folder...

Annual Averages Calculated from Weather File Data

Global horizontal: 4.79 kWh/m²/day Average temperature: 19.5 °C View weather file data...
Direct normal (beam): 3.84 kWh/m²/day Average wind speed: 2.4 m/s
Diffuse horizontal: 2.04 kWh/m²/day Maximum snow depth: NaN cm

Files in Library

Search for: Rosario do Sul Name

Name	Station ID	Latitude	Longitude	Time zone	Elevation
Brazil BRA Rosario do Sul (INTL)	839360	-30.2601	-54.9279	-3	134

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Como pode ser observado o software fornece uma Latitude de $-30,26^\circ$ norte e uma Longitude de $-54,92^\circ$ oeste, comparando com os dados geográficos pesquisados os valores são praticamente iguais, sendo assim, foram validados os dados apresentados pelo software. Para realizar a busca no software basta iniciar um novo projeto, e ir na aba *Location and Resource*, na parte onde está escrito *Files in Library* em *search for*. Digita-se o nome da cidade desejada, seleciona-la que os demais dados apresentados pela Figura 1 são preenchidos automaticamente, como o média anual dos dados climáticos para a região, onde fornece o valor de irradiação solar com base no ângulo da Latitude, sendo que tal dado é utilizado para a realização do cálculo do HSP. Dessa forma, a realização do cálculo do HSP é dado através da Equação 3.1, onde irradiação com base no ângulo de inclinação foi obtido através do software, o valor está demonstrado na Figura 1, em Global horizontal, apresentando o valor de $4,79 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$, sendo assim, tem-se:

$$HSP = \frac{4,79}{1} \quad (4.1)$$

$$HSP = 4,79 \quad (4.2)$$

O valor obtido para o HSP é válido para os dois projetos, residencial e comercial, devido os mesmos encontrarem-se na mesma região.

4.2.1 Residencial

O segundo passo foi a realização da análise do consumo médio mensal com base na fatura de energia elétrica da residência do cliente, conforme é apresentada na Tabela

1, com dados do ano de 2018. O consumo médio define a potência que o sistema a ser instalado deve gerar para suprir 100% do consumo anual do cliente.

Tabela 1 – Consumo residencial do cliente.

Mês	Consumo (kWh)
Janeiro	1.003
Fevereiro	1.158
Março	771
Abril	695
Mai	431
Junho	472
Julho	486
Agosto	526
Setembro	600
Outubro	563
Novembro	573
Dezembro	800
Média mensal	673,1667
Total anual	8.078

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas faturas de energia elétrica.

Com base nos dados da Tabela 1, e o valor obtido para o HSP, calcula-se a potência do gerador fotovoltaico para a residência através da Equação 3.2, ressaltando que a residência possui um ponto monofásico, enquadrando-se no custo de disponibilidade mínima de 30 kWh.

$$PFV = \frac{673,1667k - 30}{4,79 \times 0,72 \times 30} \quad (4.3)$$

$$PFV = 6,20kWp \quad (4.4)$$

Para esse caso foi escolhido módulos da marca Phono Solar, com potência de geração de 260 W, sendo assim, através da Equação 3.3, calcula-se o número de módulos necessários para geração de energia e 6,2 kWp.

$$N_m = \frac{6,20k}{260} \quad (4.5)$$

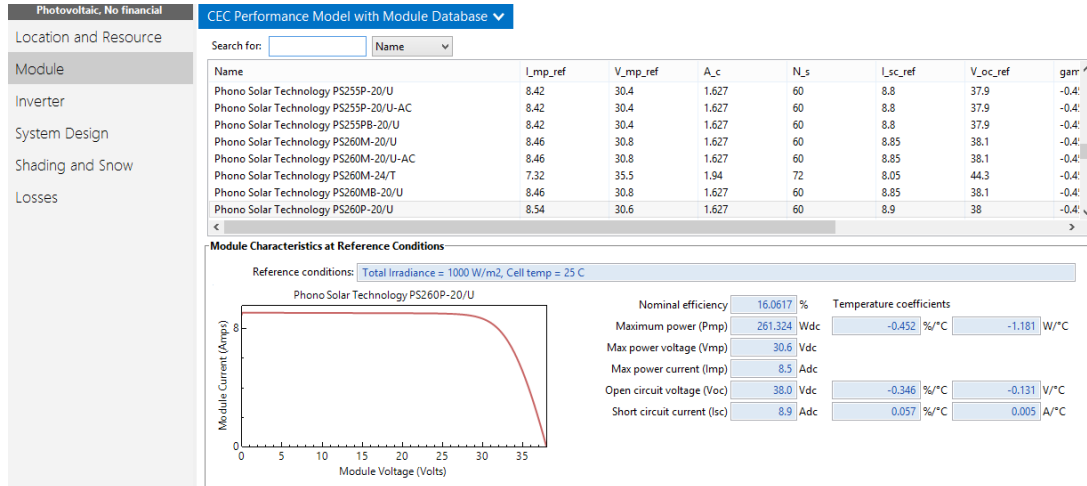
$$N_m \cong 24 \quad (4.6)$$

Logo o sistema a ser montado deve contar 24 painéis fotovoltaicos para obter uma geração estimada de 6,2 kWp.

Assim prossegue-se para o terceiro passo, o qual, no software seleciona-se o módulo escolhido, onde pode ser verificado seus dados nominais, como potência, tensão, corrente, eficiência entre outros dados, como pode ser visto na Figura 8. Para isso, na aba *Module*,

na área *search for* pode ser digitado o nome do módulo específico ou procurar na lista, após a seleção do módulo escolhido os dados se preenchem automaticamente.

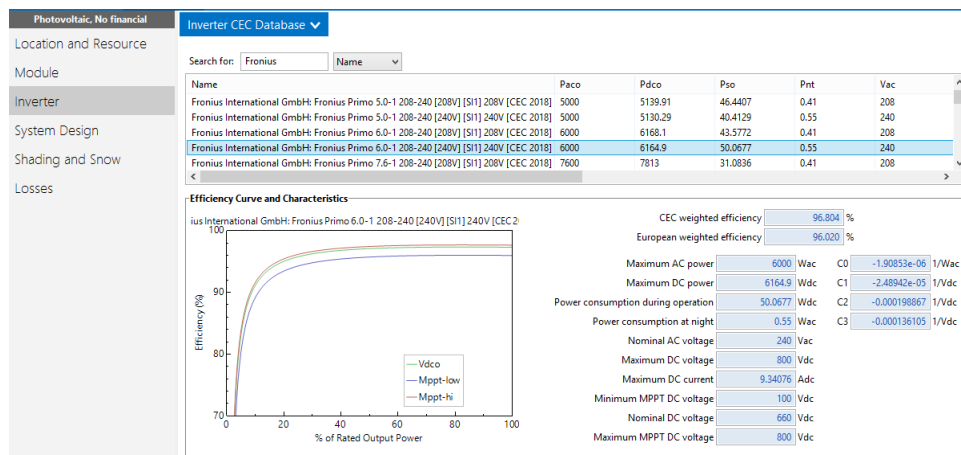
Figura 8 – Dados do módulo.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

O quarto passo envolveu a escolha do inversor, qual também fica critério do projetista determinar qual usar, porém, devendo respeitar os limites de potência calculados anteriormente. Nesse caso optou-se por um inversor da marca Fronios, modelo IG Plus V 6.0 (240V), qual atende a demanda determinada. A Figura 9 apresenta os dados do inversor, assim como o seu desempenho, na qual destaca-se que para escolher o inversor no software é feito da mesma forma que a escolha do módulo, porém, tal procedimento deve ser feito na aba *Inverter*.

Figura 9 – Dados do inversor.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Ainda no software é definido o designer do sistema, como pode ser visto na Figura 10, onde se define quantas *strings* devem ser utilizadas, ou seja, quantos módulos cada fila irá conter, a fim de obter o melhor desempenho do sistema, para isso, na aba *System Designs*, na área *System Sizing*, e se pode alterar os dados em *modules per string* (número de módulos por fila), *strings in parallel* (quantidade de filas) e *number of inverters* (quantidade de inversores).

Para isso deve-se sempre cuidar a área *sizing messages*, a qual não pode apresentar mensagens de erros e deve apresentar um ratio maior ou igual a 0,85, de maneira a buscar sempre a melhor eficiência para o sistema. Ainda nessa aba, na área *estimate of overall land usage*, é possível saber a estimativa do tamanho da área a ser utilizada para a implantação do sistema fotovoltaico, nesse caso, é necessária uma área de 39 m².

Figura 10 – Designer do sistema.

The screenshot displays the 'System Sizing' and 'Configuration at Reference Conditions' sections of a PV Designer software interface. The interface is organized into a sidebar on the left and a main configuration area on the right.

System Sizing:

- Specify desired array size
- Specify modules and inverters
- Desired array size: 4 kWdc
- DC to AC ratio: 1.20
- Modules per string: 8
- Strings in parallel: 3
- Number of inverters: 1

Configuration at Reference Conditions:

Modules		Inverters	
Nameplate capacity	6.272 kWdc	Total capacity	6.000 kWac
Number of modules	24	Total capacity	6.165 kWdc
Modules per string	8	Number of inverters	1
Strings in parallel	3	Maximum DC voltage	800.0 Vdc
Total module area	39.0 m ²	Minimum MPPT voltage	100.0 Vdc
String Voc	304.0 V	Maximum MPPT voltage	800.0 Vdc
String Vmp	244.8 V	Battery maximum power	0.000 kWdc

DC Subarrays:

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

String Configuration	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
Strings in array	3 (always enabled)	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable
Strings allocated to subarray	3	0	0	0

Tracking & Orientation:

Diagrams show Azimuth (N=0, W=270, E=90, S=180) and Tilt (Vert. 56°, Horiz. 0°).

Tracking & Orientation	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed
<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis
<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis
<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis
<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt
<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude
Tilt (deg)	20	20	20	20
Azimuth (deg)	0	180	180	180
Ground coverage ratio (GCR)	0.3	0.3	0.3	0.3
Tracker rotation limit (deg)	45	45	45	45
Backtracking	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable

Estimate of Overall Land Usage:

SAM uses the total land area only when you specify a \$/acre cost on the System Costs page: Total land area = total module area + GCR × 0.0002471 (1 m² = 0.0002471 acre).

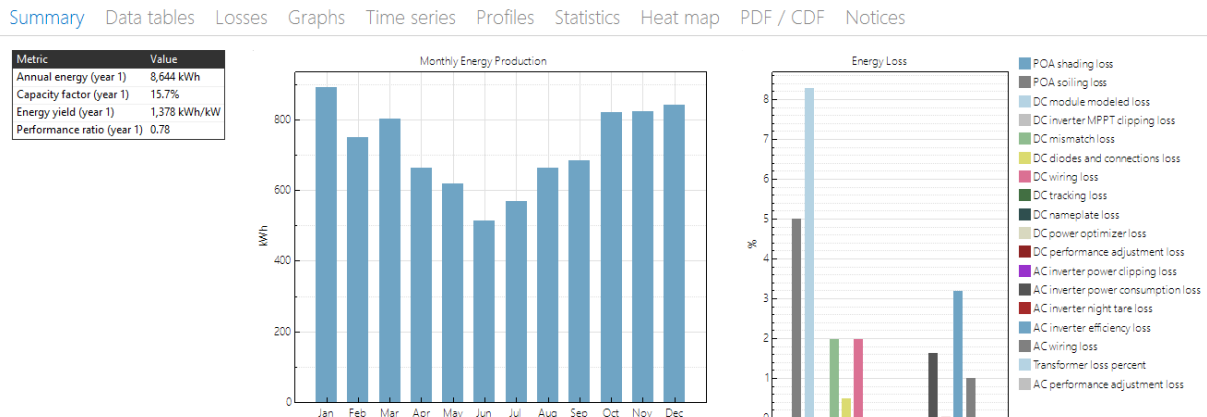
Total module area	39.0 m ²
Total land area	0.0 acres

Buttons at the bottom left: Simulate >, Parametrics, Stochastic, P50 / P90, Macros.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Com todos os dados selecionados no programa, então usa-se a opção *simulate* (Figura 10), para rodar o sistema, assim, apresentado os resultados de geração e perdas do sistema de forma gráfica, apresentado a geração estimada para cada mês, ainda demonstra a estimativa da geração anual do primeiro ano que foi de 8644 kWh, uma demanda qual supri 100% do consumo do cliente. Ainda apresenta o fator de capacidade do sistema, qual foi de 15,7%, a relação entre energia e a potência, onde cada 1 kWp instalado um tem potencial para gerar 1,378 kWh, de acordo com o apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Resultados para o sistema residencial.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

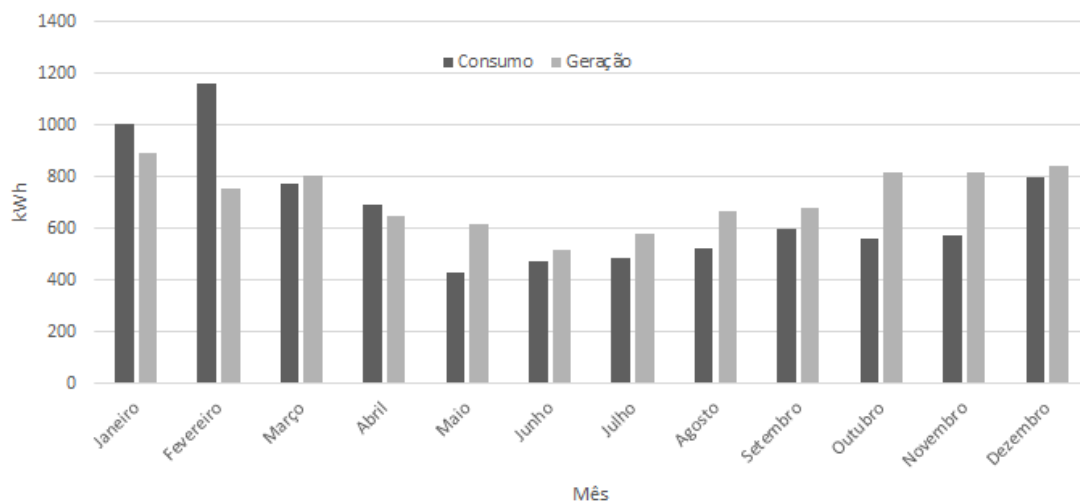
Por fim, o sistema fotovoltaico proposto deve ser capaz de produzir uma potência de 6,20 kWp, para isso escolheu-se o kit de 6,3 kWp, composto por:

- 24 painéis solares Phono Solar Technology PS260P-20/U;;
- 3 *strings* (1 para cada 8 painéis) ;
- 1 inversor de frequência Fronius USA: IG Plus V 6.0 (240V);
- 100 metros de cabo solar 6 mm^2 ;
- 8 conectores MC4 macho;
- 8 conectores MC4 fêmea;
- 1 *stringbox* CC/CA 1000 Vcc; e
- Estrutura de fixação telhado Solar Fix.

A partir da montagem dessa estrutura se espera gerar energia elétrica para suprimir o consumo anual da residência baseada no histórico de consumo do cliente, porém, através das simulações via software SAM[®], a estimativa da geração anual de energia é 8644 kWh, o que supre mais de 100% do consumo anual do cliente.

