

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS – *CAMPUS* FORMIGA**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA**

**MARISTELA COSTA REZENDE DE
ALMEIDA**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OPERANDO DE FORMAS
DISTINTAS DENTRO DA FAIXA DO CUSTO DE DISPONIBILIDADE
EM PROPRIEDADES URBANAS**

FORMIGA - MG

2019

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OPERANDO DE
FORMAS DISTINTAS DENTRO DA FAIXA DO CUSTO DE
DISPONIBILIDADE EM PROPRIEDADES URBANAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus Formiga, como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Renan Souza Moura

Co-orientadora: Prof. Msc. Mariana
Guimarães dos Santos

FORMIGA – MG

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

MARISTELA COSTA REZENDE DE ALMEIDA

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OPERANDO DE
FORMAS DISTINTAS DENTRO DA FAIXA DO CUSTO DE
DISPONIBILIDADE EM PROPRIEDADES URBANAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus Formiga, como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica.

Avaliado em: ____/____/____

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Renan Souza Moura – Orientador

Prof. Dr. Carlos Renato Borges dos Santos

Prof. Dr. Ulysses Rondina Duarte

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

(Dalai Lama)

AGRADECIMENTOS

Dou início agradecendo primeiramente a Deus, sem Ele nada teria sido possível. Agradeço também a Nossa Senhora Aparecida, por tantas intercessões e graças que me foram concedidos.

Agradeço a minha família, por todo apoio, amparo, paciência e amor inimaginável. Agradeço em especial a minha mãe, Marlene e meu avô Messias por todo esforço não medido para que fosse possível a conclusão de uma etapa tão difícil. Agradeço a minha avó Vitória, que, mesmo não presente fisicamente, sinto-a em todos os momentos de angústia e felicidade.

Agradeço ao meu orientador, Renan Souza Moura, por toda paciência, incentivo, conhecimentos partilhados e por todo apoio pra chegar até aqui, sem ele nada disso seria possível. Deu certo!

Agradeço aos meus amigos, que por tantas vezes não me deixaram desanimar. Por todas as noites não dormidas, todo o sufoco, todos os choros e principalmente por todos os momentos de descontração e alegrias vividas, vocês fizeram a minha jornada ser mais fácil com tanto amor e companheirismo. Agradeço principalmente a minha segunda família, Thauany e Marielly, que por tantas vezes foi minha base e meu alicerce quando precisei.

Aos meus professores, em especial aqueles que além de partilhar todos os seus conhecimentos para a minha formação profissional, me ajudaram de alguma forma a superar alguma dificuldade pessoal, vocês foram as peças chaves na minha formação. Levo além de mestres, vários amigos para a vida.

A minha eterna gratidão pra todos que de alguma forma, colaboraram para a conclusão deste trabalho e desta etapa. Que Deus os retribua em dobro.

Enfim, e não menos importante, agradeço a todos que desacreditaram do meu potencial, vocês me deram a força necessária para provar que eu posso.

RESUMO

A energia elétrica exerce um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social de um país, o que a torna um insumo indispensável nos dias de hoje. Infelizmente a demanda do consumo de energia elétrica não vem acompanhando os investimentos em infraestrutura nos setores de transmissão e geração de energia elétrica. Dentro deste contexto, a inserção de pequenas gerações, como a energia fotovoltaica no sistema de distribuição, tem contribuído para amenizar este problema de indisponibilidade de energia consumida. Por outro lado, existem vários estudos que demonstram que a energia do tipo fotovoltaica ainda não é atrativa financeiramente. Assim, este trabalho analisa a relação entre o aumento da potência e a viabilidade econômica na implantação de sistemas fotovoltaicos em propriedades urbanas, levando em consideração a tarifa convencional em duas situações: geração maior que o consumo e consumo maior que a geração dentro da faixa do custo de disponibilidade. Durante a análise foram considerados diferentes consumos de energia monofásicos e bifásicos em regiões que apresentam incidências solares semelhantes, enquanto que para consumidores trifásicos foi utilizado o aplicativo ANEEL CONSUMIDOR. Os resultados demonstraram que a viabilidade da utilização de sistemas fotovoltaicos é diretamente proporcional ao consumo de energia elétrica, quanto maior o consumo, mais viável é a implantação de sistemas fotovoltaicos, e que é economicamente mais vantajosa o projeto de um sistema que consuma mais do que gere, estando este sistema dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Palavras-chave: Consumo de energia elétrica, Sistemas fotovoltaicos, Viabilidade econômica.