A Figura 12 apresenta um gráfico comparativo entre consumo e a possível geração no período de um ano, onde se observa que os meses de maior consumo coincidem com os de maior geração, ou seja, no período de primavera/verão.

Figura 12 – Consumo x Geração residencial 1º ano.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a realização da execução desse sistema fotovoltaico é necessária uma área de $39 m^2$. O investimento inicial do cliente com material e mão de obra é de R\$ 39.239,30 reais. O projeto é estimado para um prazo de 25 anos, onde seus custos de manutenção e operação são de aproximadamente 0,5% ao ano referente ao custo do projeto, ao longo dos 25 anos, e ainda conta com garantia de 25 anos para os painéis fotovoltaicos, 5 anos do inversor, 10 anos as estruturas e 1 anos de garantia da instalação contatando a partir da data de entrega.

4.2.2 Comercial

Como o estudo geográfico da região já foi realizado anteriormente, parte-se para o estudo da fatura de energia elétrica do ponto comercial, com a finalidade de determinar seu consumo médio mensal, e seu consumo anual, conforme dados fornecidos pelo cliente é gerada a Tabela 2, estudo realizado com dados do ano de 2018.

Tabela 2 – Consumo comercial do cliente.

Mês	Consumo (kWh)
Janeiro	4.303
Fevereiro	4.942
Março	3.972
Abril	3.348
Mai	2.207
Junho	2.398
Julho	2.494
Agosto	2.633
Setembro	2.609
Outubro	2.691
Novembro	3.106
Dezembro	3.505
Média mensal	3.184
Total anual	38.208

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas faturas de energia elétrica.

O ponto comercial, assim como o residencial, pertence a mesma classe de consumo, ou seja, monofásico, sendo assim, seu custo de disponibilidade mínima é igual a 30 kWh, com os dados fornecidos pela Tabela 2, o valor do HSP calculado anteriormente, e a Equação 3.2, determina-se o valor da potência para esse sistema fotovoltaico

$$PFV = \frac{3184k - 30}{4,79 \times 0,8 \times 30} \quad (4.7)$$

$$PFV = 27,41kWp \quad (4.8)$$

Nesse sistema foi escolhido módulos da marca *AU optronics*, com potência de geração de 330 W, através da Equação 3.3, determina-se o número de módulos a compor o sistema.

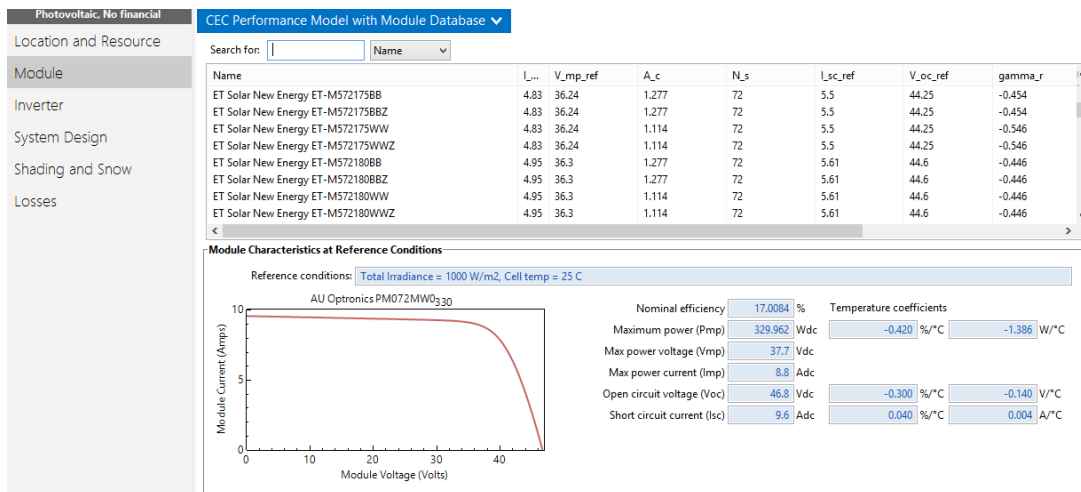
$$N_m = \frac{27,41k}{330} \quad (4.9)$$

$$N_m \cong 83 \quad (4.10)$$

Dessa forma, para o sistema gerar uma potência de energia de 27,41 kWp é necessário que ele seja composto por 83 módulos fotovoltaicos.

Com os dados em mãos, com o auxílio do software, obtém-se os dados referentes ao módulo escolhido, como pode ser visualizado na Figura 13, desta forma, podendo conhecer a eficiência do módulo, assim como seus dados nominais.

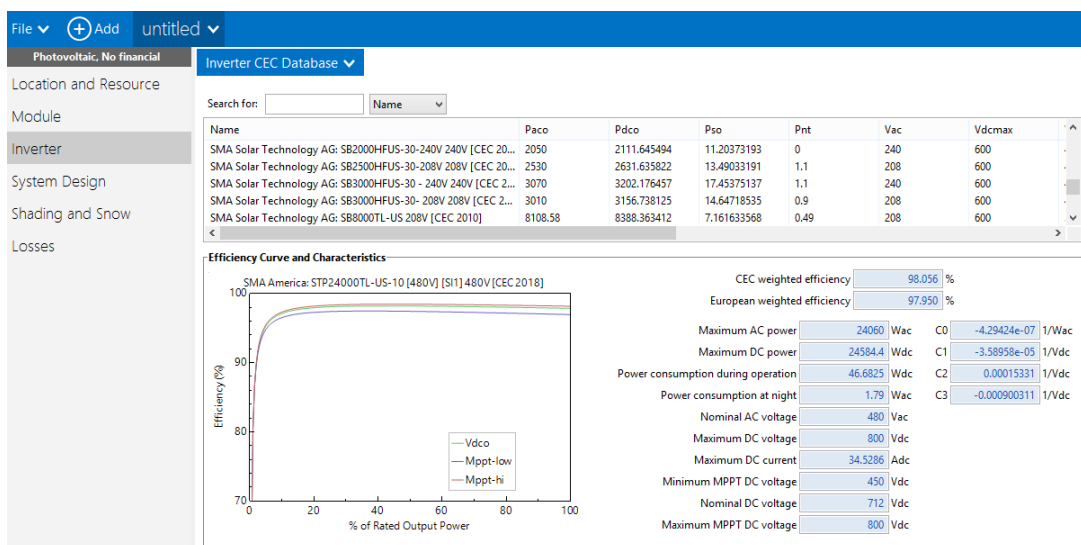
Figura 13 – Dados do módulo.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Diante o exposto, o projetista determina o inversor a ser utilizado. Para essa situação optou-se pelo SMA América, qual é importando pela empresa WEG, modelo STP24000TL de 480V. Os dados nominais do inversor são dados de acordo com a Figura 14.

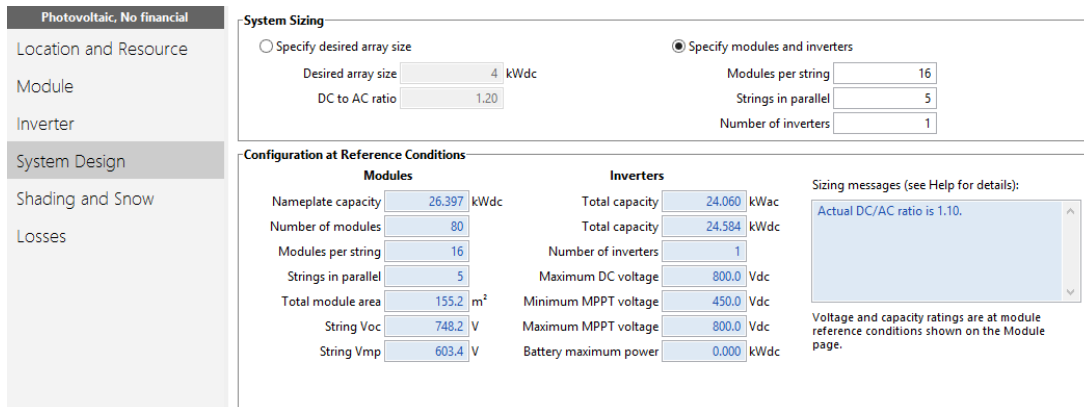
Figura 14 – Dados do inversor.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Após determinado a quantidade dos equipamentos a serem utilizados, é definido o design do sistema, qual pode ser observado na Figura 15, sendo formado para 5 *strings* em paralelo, com 16 módulos cada uma. Para a instalação desse sistema é necessária uma área de 155,2 m². Para esse projeto optou-se pela redução de 3 módulos, pois o sistema iria gerar em torno de 10% a mais, onde esse energia gerada não seria utilizada devido as limitações do inversor, caso fosse optado por um inversor de maior capacidade, o projeto começa a perder sua atratividade financeira, pois, mesmo com a redução de 3 módulos o sistema iria gerar quase 100% da demanda utilizada pelo cliente.

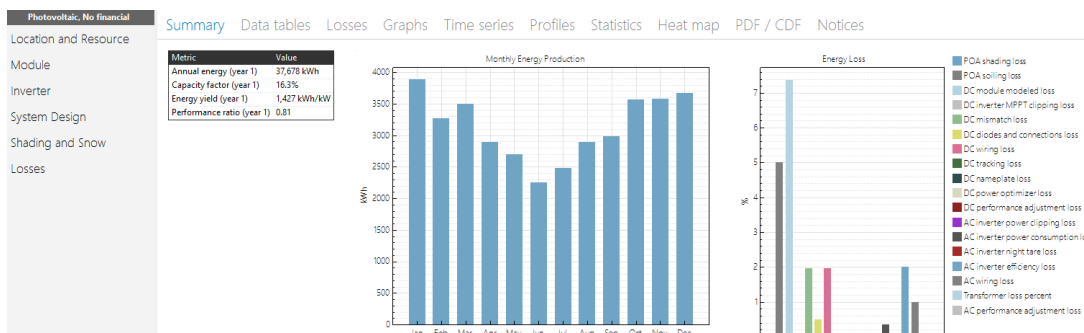
Figura 15 – Designer do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Logo no software utilizamos a ícone *simulate*, de forma a apresentar os possíveis resultados de geração deste sistema para o primeiro ano, o qual tem uma perspectiva de geração de 37.687 kWh no primeiro ano, suprindo cerca de 98,6% da demanda utilizado pelo cliente. Ainda tem capacidade para gerar 1.427 kWh para cada kWp instalado, com um fator de capacidade de 16,3% para o primeiro ano. Os dados podem ser observados na Figura 10.

Figura 16 – Resultados para o sistema comercial.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no software.

Sendo assim, optou-se por um kit de geração de 26,4 kWp, qual é formado pelos seguintes elementos:

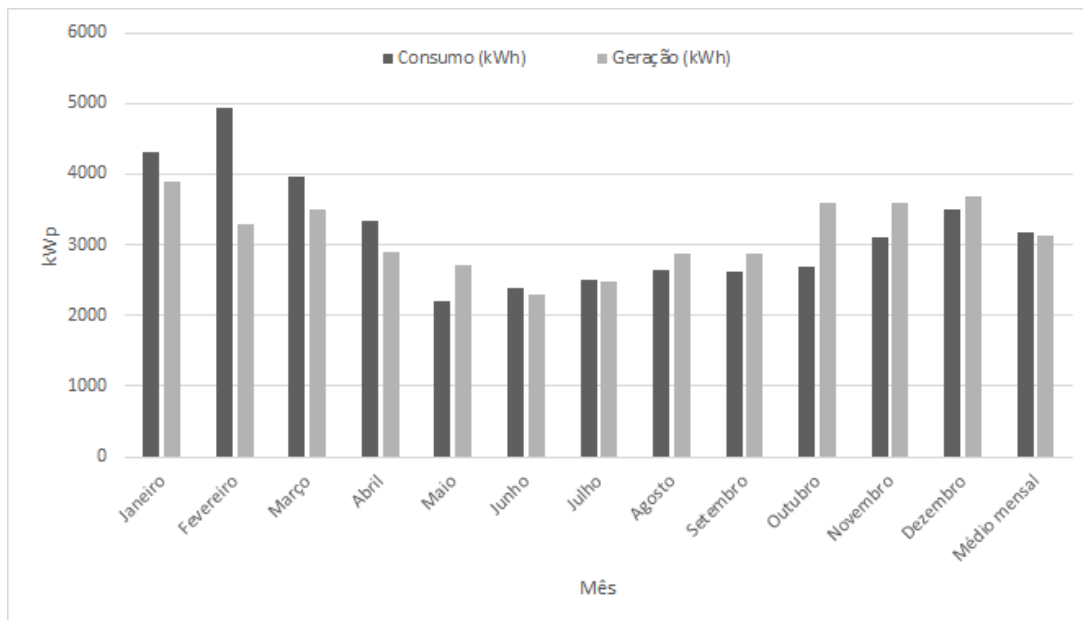
- 80 painéis solares AU Oprtonics PMO72MW0 330;
- 5 *strings* (1 para cada 16 painéis);
- 1 inversor de frequência SMA America: STP24000TL-US-10 [480V];
- 300 metros de cabo solar 6 mm²;
- 13 conectores MC4 macho;
- 13 conectores MC4 fêmea;

- 1 *stringbox* CC/CA 1000 Vcc; e
- Estrutura de fixação telhado Solar Fix.

Após a execução desse projeto espera-se suprimir a demanda de energia elétrica do ponto comercial do cliente, porém, devido as perdas elétricas, perdas de conversões CC-CA/CA-CC, assim como a degradação do material, logo a estimativa que o projeto consiga suprir 97,9% do consumo anual, ou seja, o sistema gera aproximadamente 37.678 kWp.

Na Figura 17 é possível observar o comportamento entre consumo e geração estimada pelo período do primeiro ano.

Figura 17 – Consumo x Geração comercial 1º ano.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse projeto apresentou um custo R\$ 124.467,70, como investimento em materiais e mão de obra para execução, sendo necessário uma área de 155,2 m^2 para sua instalação. O prazo estimado de vida útil do projeto é de 25 anos, e seus custos de manutenção e operação ficam por volta de 0,5% ao ano tendo como referência o valor do projeto, durante os 25 anos. Para retificar a confiança, o cliente ainda conta com 25 anos de garantia dos painéis solares, 5 anos de garantia do inversor, 10 para as estruturas e 1 ano de garantia da instalação a partir da data de entrega do projeto.

4.3 Segunda prova

A segunda prova abrangeu a análise da viabilidade econômico-financeira do projeto, onde, através de ferramentas utilizadas em Engenharia Econômica, foi calculado o tempo de retorno do investimento, assim como o possível lucro, com objetivo de terminar qual dos dois projetos possui um melhor custo-benefício para o investimento.

A cidade de Rosário do Sul é atendida pela concessionária RGESul, onde o preço do kWh é de R\$ 0,706792 para bandeira tarifária normal, ou seja, a verde. Sendo assim, alguns parâmetros financeiros foram definidos para a realização dos cálculos, quais são válidos para ambos os projetos, conforme a Tabela 3. A TMA utilizada é baseada no valor da taxa Selic de 2/01/2019 acrescido de 5% (IPEA, 2019). O acréscimo de 5% é utilizado com objetivo garantir um retorno maior, do que foi investido baseado somente na variação da taxa Selic.

Tabela 3 – Parâmetros para cálculos financeiros.

Parâmetro	Valores
ICMS – Geração	0
ICMS – Consumo	30% a. m.
PIS/COFINS - Geração	0
PIS/COFINS - Consumo	6,33% a. m.
Reajuste tarifário	6,50% a. a.
TMA	7% a. a.
Manutenção	0,5% a. a.
Tarifa verde	R\$ 0,71
Tarifa amarela	R\$ 0,72
Tarifa vermelha 1	R\$ 0,74
Tarifa vermelha 2	R\$ 0,75
Horizonte do projeto	25 anos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os métodos descritos no Capítulo 2, são utilizados com auxílio do software Microsoft Excel[®], na qual as planilhas encontram-se nos Apêndices deste trabalho, com a finalidade de verificar a viabilidade econômico-financeira do projeto.

Para uma melhor análise do cliente, são apresentados os resultados em todos os patamares tarifários expostos. Sendo assim, os resultados são apresentados em fluxos de caixa para esse projeto de acordo com os valores tarifários apresentados para cada bandeira tarifária, na qual é possível observar a estimativa do de retorno do investimento em um horizonte de 25 anos.

Além disso, ressalta-se que o pior caso para o consumidor a ser considerado foi quando o sistema opera na bandeira verde, pois o retorno é menor. Ademais, as ferramentas de Engenharia Econômica descritas anteriormente tem como finalidade de auxiliar na tomada de decisão do cliente.

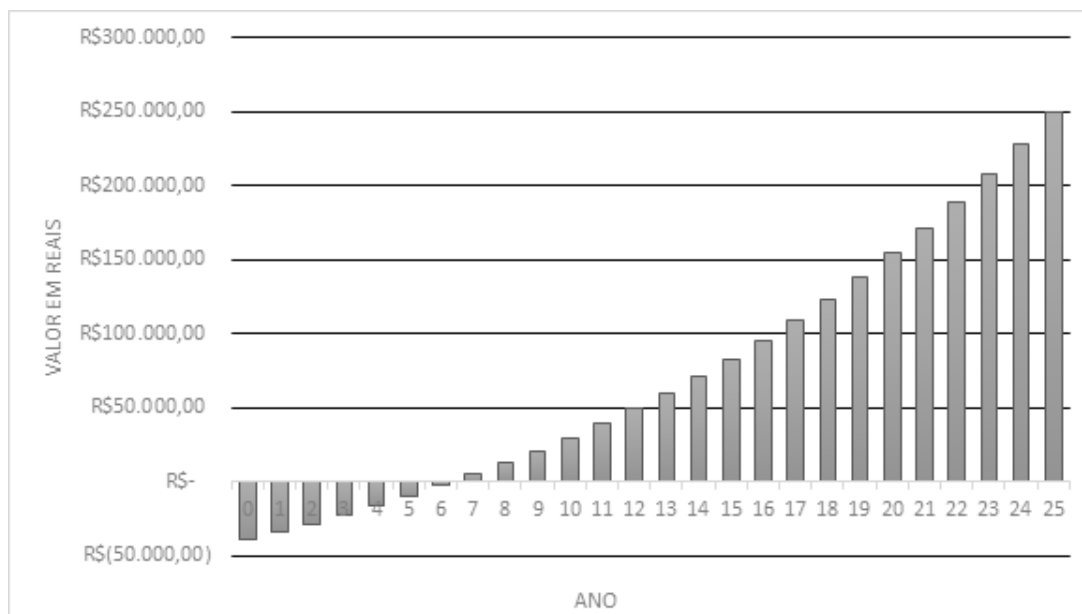
4.3.1 Residencial

O projeto residencial (apêndices) apresenta um investimento inicial de R\$ 39,239.30 (B2), onde a coluna B apresenta todas as despesas do projeto, ou seja, as saídas do caixa, do ano 1 ao ano 25, estão representadas as despesas com manutenção a taxa de 0,5% a. a., referente ao investimento inicial. O valor de manutenção considera o valor do dinheiro

no tempo, dessa forma, foi aplicado sobre tal custo um reajuste anual de 0,50% , e o custo total de manutenção no período de 25 anos foi de R\$ 17.487,08 (soma de B3 até B27).

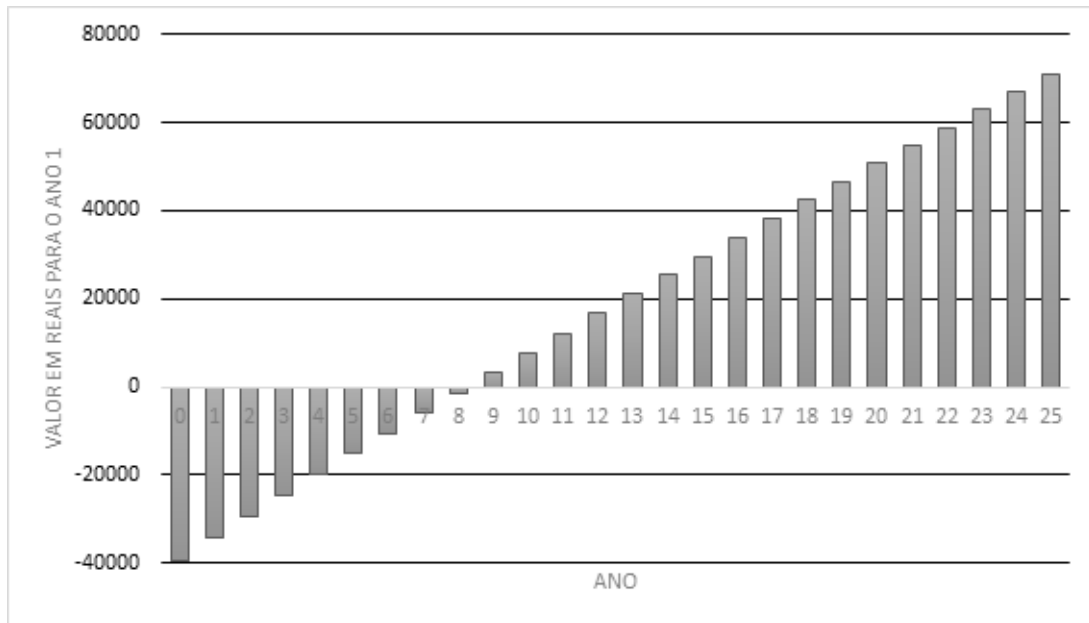
A Figura 18 e 19 representam o fluxo de caixa do cenário da bandeira tarifaria verde, onde o custo do kWh é de R\$ 0,706792, estimada a geração de uma receita bruta de R\$ 306.553,06, dada pela soma de todos os dados de C3 a C27. Já a receita líquida estimada para o final dos 25 anos é R\$ 249.826,68, dada através da soma dos dados da coluna D2 até D27, onde o saldo de cada ano é dado pela subtração da coluna C pela B (C-B), para cada respectivo ano. Com esses dados, assim, determina-se o tempo de retorno do investimento, ou seja, o payback simples (Figura 18), o investimento apresenta retorno entre o ano 6 e ano 7 (coluna E), para determinar o tempo exato utiliza-se a A8, qual é subtraído pela divisão da divisão da E8 por D9 (E8/D9), apresentado um tempo de retorno de 6 anos e 5 meses (D28). Enquanto isso, o payback descontado (Figura 19) apresenta um tempo de retorno de 8 anos e 4 meses (D29). Pode-se ver na coluna G que saldo passa a ser positivo entre o ano 8 e o ano 9 (coluna G), o tempo exato é determinado pela subtração de A9, pela divisão de G9 por F10 (G9/F10). A coluna F representa o saldo no valor presente. Ainda é calculado o valor do VPL e da TIR, para uma melhor análise de viabilidade, o valor encontrado para o VPL é de R\$ 70.798,98 (D30), para isso utiliza-se a função VPL do Microsoft Excel[®], apresentado uma TIR de 18,58% (D31).

Figura 18 – Payback simples, bandeira verde, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Payback descontado, bandeira verde, horizonte 25 anos.

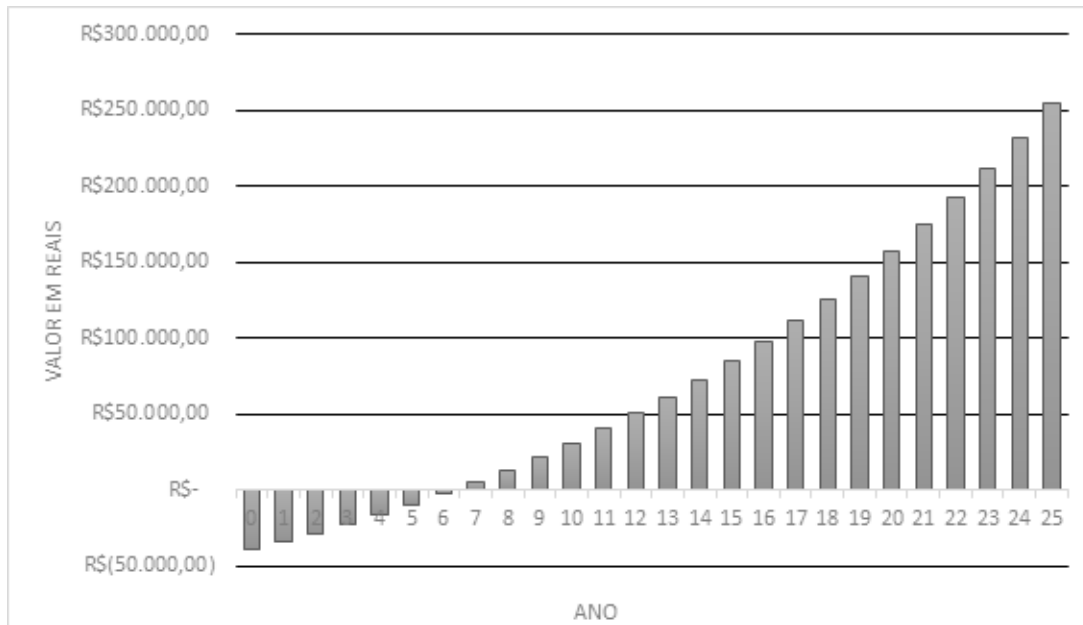


Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando a bandeira amarela é utilizada o kWh para a ter o valor de R\$ 0,716792, assim, estimasse um retorno bruto nos 25 anos de operação do sistema fotovoltaico de R\$ 310.890,30, dado pela soma dos dados de C3 até C27, de maneira, a gerar um retorno líquido de R\$ 254.163,93 ao final dos 25 anos. Dado obtido pela soma de D2 até D27, de maneira que o saldo anual é dado pela subtração dos dados da coluna C pela coluna B para cada ano.

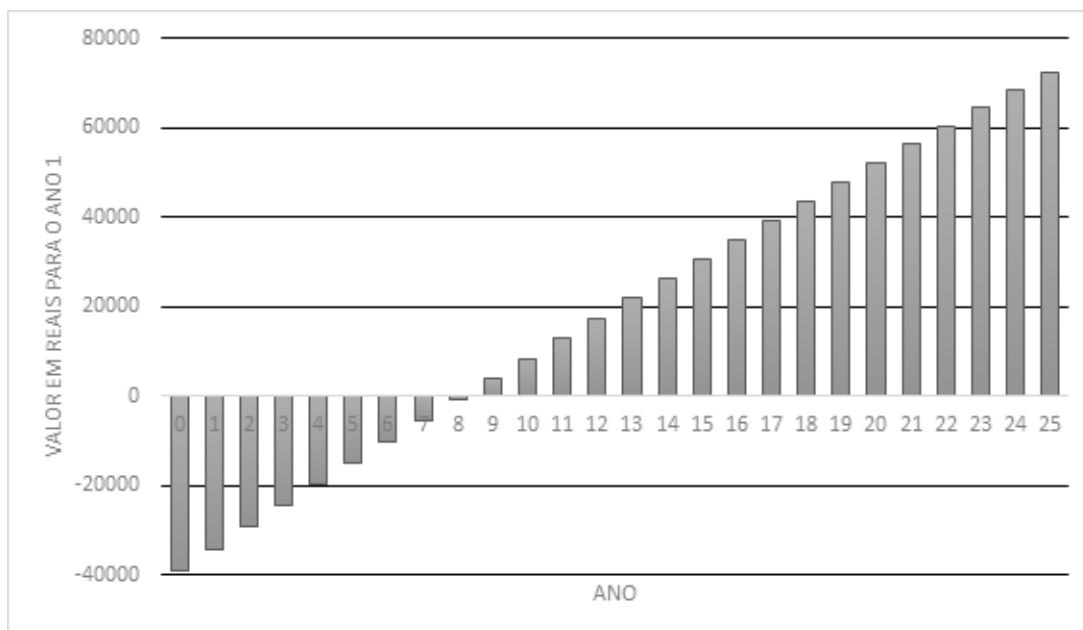
Já o payback simples estima um tempo de retorno de 6 anos e 4 meses, apresentado pela coluna E onde é possível visualizar que entre o ano 6 e o ano 7 o investimento começa a ter retorno, representado na Figura 20. Já o payback descontado, estima um tempo de retorno de 8 anos e 2 meses, como pode ser visto na Figura 21, e também na coluna G onde no ano 8 o saldo ainda encontra-se no negativo e no ano seguinte passa para o saldo positivo. Ainda com a bandeira amarela o VPL previsto para o horizonte de 25 anos é no valor de R\$ 72.454,95 (D30) e uma TIR de 18,79% (D31).

Figura 20 – Payback simples, bandeira amarela, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Payback descontado, bandeira amarela, horizonte 25 anos.



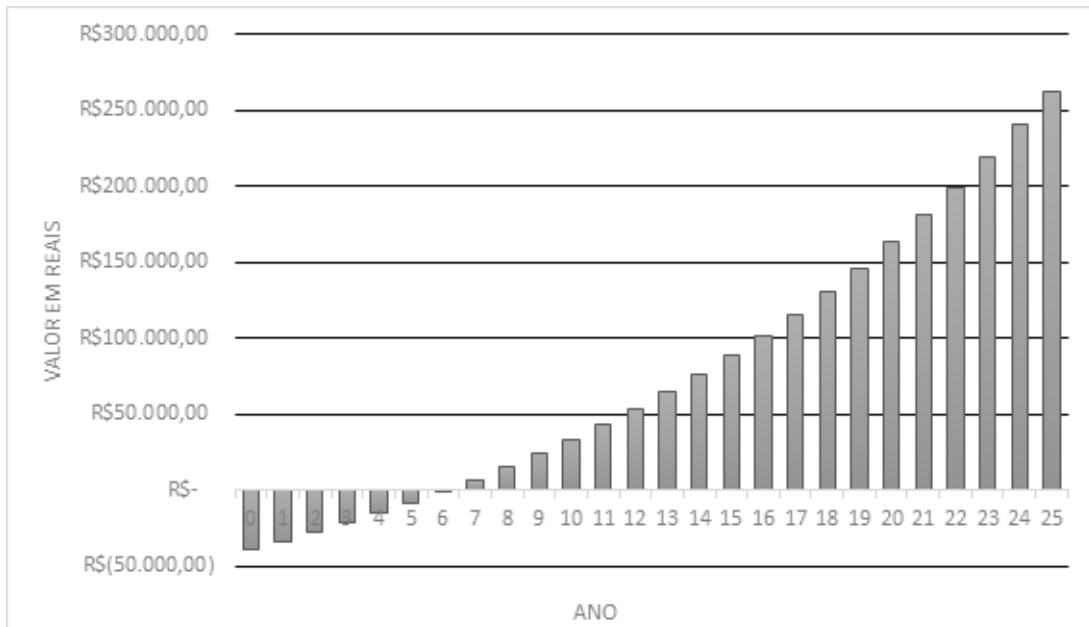
Fonte: Elaborado pelo autor.

No momento em que a bandeira vermelha entra em operação ela é dada por dois patamares, no patamar 1 o kWh custa R\$ 0,716792, o que estima que em 25 anos tenha uma receita bruta de R\$ 319.564,80 (soma de C3 até C27), já sua receita líquida é de R\$ 262.838,42 (soma D2 até D27).

Dessa forma, a Figura 22 representa o payback simples para essa operação, onde entre o ano 6 e ano 7 o valor do saldo do seu caixa passa do negativo para o positivo, com um tempo de retorno estimado de 6 anos e 2 meses (coluna E), entretanto, o payback

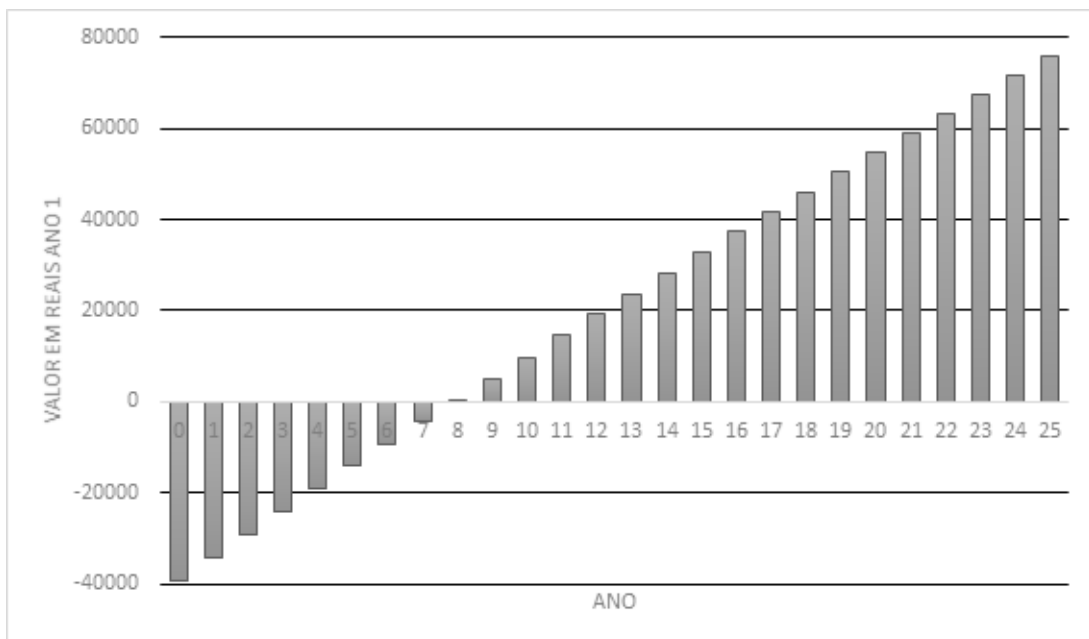
descontado mostra um tempo de retorno estimado em 7 anos e 11 meses (coluna G), e pode ser observado pela Figura 23. Para essa situação o VPL estima um valor de R\$ 75.766,89 (D30), enquanto a TIR prevista é de 18,79% (D31).

Figura 22 – Payback simples, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 – Payback descontado, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.



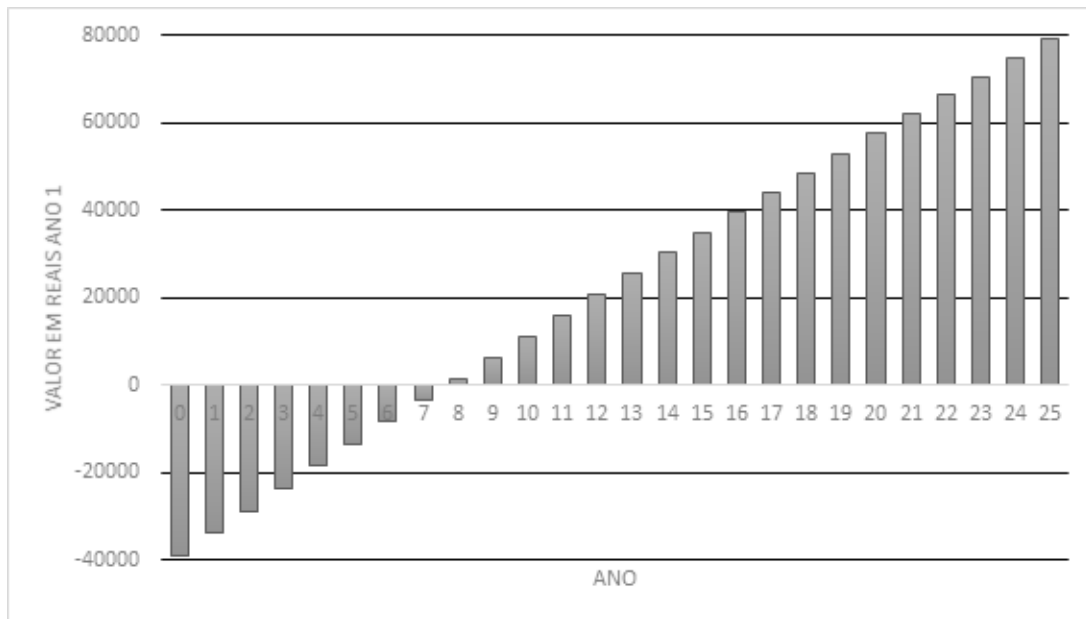
Fonte: Elaborado pelo autor.

Enquanto a bandeira vermelha patamar 2 tem o valor do kWh de R\$ 0,756792. Dessa maneira estima um retorno bruto de R\$ 328.239,29 (soma de C3 até C27), assim, estimando um retorno líquido de R\$ 271.512,90 (soma D2 até D27) ao final do horizonte

de 25 anos. Enquanto o tempo de previsão de retorno é de 6 anos, ou seja, seu payback simples, mostrado na Figura 24, ou ainda, pode ser visualizado na coluna E, onde no ano 5 o saldo encontra-se no negativo, e no ano 6 passa a ser positivo.

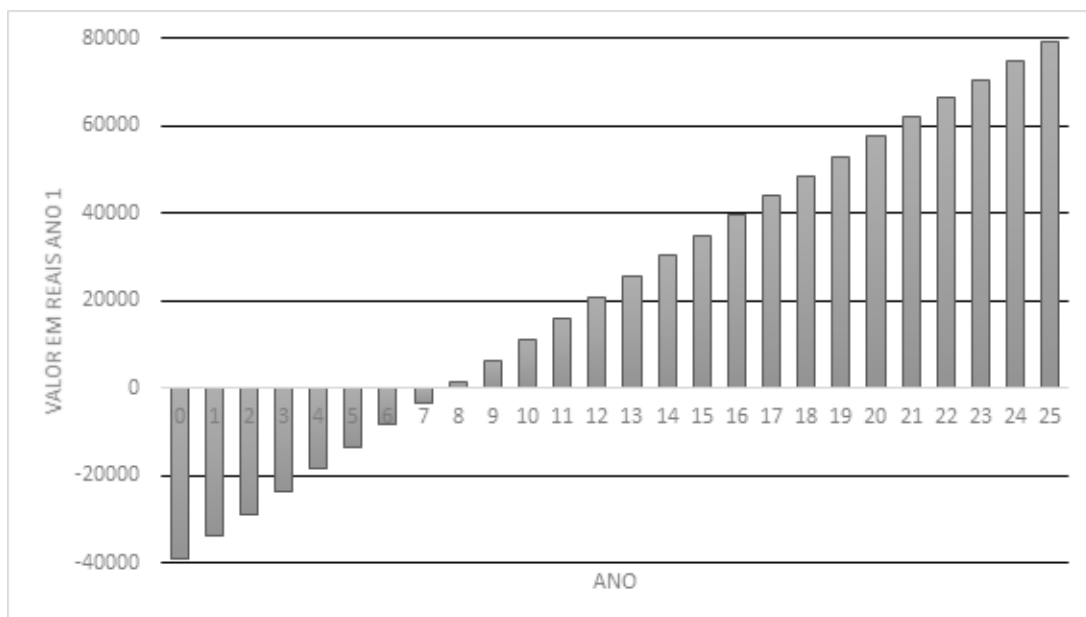
Já a Figura 25 representa o payback descontando, qual estima um tempo de retorno de 7 anos e 8 meses, visto também na coluna G. Neste caso a previsão do VPL é de R\$ 79.078,82 (D30), e a TIR é calculada em torno de 19,69% (D31).

Figura 24 – Payback simples, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 25 – Payback descontado, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 4 apresenta resumidamente os resultados obtidos para cada tipo de bandeira tarifária, com finalidade de auxiliar de maneira mais simples a análise econômica.

Tabela 4 – Resultados obtidos para a residencia.

Bandeira	Parâmetro	Valores
Verde	VPL	R\$ 70.798,98
	TIR	18,56%
	Payback simples	6 anos e 5 meses
	Payback Descontado	8 anos e 4 meses
Amarela	VPL	R\$ 72.454,95
	TIR	18,79%
	Payback simples	6 anos e 4 meses
	Payback Descontado	6 anos e 2 meses
Vermelha 1	VPL	R\$ 75.766,89
	TIR	19,24%
	Payback simples	6 anos e 2 meses
	Payback Descontado	7 anos e 11 meses
Vermelha 2	VPL	R\$ 79.078,82
	TIR	19,69%
	Payback simples	6 anos
	Payback Descontado	7 anos e 8 meses

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos valores contidos na Tabela 4, ficou determinado que o projeto é economicamente viável, considerando o horizonte de 25 anos, mesmo no pior caso apresentado, bandeira verde, tem-se o VPL maior que zero, assim como a TIR maior que a TMA, estimando um tempo de retorno do investimento em 8 anos e 4 meses, leva-se em consideração o valor apresentado pelo payback descontado, devido ser o mais indicado para projetos econômicos

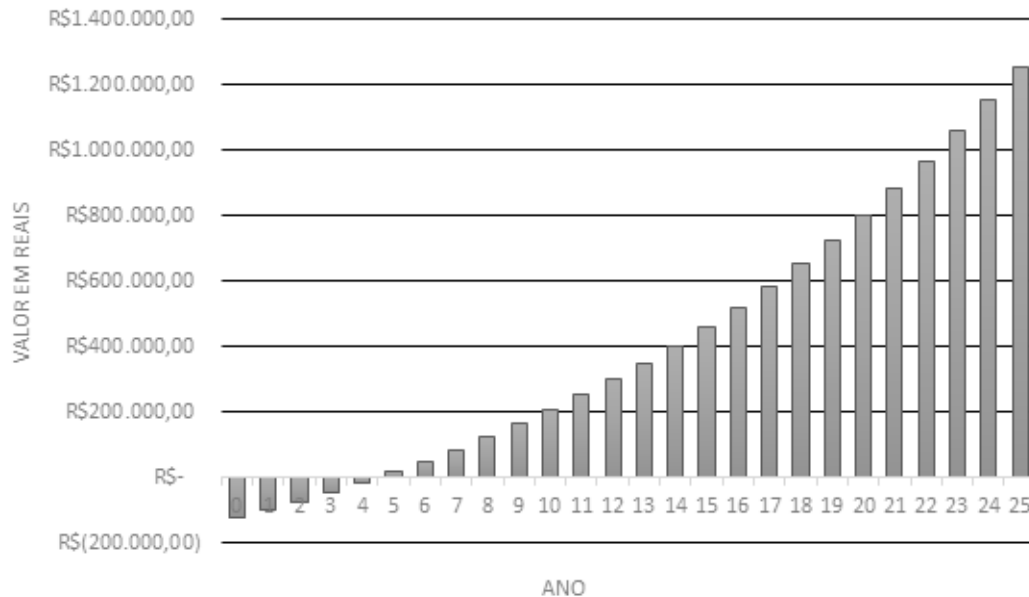
4.3.2 Comercial

Para a implementação do projeto comercial (apêndices) é necessário um investimento inicial de R\$ 124.467,20 (B2), sendo a coluna B todas as saídas do caixa no horizonte dos 25 anos, o seu custo de manutenção é em torno de R\$ 27.734,53 (soma de B3 até B27), qual leva em consideração uma taxa de 0,5% a.a., calculado com base no valor do investimento inicial. Assim como, para o projeto residencial, aqui também sobre o valor de manutenção foi aplicado um reajuste anual de 0,5%.

Esse sistema quando avaliado para operação na bandeira verde, estima de uma receita bruta de R\$ 1.436.777,81 (soma dos dados de C3 até C27), estimando uma receita líquida de R\$ 1.284.576,07 (E27) para um horizonte de 25 anos. Prevê um retorno do valor investido em 4 anos e 6 meses (D28), valor dado pelo payback simples, apresentado na Figura 26 e também pode ser observado na coluna E.

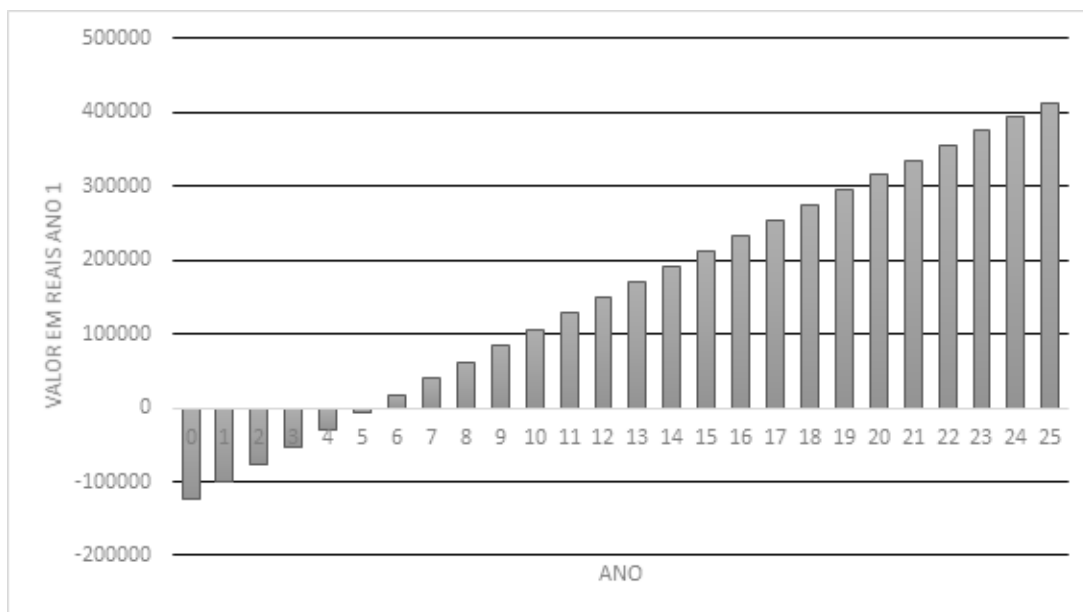
Já a previsão payback descontado é de 5 anos e 5 meses (D29), dado pela Figura 27, e pode ser analisa na coluna G. Nessa situação de operação o VPL estima um valor de R\$ 412.988,45 (D30), apresentando uma TIR de 26,40% (D31).

Figura 26 – Payback simples, bandeira verde, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27 – Payback descontado, bandeira verde, horizonte 25 anos.



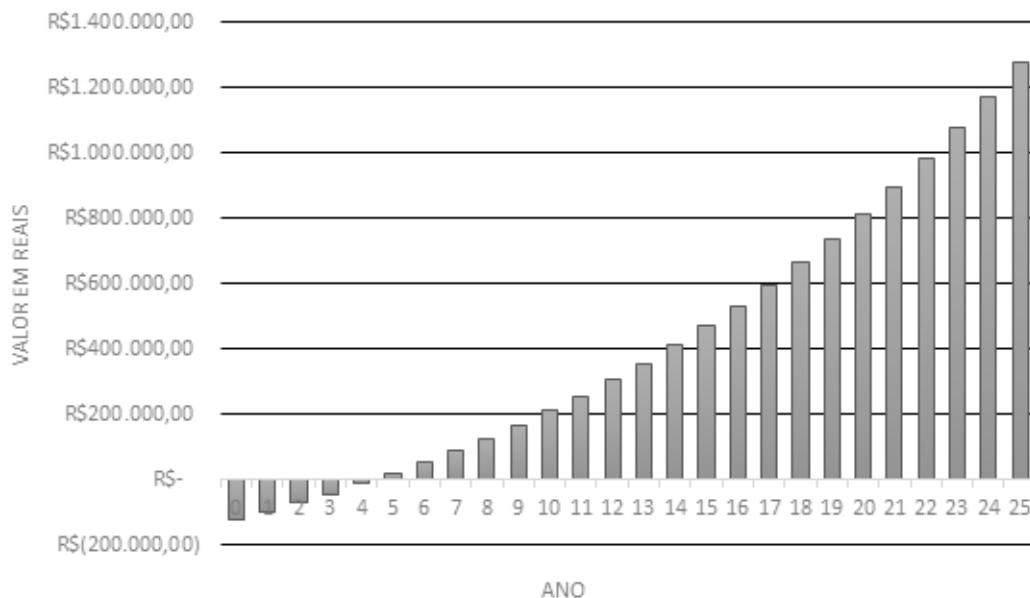
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para operação na bandeira amarela, esse projeto prevê um retorno bruto no valor de R\$ 1.457.105,97 (soma dos dados de C3 até C27), com previsão de R\$ 1.304.904,23 (E27) como retorno líquido dentro de 25 anos. O projeto prevê através do payback simples

um tempo de 4 anos e 5 meses (D28) para começar a ter retorno, dado pela Figura 28, ou ainda, pela coluna E.

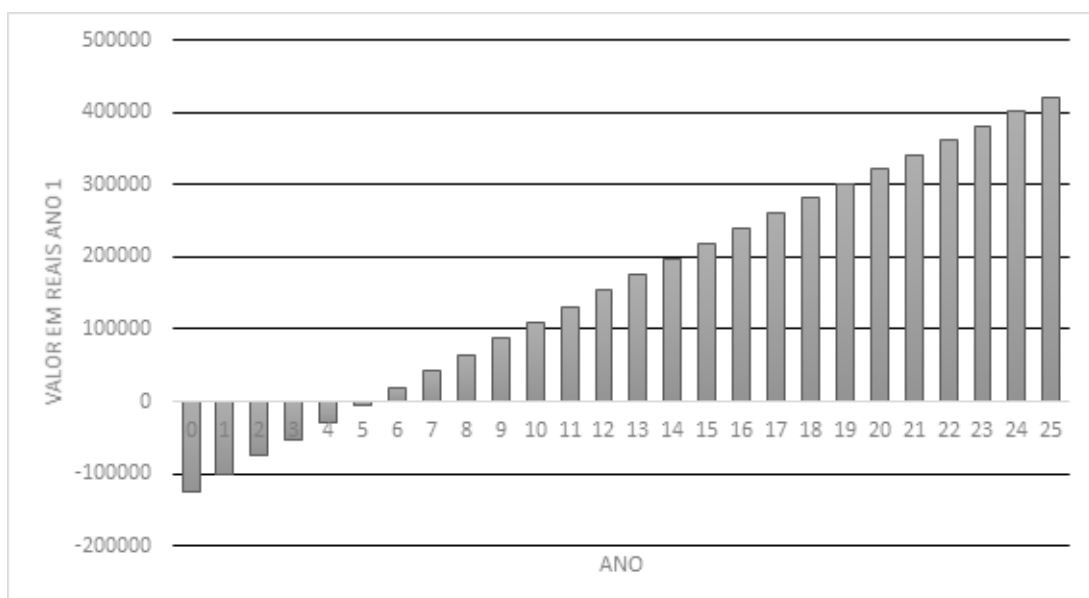
Enquanto o payback descontado estima um tempo de retorno de 5 anos e 4 meses (D29), dado pela coluna G, onde entre o ano 5 e 6 o saldo deixa de ser negativo e passa para o positivo, Figura 29. Para a bandeira amarela em operação o VPL apresenta um valor estimado de R\$ 420.749,78 (D30), já a TIR uma taxa de 26,71% (D31).

Figura 28 – Payback simples, bandeira amarela, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 – Payback descontado, bandeira amarela, horizonte 25 anos.



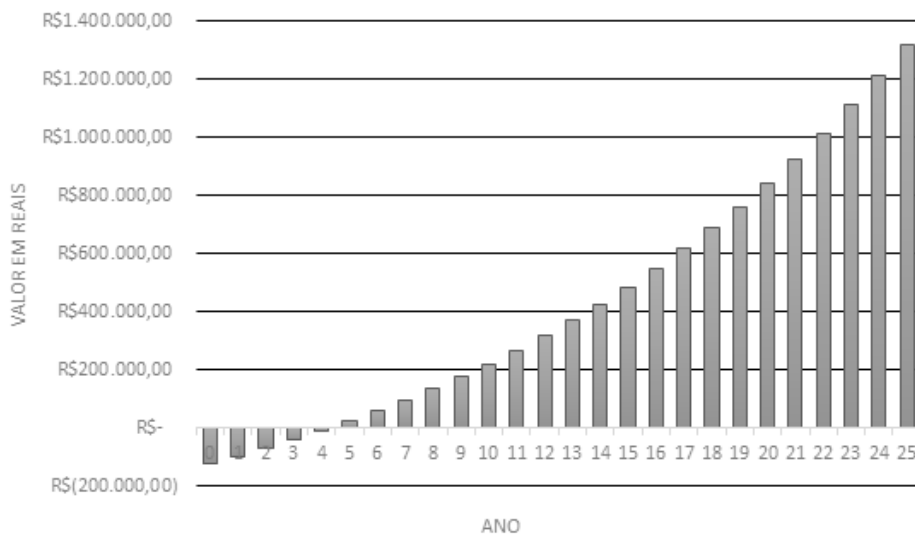
Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise para a bandeira vermelha 1, em um horizonte de 25 anos, demonstra uma previsão de rendimento bruto de R\$ 1.497.762,28 (soma dos dados de C3 até C27), e um

rendimento líquido previsto de R\$ 1.345.560,54 (E27). O projeto que o sistema apresente um retorno de investimento em 4 anos e 3 meses, quando analisado o payback simples, qual pode ser observado na coluna E, ou na Figura 30.

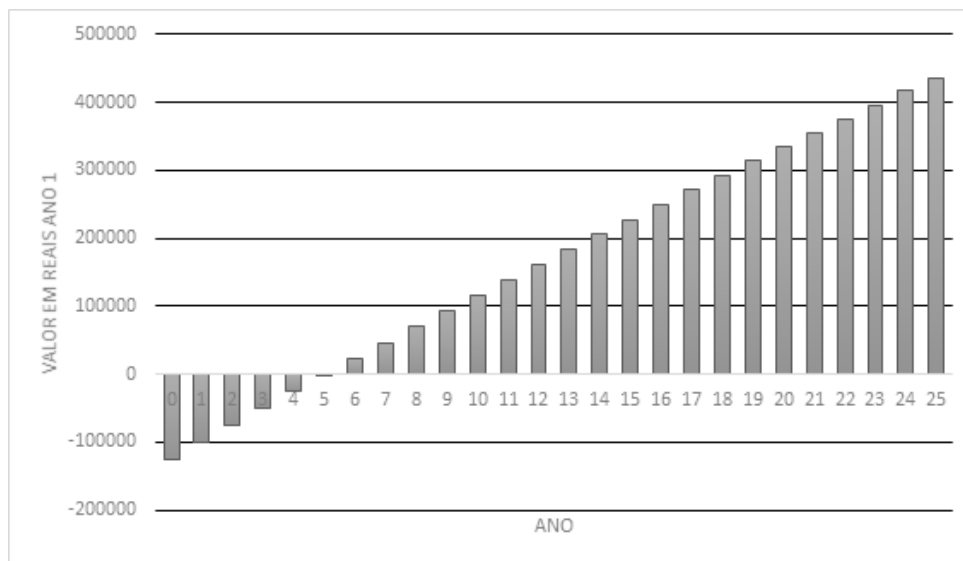
Já o payback descontado estima um tempo de retorno do investimento de 5 anos e 1 mês (coluna G), Figura 31. O VPL nesse caso é estimado no valor de R\$ 436.272,54 (D30), enquanto a TIR apresenta taxa de 27,33% (D31).

Figura 30 – Payback simples, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 31 – Payback descontado, bandeira vermelha 1, horizonte 25 anos.



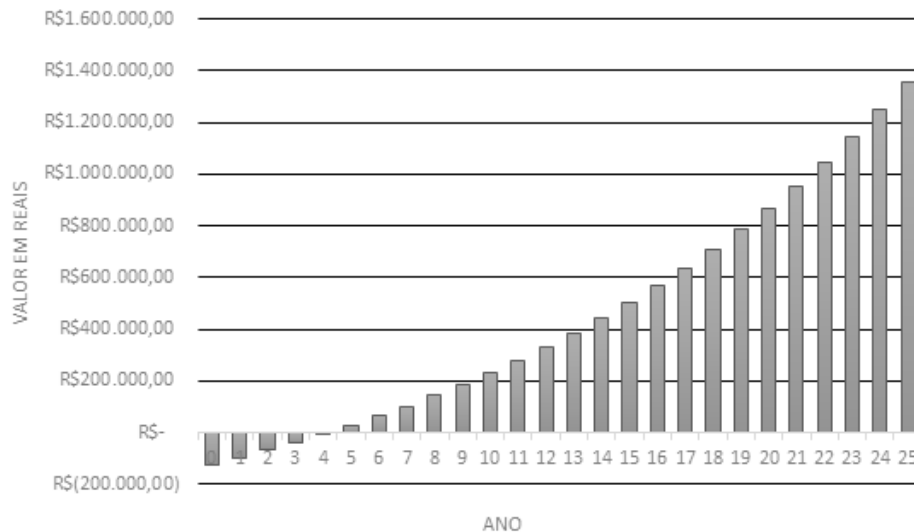
Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a bandeira vermelha 2, estima uma receita bruta de R\$ 1.538.418,59 (soma dos dados de C3 até C27), assim, apresentando uma estimativa de receita líquida de R\$ 1.386.216,85 (E27), quando analisada em um período de 25 anos. O payback simples para

esse caso prevê um tempo de retorno do investimento em 4 anos e 2 meses, observado pela coluna E, ou pela Figura 26.

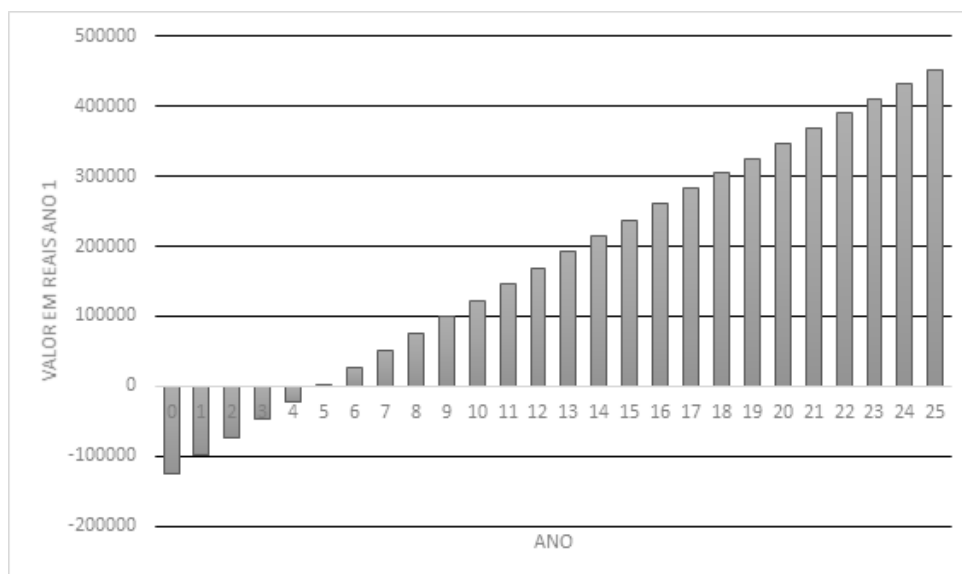
Já o payback descontado prevê 4 anos e 11 meses para que o investimento comece a ter retorno, como mostrado na Figura 27, ou observado na coluna G. Nessa situação o valor estimado do VPL é de R\$ 451.795,05 (D30), e taxa da TIR é de 27,95% (D31).

Figura 32 – Payback simples, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 – Payback descontado, bandeira vermelha 2, horizonte 25 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a finalidade de validar o projeto economicamente, conforme descrito anteriormente, a Tabela 5 apresenta os valores obtidos para TIR, VPL e o payback para o projeto do ponto comercial.

Tabela 5 – Resultados obtidos para o ponto comercial.

Bandeira	Parâmetro	Valores
Verde	VPL	R\$ 412.988,45
	TIR	26,40%
	Payback simples	4 anos e 5 meses
	Payback Descontado	5 anos e 4 meses
Amarela	VPL	R\$ 420.749,78
	TIR	26,71%
	Payback simples	4 anos e 4 meses
	Payback Descontado	5 anos e 3 meses
Vermelha 1	VPL	R\$ 436.272,43
	TIR	27,33%
	Payback simples	4 anos e 3 meses
	Payback Descontado	5 anos e 1 meses
Vermelha 2	VPL	R\$ 451.795,05
	TIR	27,95%
	Payback simples	4 anos e 2 meses
	Payback Descontado	4 anos e 11 meses

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 5, pode-se dizer que o projeto é economicamente viável para o horizonte de 25 anos, sendo que em todos os casos temos um VPL maior que zero e a TIR maior que a TMA, critérios determinados para validar economicamente o projeto, ainda temos um tempo de retorno do investimento de 5 anos e 5 meses, conforme descrito pelo payback descontado, para considerado como pior situação, a bandeira verde.

4.4 Parecer referente a execução

Com base nos resultados apresentados, ambos os projetos são economicamente viáveis, seja o projeto residencial ou comercial, porém, para a tomada de decisão do cliente, a Tabela 6, apresenta um comparativo dos projetos, a fim de avaliar qual o melhor custo-benefício. Foram utilizados os resultados econômicos considerando apenas o pior cenário (Bandeira verde), ou seja, onde o retorno do investimento é menor.

Analisando a Tabela 6, nota-se que o projeto comercial, apesar de apresentar um investimento inicial maior, possui um retorno mais rápido, sendo este praticamente de 3 anos antes. Também apresenta um lucro ao final do prazo maior devido apresentar o valor da TIR maior que o do sistema residencial. A fim de complementar as análises, a Tabela 7 traz um comparativo em relação aos custos e economia.

Por fim, mesmo com um investimento inicial maior o projeto do sistema fotovoltaico no ponto comercial apresenta o melhor custo-benefício para a realização do investimento, pois o mesmo apresenta os melhores índices econômicos, como um menor tempo de retorno, um retorno superior, assim como uma maior economia monetária.

Tabela 6 – Comparativo da viabilidade econômica projetos.

	Projeto residencial	Projeto comercial
Horizonte	25 anos	25 anos
Investimento	R\$ 39.239,30	R\$ 124.467,20
Energia consumida ano 1	8.078 kWh	38.208 kWh
Energia gerada ano 1	8.644 kWh	37.687 kWh
Consumo suprido pela geração ano 1	100%	98,6%
VPL	R\$ 70.798,98	R\$ 412.988,45
TIR	18,56%	26,4%
Payback descontado	8 anos e 4 meses	5 anos e 4 meses

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Comparativo de custos e economia dos projetos.

Ano 1	Residência	Comércio	Sis residencial	Sis comercial
Preço kWh bandeira verde	R\$ 0,706792	R\$ 0,706792	R\$ 0,234871	R\$ 0,164521
Despesas com energia	R\$ 5.709,47	R\$ 27.005,10	R\$ 69,04	R\$ 566,85
ICMS	R\$ 1.712,84	R\$ 8.101,53	R\$ 20,71	R\$ 170,05
PIS/COFINS	R\$ 361,41	R\$ 1.709,97	R\$ 4,37	R\$ 35,89
Economia (R\$)	-	-	66,77%	76,72%

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 Considerações Finais

O presente capítulo apresentou uma análise técnica e econômica de dois projetos de energia fotovoltaica, sendo um projeto residencial e outro projeto comercial. Utilizou fluxos de caixas, análises através do payback, TIR e VPL, considerando os 4 patamares das bandeiras tarifárias.

Os dois casos analisados têm por objetivo ajudar no processo de decisão de escolha entre o projeto que apresenta o melhor custo-benefício para a realização de um investimento. Por fim, com os índices apresentados, mesmo com um investimento maior o projeto do sistema fotovoltaico comercial apresentou o melhor custo-benefício para a realização do investimento.

O seguinte capítulo apresenta as conclusões finais do trabalho, assim com algumas sugestões para trabalhos futuros.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

O presente trabalho apresentou uma avaliação técnica-econômica de dois projetos para implementação de sistemas fotovoltaicos, um para um ponto residencial e outro para um ponto comercial, em que ambos pertencem ao mesmo cliente, com o objetivo de determinar qual dos projetos possui um melhor custo-benefício para um investimento, assim, auxiliando o cliente no processo de tomada de decisões.

A avaliação técnica determinou o tamanho e o valor do investimento inicial para cada um dos projetos, já a avaliação econômica apresentou a viabilidade econômica dos projetos para um horizonte de 25 anos, qual foi avaliada através do payback descontado, VPL e TIR.

Por fim, ambos os projetos se apresentaram economicamente viáveis em todos os cenários de bandeiras tarifárias. Porém, apesar de apresentar um maior investimento inicial, pelos resultados econômicos considerando apenas o pior cenário (Bandeira verde), ou seja, onde o retorno do investimento é menor, o projeto para o ponto comercial apresentou um melhor custo-benefício para um investimento a longo prazo, sendo que seu tempo de retorno para o investimento previsto é de 5 anos e 4 meses, seu VPL e sua TIR também apresentaram valores superiores, e, ainda, estima uma economia monetária em torno de 10% no final dos 25 anos, quando comparado ao projeto residencial.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Estudar e aplicar diferentes métodos e índices de Engenharia Econômica para avaliações econômicas;
- Estudos prevendo um aumento do consumo de energia elétrica por parte do consumidor; e
- Estudos para a avaliação econômica sobre a geração de créditos para venda.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, P. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional**. [S.l.]: Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição, revisão 7, 2017. Citado 5 vezes nas páginas 25, 33, 34, 35 e 45.
- BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. **Fundamentos de investimentos**. [S.l.]: AMGH Editora, São Paulo, 2014. Citado na página 36.
- BORDEAUX-REGO, R. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. [S.l.]: Editora FGV, Rio de Janeiro, 2015. Citado na página 38.
- BRITO, P. **Análise E Viabilidade de Projetos de Investimentos**. [S.l.]: Editora Atlas SA, São Paulo, 2000. Citado na página 39.
- BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. [S.l.]: Campus, Rio de Janeiro, 1984. Citado 3 vezes nas páginas 43, 44 e 45.
- DASSI, J. A. et al. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma instituição de ensino superior do sul do Brasil. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. [S.l.: s.n.], 2015. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 39.
- DUTRA, J. C. D. N. et al. Uma análise do panorama das regiões missões e noroeste do estado do Rio Grande do Sul sob o prisma da energia eólica e solar fotovoltaica como fontes alternativas de energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 124, p. 225–243, 2013. Citado na página 25.
- ELÉTRICA, T. d. F. de E.; SA, U. E. A. E. E. Agência nacional de energia elétrica-aneel. **Abril de**, 2005. Citado na página 30.
- EPE, E. d. P. E. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional (Brazilian Energy Balance)**, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 30, 31 e 35.
- EPE, N. T. Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira. **Nota Técnica da EPE, Rio de Janeiro**, 2012. Citado na página 25.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. [S.l.]: UECE, Fortaleza-CE, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.
- FREITAS, S. S. A. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. Tese (Doutorado) — Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, 2008. Citado na página 46.
- GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. [S.l.]: Atlas, São Paulo, 1999. Citado na página 36.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S.l.]: São Paulo, 2002. Citado na página 42.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. [S.l.]: Harbra São Paulo, 1997. Citado na página 37.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira, 10 edição. Tradução técnica Antônio Zoratto Sanvicente**. [S.l.]: São Paulo: Addison Wesley, 2004. Citado na página 38.

- GITMAN, L. J.; MADURA, J. **Introduction to finance**. [S.l.]: São Paulo: Addison Wesley, 2001. Citado na página 37.
- IPEA. **IPEA**. 2019. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 2 jan. 2019. Citado na página 63.
- LANDEIRA, J. L. F. **Análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída**. [S.l.]: UFRJ, Rio de Janeiro, 2013. Citado na página 36.
- NORMATIVA, N. R. 482, de 17 de abril de 2012. **Estabelece 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**, 2012. Citado na página 30.
- ONS, O. N. d. S. e. Ons. **Boletim Mensal de Geração Solar Fotovoltaica Abril 2018**, ONS, 2018. Citado na página 31.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. [S.l.]: Rio de Janeiro, 2014. v. 1. 47–499 p. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.
- POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Compreensão do delineamento da pesquisa quantitativa**. [S.l.]: Porto Alegre, 2004. 98–163 p. Citado na página 42.
- PVPS, I. **Snapshot of Global Photovoltaic Markets**. [S.l.]: Report IEA PVPS T1-31, MDPI AG, Basel, Switzerland, 2017. Citado na página 29.
- REIS, V. V.; VALVERDE, A. R.; MENDONÇA, R. **Viabilidade econômica de um projeto de micro geração fotovoltaica residencial no ambiente de compensação de energia elétrica**. [S.l.]: Convibra, 2015. Citado na página 37.
- RGE. **RGE**. 2019. Disponível em: <<https://www.rge-rs.com.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 28 jan. 2019. Citado na página 46.
- SAM. **SAM**. 2019. Disponível em: <<https://sam.nrel.gov/>>. Acesso em: 28 jan. 2019. Citado na página 47.
- SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research methods for business students**. [S.l.]: Pearson education, United Kingdom, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.
- ZANIN, A.; BAGATINI, F. M. **The Economic and Financial Feasibility of a Biodigester: A Sound Alternative for Reducing the Environmental Impact of Swine Production**. [S.l.]: Sustainable Development-Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management, InTech, London, United Kingdom, 2012. Citado na página 38.

Apêndices

APÊNDICE A – RESIDENCIAL: BANDEIRA VERDE

		Céluas					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 39,239.30	0	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30
3	1	R\$ 392.39	R\$ 5,640.91	R\$ 5,248.51	-R\$ 33,990.79	R\$ 4,905.15	-R\$ 34,334.15
4	2	R\$ 410.05	R\$ 5,947.49	R\$ 5,537.44	-R\$ 28,453.35	R\$ 4,836.61	-R\$ 29,497.53
5	3	R\$ 428.50	R\$ 6,302.41	R\$ 5,873.90	-R\$ 22,579.44	R\$ 4,794.86	-R\$ 24,702.68
6	4	R\$ 447.79	R\$ 6,678.50	R\$ 6,230.72	-R\$ 16,348.73	R\$ 4,753.38	-R\$ 19,949.29
7	5	R\$ 467.94	R\$ 7,077.04	R\$ 6,609.11	-R\$ 9,739.62	R\$ 4,712.20	-R\$ 15,237.09
8	6	R\$ 488.99	R\$ 7,499.37	R\$ 7,010.37	-R\$ 2,729.25	R\$ 4,671.31	-R\$ 10,565.78
9	7	R\$ 511.00	R\$ 7,946.89	R\$ 7,435.89	R\$ 4,706.64	R\$ 4,630.70	-R\$ 5,935.08
10	8	R\$ 533.99	R\$ 8,421.12	R\$ 7,887.13	R\$ 12,593.77	R\$ 4,590.38	-R\$ 1,344.70
11	9	R\$ 558.02	R\$ 8,923.65	R\$ 8,365.63	R\$ 20,959.40	R\$ 4,550.35	R\$ 3,205.64
12	10	R\$ 583.13	R\$ 9,456.17	R\$ 8,873.04	R\$ 29,832.44	R\$ 4,510.60	R\$ 7,716.24
13	11	R\$ 609.37	R\$ 10,020.47	R\$ 9,411.09	R\$ 39,243.53	R\$ 4,471.14	R\$ 12,187.39
14	12	R\$ 636.80	R\$ 10,618.44	R\$ 9,981.64	R\$ 49,225.17	R\$ 4,431.97	R\$ 16,619.35
15	13	R\$ 665.45	R\$ 11,252.09	R\$ 10,586.64	R\$ 59,811.81	R\$ 4,393.08	R\$ 21,012.43
16	14	R\$ 695.40	R\$ 11,923.56	R\$ 11,228.16	R\$ 71,039.98	R\$ 4,354.48	R\$ 25,366.91
17	15	R\$ 726.69	R\$ 12,635.10	R\$ 11,908.41	R\$ 82,948.39	R\$ 4,316.16	R\$ 29,683.07
18	16	R\$ 759.39	R\$ 13,389.10	R\$ 12,629.71	R\$ 95,578.09	R\$ 4,278.12	R\$ 33,961.18
19	17	R\$ 793.56	R\$ 14,188.09	R\$ 13,394.53	R\$ 108,972.62	R\$ 4,240.37	R\$ 38,201.55
20	18	R\$ 829.27	R\$ 15,034.77	R\$ 14,205.49	R\$ 123,178.12	R\$ 4,202.89	R\$ 42,404.44
21	19	R\$ 866.59	R\$ 15,931.97	R\$ 15,065.38	R\$ 138,243.50	R\$ 4,165.70	R\$ 46,570.15
22	20	R\$ 905.59	R\$ 16,882.71	R\$ 15,977.12	R\$ 154,220.62	R\$ 4,128.79	R\$ 50,698.94
23	21	R\$ 946.34	R\$ 17,890.18	R\$ 16,943.84	R\$ 171,164.46	R\$ 4,092.16	R\$ 54,791.10
24	22	R\$ 988.92	R\$ 18,957.78	R\$ 17,968.86	R\$ 189,133.32	R\$ 4,055.81	R\$ 58,846.91
25	23	R\$ 1,033.43	R\$ 20,089.09	R\$ 19,055.66	R\$ 208,188.98	R\$ 4,019.73	R\$ 62,866.64
26	24	R\$ 1,079.93	R\$ 21,287.90	R\$ 20,207.97	R\$ 228,396.95	R\$ 3,983.93	R\$ 66,850.57
27	25	R\$ 1,128.53	R\$ 22,558.26	R\$ 21,429.73	R\$ 249,826.68	R\$ 3,948.41	R\$ 70,798.98
28	Payback simples			6.37	Anos		
29	Payback Descontado			8.30	Anos		
30	VPL			R\$ 70,798.98			
31	TIR			18.56%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – RESIDENCIAL: BANDEIRA AMARELA

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 39,239.30	0	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30
3	1	R\$ 392.39	R\$ 5,720.72	R\$ 5,328.32	-R\$ 33,910.98	R\$ 4,979.74	-R\$ 34,259.56
4	2	R\$ 410.05	R\$ 6,031.64	R\$ 5,621.59	-R\$ 28,289.39	R\$ 4,910.11	-R\$ 29,349.45
5	3	R\$ 428.50	R\$ 6,391.58	R\$ 5,963.07	-R\$ 22,326.32	R\$ 4,867.64	-R\$ 24,481.80
6	4	R\$ 447.79	R\$ 6,772.99	R\$ 6,325.21	-R\$ 16,001.11	R\$ 4,825.47	-R\$ 19,656.33
7	5	R\$ 467.94	R\$ 7,177.17	R\$ 6,709.24	-R\$ 9,291.87	R\$ 4,783.59	-R\$ 14,872.74
8	6	R\$ 488.99	R\$ 7,605.47	R\$ 7,116.48	-R\$ 2,175.40	R\$ 4,742.01	-R\$ 10,130.73
9	7	R\$ 511.00	R\$ 8,059.33	R\$ 7,548.33	R\$ 5,372.93	R\$ 4,700.72	-R\$ 5,430.01
10	8	R\$ 533.99	R\$ 8,540.27	R\$ 8,006.27	R\$ 13,379.20	R\$ 4,659.72	-R\$ 770.29
11	9	R\$ 558.02	R\$ 9,049.91	R\$ 8,491.88	R\$ 21,871.09	R\$ 4,619.02	R\$ 3,848.73
12	10	R\$ 583.13	R\$ 9,589.96	R\$ 9,006.83	R\$ 30,877.91	R\$ 4,578.61	R\$ 8,427.35
13	11	R\$ 609.37	R\$ 10,162.24	R\$ 9,552.87	R\$ 40,430.78	R\$ 4,538.50	R\$ 12,965.85
14	12	R\$ 636.80	R\$ 10,768.67	R\$ 10,131.88	R\$ 50,562.66	R\$ 4,498.67	R\$ 17,464.52
15	13	R\$ 665.45	R\$ 11,411.29	R\$ 10,745.84	R\$ 61,308.50	R\$ 4,459.14	R\$ 21,923.66
16	14	R\$ 695.40	R\$ 12,092.26	R\$ 11,396.86	R\$ 72,705.36	R\$ 4,419.90	R\$ 26,343.56
17	15	R\$ 726.69	R\$ 12,813.87	R\$ 12,087.18	R\$ 84,792.54	R\$ 4,380.95	R\$ 30,724.51
18	16	R\$ 759.39	R\$ 13,578.53	R\$ 12,819.14	R\$ 97,611.68	R\$ 4,342.29	R\$ 35,066.80
19	17	R\$ 793.56	R\$ 14,388.83	R\$ 13,595.27	R\$ 111,206.95	R\$ 4,303.91	R\$ 39,370.71
20	18	R\$ 829.27	R\$ 15,247.49	R\$ 14,418.21	R\$ 125,625.16	R\$ 4,265.83	R\$ 43,636.54
21	19	R\$ 866.59	R\$ 16,157.38	R\$ 15,290.79	R\$ 140,915.95	R\$ 4,228.03	R\$ 47,864.57
22	20	R\$ 905.59	R\$ 17,121.57	R\$ 16,215.98	R\$ 157,131.94	R\$ 4,190.52	R\$ 52,055.09
23	21	R\$ 946.34	R\$ 18,143.30	R\$ 17,196.96	R\$ 174,328.90	R\$ 4,153.29	R\$ 56,208.38
24	22	R\$ 988.92	R\$ 19,226.00	R\$ 18,237.08	R\$ 192,565.98	R\$ 4,116.35	R\$ 60,324.73
25	23	R\$ 1,033.43	R\$ 20,373.32	R\$ 19,339.89	R\$ 211,905.87	R\$ 4,079.69	R\$ 64,404.42
26	24	R\$ 1,079.93	R\$ 21,589.09	R\$ 20,509.16	R\$ 232,415.03	R\$ 4,043.31	R\$ 68,447.73
27	25	R\$ 1,128.53	R\$ 22,877.42	R\$ 21,748.90	R\$ 254,163.93	R\$ 4,007.22	R\$ 72,454.95
28	Payback simples			6.29	Anos		
29	Payback Descontado			8.17	Anos		
30	VPL			R\$ 72,454.95			
31	TIR			18.79%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – RESIDENCIAL: BANDEIRA VERMELHA 1

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 39,239.30	0	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30
3	1	R\$ 392.39	R\$ 5,880.34	R\$ 5,487.94	-R\$ 33,751.36	R\$ 5,128.92	-R\$ 34,110.38
4	2	R\$ 410.05	R\$ 6,199.93	R\$ 5,789.88	-R\$ 27,961.47	R\$ 5,057.11	-R\$ 29,053.27
5	3	R\$ 428.50	R\$ 6,569.91	R\$ 6,141.41	-R\$ 21,820.06	R\$ 5,013.22	-R\$ 24,040.05
6	4	R\$ 447.79	R\$ 6,961.97	R\$ 6,514.19	-R\$ 15,305.87	R\$ 4,969.64	-R\$ 19,070.41
7	5	R\$ 467.94	R\$ 7,377.43	R\$ 6,909.49	-R\$ 8,396.38	R\$ 4,926.37	-R\$ 14,144.04
8	6	R\$ 488.99	R\$ 7,817.68	R\$ 7,328.68	-R\$ 1,067.70	R\$ 4,883.41	-R\$ 9,260.62
9	7	R\$ 511.00	R\$ 8,284.20	R\$ 7,773.20	R\$ 6,705.50	R\$ 4,840.76	-R\$ 4,419.86
10	8	R\$ 533.99	R\$ 8,778.56	R\$ 8,244.56	R\$ 14,950.07	R\$ 4,798.41	R\$ 378.55
11	9	R\$ 558.02	R\$ 9,302.42	R\$ 8,744.40	R\$ 23,694.46	R\$ 4,756.37	R\$ 5,134.92
12	10	R\$ 583.13	R\$ 9,857.54	R\$ 9,274.41	R\$ 32,968.87	R\$ 4,714.64	R\$ 9,849.56
13	11	R\$ 609.37	R\$ 10,445.79	R\$ 9,836.41	R\$ 42,805.28	R\$ 4,673.21	R\$ 14,522.77
14	12	R\$ 636.80	R\$ 11,069.14	R\$ 10,432.34	R\$ 53,237.63	R\$ 4,632.09	R\$ 19,154.85
15	13	R\$ 665.45	R\$ 11,729.69	R\$ 11,064.24	R\$ 64,301.87	R\$ 4,591.27	R\$ 23,746.12
16	14	R\$ 695.40	R\$ 12,429.66	R\$ 11,734.26	R\$ 76,036.13	R\$ 4,550.75	R\$ 28,296.87
17	15	R\$ 726.69	R\$ 13,171.40	R\$ 12,444.71	R\$ 88,480.84	R\$ 4,510.54	R\$ 32,807.40
18	16	R\$ 759.39	R\$ 13,957.40	R\$ 13,198.01	R\$ 101,678.86	R\$ 4,470.62	R\$ 37,278.03
19	17	R\$ 793.56	R\$ 14,790.31	R\$ 13,996.75	R\$ 115,675.60	R\$ 4,431.01	R\$ 41,709.04
20	18	R\$ 829.27	R\$ 15,672.92	R\$ 14,843.65	R\$ 130,519.25	R\$ 4,391.70	R\$ 46,100.74
21	19	R\$ 866.59	R\$ 16,608.21	R\$ 15,741.61	R\$ 146,260.87	R\$ 4,352.69	R\$ 50,453.43
22	20	R\$ 905.59	R\$ 17,599.30	R\$ 16,693.71	R\$ 162,954.58	R\$ 4,313.97	R\$ 54,767.40
23	21	R\$ 946.34	R\$ 18,649.54	R\$ 17,703.20	R\$ 180,657.78	R\$ 4,275.55	R\$ 59,042.95
24	22	R\$ 988.92	R\$ 19,762.45	R\$ 18,773.53	R\$ 199,431.30	R\$ 4,237.43	R\$ 63,280.38
25	23	R\$ 1,033.43	R\$ 20,941.77	R\$ 19,908.35	R\$ 219,339.65	R\$ 4,199.60	R\$ 67,479.99
26	24	R\$ 1,079.93	R\$ 22,191.47	R\$ 21,111.54	R\$ 240,451.20	R\$ 4,162.07	R\$ 71,642.06
27	25	R\$ 1,128.53	R\$ 23,515.75	R\$ 22,387.22	R\$ 262,838.42	R\$ 4,124.83	R\$ 75,766.89
28	Payback simples			6.14	Anos		
29	Payback Descontado			7.92	Anos		
30	VPL			R\$ 75,766.89			
31	TIR			19.24%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – RESIDENCIAL: BANDEIRA VERMELHA 2

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 39,239.30	0	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30	-R\$ 39,239.30
3	1	R\$ 392.39	R\$ 6,039.96	R\$ 5,647.56	-R\$ 33,591.74	R\$ 5,278.10	-R\$ 33,961.20
4	2	R\$ 410.05	R\$ 6,368.23	R\$ 5,958.18	-R\$ 27,633.56	R\$ 5,204.10	-R\$ 28,757.10
5	3	R\$ 428.50	R\$ 6,748.25	R\$ 6,319.75	-R\$ 21,313.81	R\$ 5,158.80	-R\$ 23,598.30
6	4	R\$ 447.79	R\$ 7,150.95	R\$ 6,703.17	-R\$ 14,610.64	R\$ 5,113.82	-R\$ 18,484.49
7	5	R\$ 467.94	R\$ 7,577.69	R\$ 7,109.75	-R\$ 7,500.89	R\$ 5,069.15	-R\$ 13,415.33
8	6	R\$ 488.99	R\$ 8,029.89	R\$ 7,540.89	R\$ 40.01	R\$ 5,024.82	-R\$ 8,390.52
9	7	R\$ 511.00	R\$ 8,509.07	R\$ 7,998.07	R\$ 8,038.08	R\$ 4,980.80	-R\$ 3,409.72
10	8	R\$ 533.99	R\$ 9,016.85	R\$ 8,482.86	R\$ 16,520.93	R\$ 4,937.10	R\$ 1,527.38
11	9	R\$ 558.02	R\$ 9,554.93	R\$ 8,996.91	R\$ 25,517.84	R\$ 4,893.72	R\$ 6,421.10
12	10	R\$ 583.13	R\$ 10,125.12	R\$ 9,541.99	R\$ 35,059.83	R\$ 4,850.66	R\$ 11,271.76
13	11	R\$ 609.37	R\$ 10,729.34	R\$ 10,119.96	R\$ 45,179.79	R\$ 4,807.92	R\$ 16,079.69
14	12	R\$ 636.80	R\$ 11,369.61	R\$ 10,732.81	R\$ 55,912.60	R\$ 4,765.50	R\$ 20,845.18
15	13	R\$ 665.45	R\$ 12,048.09	R\$ 11,382.64	R\$ 67,295.24	R\$ 4,723.39	R\$ 25,568.57
16	14	R\$ 695.40	R\$ 12,767.06	R\$ 12,071.66	R\$ 79,366.90	R\$ 4,681.60	R\$ 30,250.17
17	15	R\$ 726.69	R\$ 13,528.93	R\$ 12,802.24	R\$ 92,169.15	R\$ 4,640.12	R\$ 34,890.29
18	16	R\$ 759.39	R\$ 14,336.27	R\$ 13,576.88	R\$ 105,746.03	R\$ 4,598.96	R\$ 39,489.25
19	17	R\$ 793.56	R\$ 15,191.79	R\$ 14,398.23	R\$ 120,144.26	R\$ 4,558.11	R\$ 44,047.36
20	18	R\$ 829.27	R\$ 16,098.36	R\$ 15,269.09	R\$ 135,413.34	R\$ 4,517.57	R\$ 48,564.94
21	19	R\$ 866.59	R\$ 17,059.03	R\$ 16,192.44	R\$ 151,605.78	R\$ 4,477.34	R\$ 53,042.28
22	20	R\$ 905.59	R\$ 18,077.03	R\$ 17,171.44	R\$ 168,777.22	R\$ 4,437.43	R\$ 57,479.71
23	21	R\$ 946.34	R\$ 19,155.78	R\$ 18,209.44	R\$ 186,986.66	R\$ 4,397.82	R\$ 61,877.52
24	22	R\$ 988.92	R\$ 20,298.90	R\$ 19,309.97	R\$ 206,296.63	R\$ 4,358.51	R\$ 66,236.04
25	23	R\$ 1,033.43	R\$ 21,510.23	R\$ 20,476.81	R\$ 226,773.43	R\$ 4,319.52	R\$ 70,555.56
26	24	R\$ 1,079.93	R\$ 22,793.86	R\$ 21,713.92	R\$ 248,487.36	R\$ 4,280.83	R\$ 74,836.38
27	25	R\$ 1,128.53	R\$ 24,154.08	R\$ 23,025.55	R\$ 271,512.91	R\$ 4,242.44	R\$ 79,078.82
28	Payback simples			5.99	Anos		
29	Payback Descontado			7.69	Anos		
30	VPL			R\$ 79,078.82			
31	TIR			19.69%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE E – COMERCIAL: BANDEIRA VERDE

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 124,467.20	0	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20
3	1	R\$ 622.34	R\$ 26,438.26	R\$ 25,815.93	-R\$ 98,651.27	R\$ 24,127.03	-R\$ 100,340.17
4	2	R\$ 650.34	R\$ 27,875.18	R\$ 27,224.84	-R\$ 71,426.43	R\$ 23,779.23	-R\$ 76,560.94
5	3	R\$ 679.61	R\$ 29,538.63	R\$ 28,859.03	-R\$ 42,567.41	R\$ 23,557.56	-R\$ 53,003.38
6	4	R\$ 710.19	R\$ 31,301.35	R\$ 30,591.16	-R\$ 11,976.25	R\$ 23,337.85	-R\$ 29,665.52
7	5	R\$ 742.15	R\$ 33,169.26	R\$ 32,427.11	R\$ 20,450.86	R\$ 23,120.08	-R\$ 6,545.44
8	6	R\$ 775.54	R\$ 35,148.63	R\$ 34,373.09	R\$ 54,823.95	R\$ 22,904.24	R\$ 16,358.80
9	7	R\$ 810.44	R\$ 37,246.13	R\$ 36,435.69	R\$ 91,259.64	R\$ 22,690.31	R\$ 39,049.11
10	8	R\$ 846.91	R\$ 39,468.79	R\$ 38,621.88	R\$ 129,881.52	R\$ 22,478.28	R\$ 61,527.40
11	9	R\$ 885.02	R\$ 41,824.09	R\$ 40,939.07	R\$ 170,820.59	R\$ 22,268.14	R\$ 83,795.54
12	10	R\$ 924.85	R\$ 44,319.94	R\$ 43,395.09	R\$ 214,215.68	R\$ 22,059.87	R\$ 105,855.40
13	11	R\$ 966.47	R\$ 46,964.74	R\$ 45,998.27	R\$ 260,213.95	R\$ 21,853.45	R\$ 127,708.85
14	12	R\$ 1,009.96	R\$ 49,767.36	R\$ 48,757.40	R\$ 308,971.34	R\$ 21,648.87	R\$ 149,357.72
15	13	R\$ 1,055.41	R\$ 52,737.22	R\$ 51,681.82	R\$ 360,653.16	R\$ 21,446.12	R\$ 170,803.83
16	14	R\$ 1,102.90	R\$ 55,884.32	R\$ 54,781.42	R\$ 415,434.58	R\$ 21,245.18	R\$ 192,049.01
17	15	R\$ 1,152.53	R\$ 59,219.22	R\$ 58,066.68	R\$ 473,501.26	R\$ 21,046.04	R\$ 213,095.05
18	16	R\$ 1,204.40	R\$ 62,753.12	R\$ 61,548.73	R\$ 535,049.99	R\$ 20,848.68	R\$ 233,943.73
19	17	R\$ 1,258.59	R\$ 66,497.91	R\$ 65,239.32	R\$ 600,289.31	R\$ 20,653.10	R\$ 254,596.83
20	18	R\$ 1,315.23	R\$ 70,466.18	R\$ 69,150.95	R\$ 669,440.26	R\$ 20,459.27	R\$ 275,056.10
21	19	R\$ 1,374.42	R\$ 74,671.25	R\$ 73,296.83	R\$ 742,737.09	R\$ 20,267.18	R\$ 295,323.28
22	20	R\$ 1,436.26	R\$ 79,127.25	R\$ 77,690.99	R\$ 820,428.07	R\$ 20,076.83	R\$ 315,400.11
23	21	R\$ 1,500.90	R\$ 83,849.17	R\$ 82,348.28	R\$ 902,776.35	R\$ 19,888.19	R\$ 335,288.30
24	22	R\$ 1,568.44	R\$ 88,852.87	R\$ 87,284.43	R\$ 990,060.79	R\$ 19,701.25	R\$ 354,989.54
25	23	R\$ 1,639.02	R\$ 94,155.17	R\$ 92,516.15	R\$ 1,082,576.94	R\$ 19,515.99	R\$ 374,505.54
26	24	R\$ 1,712.77	R\$ 99,773.88	R\$ 98,061.10	R\$ 1,180,638.04	R\$ 19,332.42	R\$ 393,837.95
27	25	R\$ 1,789.85	R\$ 105,727.88	R\$ 103,938.04	R\$ 1,284,576.07	R\$ 19,150.50	R\$ 412,988.45
28	Payback simples			4.37	Anos		
29	Payback Descontado			5.29	Anos		
30	VPL			R\$ 412,988.45			
31	TIR			26.40%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – COMERCIAL: BANDEIRA AMARELA

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 124,467.20	0	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20
3	1	R\$ 622.34	R\$ 26,812.32	R\$ 26,189.99	-R\$ 98,277.21	R\$ 24,476.62	-R\$ 99,990.58
4	2	R\$ 650.34	R\$ 28,269.57	R\$ 27,619.23	-R\$ 70,657.98	R\$ 24,123.71	-R\$ 75,866.87
5	3	R\$ 679.61	R\$ 29,956.56	R\$ 29,276.95	-R\$ 41,381.03	R\$ 23,898.71	-R\$ 51,968.16
6	4	R\$ 710.19	R\$ 31,744.22	R\$ 31,034.03	-R\$ 10,347.01	R\$ 23,675.71	-R\$ 28,292.45
7	5	R\$ 742.15	R\$ 33,638.55	R\$ 32,896.40	R\$ 22,549.40	R\$ 23,454.68	-R\$ 4,837.77
8	6	R\$ 775.54	R\$ 35,645.93	R\$ 34,870.39	R\$ 57,419.79	R\$ 23,235.61	R\$ 18,397.84
9	7	R\$ 810.44	R\$ 37,773.10	R\$ 36,962.66	R\$ 94,382.45	R\$ 23,018.49	R\$ 41,416.33
10	8	R\$ 846.91	R\$ 40,027.21	R\$ 39,180.30	R\$ 133,562.75	R\$ 22,803.29	R\$ 64,219.62
11	9	R\$ 885.02	R\$ 42,415.84	R\$ 41,530.81	R\$ 175,093.56	R\$ 22,590.01	R\$ 86,809.63
12	10	R\$ 924.85	R\$ 44,947.00	R\$ 44,022.15	R\$ 219,115.71	R\$ 22,378.63	R\$ 109,188.26
13	11	R\$ 966.47	R\$ 47,629.21	R\$ 46,662.75	R\$ 265,778.46	R\$ 22,169.13	R\$ 131,357.40
14	12	R\$ 1,009.96	R\$ 50,471.49	R\$ 49,461.53	R\$ 315,239.98	R\$ 21,961.51	R\$ 153,318.91
15	13	R\$ 1,055.41	R\$ 53,483.37	R\$ 52,427.97	R\$ 367,667.95	R\$ 21,755.74	R\$ 175,074.65
16	14	R\$ 1,102.90	R\$ 56,674.99	R\$ 55,572.09	R\$ 423,240.04	R\$ 21,551.82	R\$ 196,626.46
17	15	R\$ 1,152.53	R\$ 60,057.07	R\$ 58,904.54	R\$ 482,144.58	R\$ 21,349.72	R\$ 217,976.18
18	16	R\$ 1,204.40	R\$ 63,640.98	R\$ 62,436.58	R\$ 544,581.17	R\$ 21,149.43	R\$ 239,125.61
19	17	R\$ 1,258.59	R\$ 67,438.76	R\$ 66,180.16	R\$ 610,761.33	R\$ 20,950.94	R\$ 260,076.56
20	18	R\$ 1,315.23	R\$ 71,463.16	R\$ 70,147.93	R\$ 680,909.26	R\$ 20,754.24	R\$ 280,830.80
21	19	R\$ 1,374.42	R\$ 75,727.73	R\$ 74,353.31	R\$ 755,262.58	R\$ 20,559.31	R\$ 301,390.11
22	20	R\$ 1,436.26	R\$ 80,246.78	R\$ 78,810.52	R\$ 834,073.09	R\$ 20,366.13	R\$ 321,756.24
23	21	R\$ 1,500.90	R\$ 85,035.51	R\$ 83,534.61	R\$ 917,607.70	R\$ 20,174.70	R\$ 341,930.95
24	22	R\$ 1,568.44	R\$ 90,110.00	R\$ 88,541.56	R\$ 1,006,149.26	R\$ 19,985.00	R\$ 361,915.94
25	23	R\$ 1,639.02	R\$ 95,487.31	R\$ 93,848.30	R\$ 1,099,997.56	R\$ 19,797.01	R\$ 381,712.95
26	24	R\$ 1,712.77	R\$ 101,185.52	R\$ 99,472.75	R\$ 1,199,470.31	R\$ 19,610.72	R\$ 401,323.66
27	25	R\$ 1,789.85	R\$ 107,223.77	R\$ 105,433.92	R\$ 1,304,904.23	R\$ 19,426.11	R\$ 420,749.78
28	Payback simples			4.31	Anos		
29	Payback Descontado			5.21	Anos		
30	VPL			R\$ 420,749.78			
31	TIR			26.71%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE G – COMERCIAL: BANDEIRA VERMELHA 1

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 124,467.20	0	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20
3	1	R\$ 622.34	R\$ 27,560.44	R\$ 26,938.11	-R\$ 97,529.09	R\$ 25,175.80	-R\$ 99,291.40
4	2	R\$ 650.34	R\$ 29,058.35	R\$ 28,408.01	-R\$ 69,121.08	R\$ 24,812.66	-R\$ 74,478.74
5	3	R\$ 679.61	R\$ 30,792.41	R\$ 30,112.80	-R\$ 39,008.28	R\$ 24,581.02	-R\$ 49,897.73
6	4	R\$ 710.19	R\$ 32,629.95	R\$ 31,919.76	-R\$ 7,088.52	R\$ 24,351.43	-R\$ 25,546.30
7	5	R\$ 742.15	R\$ 34,577.14	R\$ 33,834.99	R\$ 26,746.47	R\$ 24,123.88	-R\$ 1,422.42
8	6	R\$ 775.54	R\$ 36,640.53	R\$ 35,864.98	R\$ 62,611.45	R\$ 23,898.35	R\$ 22,475.94
9	7	R\$ 810.44	R\$ 38,827.05	R\$ 38,016.61	R\$ 100,628.06	R\$ 23,674.83	R\$ 46,150.77
10	8	R\$ 846.91	R\$ 41,144.06	R\$ 40,297.14	R\$ 140,925.20	R\$ 23,453.30	R\$ 69,604.07
11	9	R\$ 885.02	R\$ 43,599.33	R\$ 42,714.30	R\$ 183,639.50	R\$ 23,233.75	R\$ 92,837.82
12	10	R\$ 924.85	R\$ 46,201.12	R\$ 45,276.27	R\$ 228,915.77	R\$ 23,016.16	R\$ 115,853.98
13	11	R\$ 966.47	R\$ 48,958.17	R\$ 47,991.70	R\$ 276,907.47	R\$ 22,800.51	R\$ 138,654.49
14	12	R\$ 1,009.96	R\$ 51,879.75	R\$ 50,869.79	R\$ 327,777.26	R\$ 22,586.79	R\$ 161,241.29
15	13	R\$ 1,055.41	R\$ 54,975.67	R\$ 53,920.26	R\$ 381,697.52	R\$ 22,374.99	R\$ 183,616.28
16	14	R\$ 1,102.90	R\$ 58,256.35	R\$ 57,153.44	R\$ 438,850.97	R\$ 22,165.09	R\$ 205,781.37
17	15	R\$ 1,152.53	R\$ 61,732.79	R\$ 60,580.26	R\$ 499,431.23	R\$ 21,957.07	R\$ 227,738.45
18	16	R\$ 1,204.40	R\$ 65,416.70	R\$ 64,212.30	R\$ 563,643.53	R\$ 21,750.93	R\$ 249,489.37
19	17	R\$ 1,258.59	R\$ 69,320.44	R\$ 68,061.84	R\$ 631,705.38	R\$ 21,546.64	R\$ 271,036.01
20	18	R\$ 1,315.23	R\$ 73,457.14	R\$ 72,141.91	R\$ 703,847.28	R\$ 21,344.19	R\$ 292,380.20
21	19	R\$ 1,374.42	R\$ 77,840.69	R\$ 76,466.27	R\$ 780,313.55	R\$ 21,143.56	R\$ 313,523.76
22	20	R\$ 1,436.26	R\$ 82,485.83	R\$ 81,049.57	R\$ 861,363.12	R\$ 20,944.75	R\$ 334,468.51
23	21	R\$ 1,500.90	R\$ 87,408.18	R\$ 85,907.28	R\$ 947,270.40	R\$ 20,747.73	R\$ 355,216.24
24	22	R\$ 1,568.44	R\$ 92,624.26	R\$ 91,055.82	R\$ 1,038,326.22	R\$ 20,552.50	R\$ 375,768.74
25	23	R\$ 1,639.02	R\$ 98,151.61	R\$ 96,512.59	R\$ 1,134,838.82	R\$ 20,359.03	R\$ 396,127.77
26	24	R\$ 1,712.77	R\$ 104,008.81	R\$ 102,296.04	R\$ 1,237,134.86	R\$ 20,167.32	R\$ 416,295.09
27	25	R\$ 1,789.85	R\$ 110,215.53	R\$ 108,425.69	R\$ 1,345,560.54	R\$ 19,977.34	R\$ 436,272.43
28	Payback simples			4.21	Anos		
29	Payback Descontado			5.06	Anos		
30	VPL			R\$ 436,272.43			
31	TIR			27.33%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – COMERCIAL: BANDEIRA VERMELHA 2

Células							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Saidas	Entradas	Saldo	Saldo Acumulado	Saldo Descontado	Saldo Acumulado Descontado
2	0	R\$ 124,467.20	0	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20	-R\$ 124,467.20
3	1	R\$ 622.34	R\$ 28,308.56	R\$ 27,686.23	-R\$ 96,780.97	R\$ 25,874.98	-R\$ 98,592.22
4	2	R\$ 650.34	R\$ 29,847.13	R\$ 29,196.79	-R\$ 67,584.18	R\$ 25,501.61	-R\$ 73,090.62
5	3	R\$ 679.61	R\$ 31,628.26	R\$ 30,948.65	-R\$ 36,635.53	R\$ 25,263.32	-R\$ 47,827.30
6	4	R\$ 710.19	R\$ 33,515.68	R\$ 32,805.49	-R\$ 3,830.04	R\$ 25,027.15	-R\$ 22,800.15
7	5	R\$ 742.15	R\$ 35,515.72	R\$ 34,773.58	R\$ 30,943.53	R\$ 24,793.08	R\$ 1,992.93
8	6	R\$ 775.54	R\$ 37,635.12	R\$ 36,859.58	R\$ 67,803.11	R\$ 24,561.10	R\$ 26,554.03
9	7	R\$ 810.44	R\$ 39,881.00	R\$ 39,070.56	R\$ 106,873.67	R\$ 24,331.18	R\$ 50,885.21
10	8	R\$ 846.91	R\$ 42,260.90	R\$ 41,413.99	R\$ 148,287.66	R\$ 24,103.32	R\$ 74,988.52
11	9	R\$ 885.02	R\$ 44,782.82	R\$ 43,897.79	R\$ 192,185.45	R\$ 23,877.49	R\$ 98,866.02
12	10	R\$ 924.85	R\$ 47,455.23	R\$ 46,530.38	R\$ 238,715.83	R\$ 23,653.69	R\$ 122,519.70
13	11	R\$ 966.47	R\$ 50,287.12	R\$ 49,320.66	R\$ 288,036.49	R\$ 23,431.89	R\$ 145,951.59
14	12	R\$ 1,009.96	R\$ 53,288.01	R\$ 52,278.05	R\$ 340,314.54	R\$ 23,212.08	R\$ 169,163.67
15	13	R\$ 1,055.41	R\$ 56,467.97	R\$ 55,412.56	R\$ 395,727.10	R\$ 22,994.24	R\$ 192,157.91
16	14	R\$ 1,102.90	R\$ 59,837.70	R\$ 58,734.80	R\$ 454,461.90	R\$ 22,778.37	R\$ 214,936.28
17	15	R\$ 1,152.53	R\$ 63,408.51	R\$ 62,255.98	R\$ 516,717.87	R\$ 22,564.43	R\$ 237,500.71
18	16	R\$ 1,204.40	R\$ 67,192.41	R\$ 65,988.02	R\$ 582,705.89	R\$ 22,352.42	R\$ 259,853.14
19	17	R\$ 1,258.59	R\$ 71,202.12	R\$ 69,943.53	R\$ 652,649.42	R\$ 22,142.33	R\$ 281,995.47
20	18	R\$ 1,315.23	R\$ 75,451.11	R\$ 74,135.88	R\$ 726,785.30	R\$ 21,934.13	R\$ 303,929.60
21	19	R\$ 1,374.42	R\$ 79,953.65	R\$ 78,579.24	R\$ 805,364.53	R\$ 21,727.81	R\$ 325,657.41
22	20	R\$ 1,436.26	R\$ 84,724.89	R\$ 83,288.62	R\$ 888,653.16	R\$ 21,523.36	R\$ 347,180.77
23	21	R\$ 1,500.90	R\$ 89,780.84	R\$ 88,279.95	R\$ 976,933.10	R\$ 21,320.76	R\$ 368,501.54
24	22	R\$ 1,568.44	R\$ 95,138.52	R\$ 93,570.08	R\$ 1,070,503.18	R\$ 21,120.00	R\$ 389,621.53
25	23	R\$ 1,639.02	R\$ 100,815.91	R\$ 99,176.89	R\$ 1,169,680.08	R\$ 20,921.06	R\$ 410,542.59
26	24	R\$ 1,712.77	R\$ 106,832.10	R\$ 105,119.32	R\$ 1,274,799.40	R\$ 20,723.92	R\$ 431,266.51
27	25	R\$ 1,789.85	R\$ 113,207.30	R\$ 111,417.46	R\$ 1,386,216.85	R\$ 20,528.57	R\$ 451,795.08
28	Payback simples			4.11	Anos		
29	Payback Descontado			4.92	Anos		
30	VPL			R\$ 451,795.08			
31	TIR			27.95%			
	A	B	C	D	E	F	G

Fonte: Elaborado pelo autor.