ABSTRACT

Electricity plays a fundamental role in the economic and social development of a country, which becomes an indispensable input today. Unfortunately, the demand for electricity consumption has not kept pace with infrastructure investments in the transmission and generation sectors. Within this context, the insertion of small quantities, such as photovoltaic energy into the distribution system, contributed to alleviate this problem of unavailability of consumed energy. On the other hand, there are several studies that show that photovoltaic energy is not yet financially attractive. Thus, this paper analyzes a relationship between increased power and economic viability in the implementation of photovoltaic systems in urban properties, taking into account a conventional tariff in two situations: higher consumption generation and higher consumption than generation within the cost range. availability. During an analysis, different single-phase and two-phase energy consumptions were considered in regions with similar solar incidence, whereas for three-phase consumers the ANEEL CONSUMER application was used. The results demonstrated that the viability of using photovoltaic systems is directly proportional to the electricity consumption, the higher the consumption, the more viable is the deployment of photovoltaic systems, and that it is economically more advantageous or the design of a system that consumes more than , this system is within the availability cost range.

Keywords: Electricity consumption, Photovoltaic systems, Economic viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira.....	22
Figura 2 - Bandeiras tarifárias no Brasil.....	23
Figura 3 - Sistema <i>On Grid</i>	30
Figura 4 - Representação do funcionamento de uma célula fotovoltaica.....	32
Figura 5 - Modelo de sistema de medição bidirecional para utilização de dois medidores unidirecionais.....	34
Figura 6 - Nível de irradiação solar de Piumhi/MG.....	45
Figura 7 - Payback Simples da segunda propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.....	100
Figura 8 - Payback Simples da segunda propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.....	102
Figura 9 - Payback Simples da terceira propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.....	104
Figura 10 - Payback Simples da terceira propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.....	106
Figura 11 - Payback Simples da quarta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração	107
Figura 12 - Payback Simples da quarta propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo	109
Figura 13 - Payback Simples da quinta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração	111
Figura 14 - Payback Simples da quinta propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.	113
Figura 15 - Payback Simples da primeira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração	115

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 16 - Payback Simples da primeira propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo	117
Figura 17 - Payback Simples da segunda propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração	118
Figura 18 - Payback Simples da segunda propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo	120
Figura 19 - Payback Simples da terceira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração	122
Figura 20 - Payback Simples da terceira propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.....	124
Figura 21 - Payback Simples da quarta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.....	125
Figura 22 - Payback Simples da quarta propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.....	127
Figura 23 - Payback Simples da quinta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.....	129
Figura 24 - Payback Simples da quinta propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.....	131
Figura 25 - Payback Simples da primeira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração	133
Figura 26 - Payback Simples da primeira propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo	135
Figura 27 - Payback Simples da segunda propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração	136
Figura 28 - Payback Simples da segunda propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo	138
Figura 29 - Payback Simples da terceira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração	140
Figura 30 - Payback Simples da terceira propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo	142

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 31 - Payback Simples da quarta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.....	143
Figura 32 - Payback Simples da quarta propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.....	145
Figura 33 - Payback Simples da quinta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.....	147
Figura 34 - Payback Simples da quinta propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.....	149
Figura 35 - Viabilidade vs Potência (projetos para consumidores monofásicos).....	151
Figura 36 - Linha de tendência linear (projetos para consumidores monofásicos).....	151
Figura 37 - Potência vs Payback (projetos para consumidores monofásicos).....	153
Figura 38 - Linha de Tendência Exponencial (projetos para consumidores monofásicos).....	153
Figura 39 - Viabilidade vs Potência (projetos para consumidores bifásicos)	154
Figura 40 - Linha de tendência linear (projetos para consumidores bifásicos).....	155
Figura 41 - Potência vs Payback (projetos para consumidores bifásicos)	156
Figura 42 - Linha de Tendência Exponencial (projetos para consumidores bifásicos)	157
Figura 43 - Viabilidade vs Potência (projetos para consumidores trifásicos).....	158
Figura 44 - Linha de tendência linear (projetos para consumidores trifásicos)	158
Figura 45 - Potência vs Payback (projetos para consumidores trifásicos)	160
Figura 46 - Linha de Tendência Linear (projetos para consumidores bifásicos).....	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados médios das propriedades urbanas monofásicas.....	43
Tabela 2 - Dados médios das propriedades urbanas bifásicas.....	44
Tabela 3 - Dados médios das propriedades urbanas trifásicas.....	44
Tabela 4 - Dados da irradiação solar média diária em Piumhi/MG	45
Tabela 5 - Consumo de energia da primeira propriedade urbana monofásica.....	46
Tabela 6 - Consumo de energia da segunda propriedade urbana monofásica	47
Tabela 7 - Consumo de energia da terceira propriedade urbana monofásica	48
Tabela 8 - Consumo de energia da quarta propriedade urbana monofásica	40
Tabela 9 - Consumo de energia da quinta propriedade urbana monofásica	50
Tabela 10 - Consumo de energia da primeira propriedade urbana bifásica	51
Tabela 11 - Consumo de energia da segunda propriedade urbana bifásica	53
Tabela 12 - Consumo de energia da terceira propriedade urbana bifásica	54
Tabela 13 - Consumo de energia da quarta propriedade urbana bifásica	55
Tabela 14 - Consumo de energia da quinta propriedade urbana bifásica	56
Tabela 15 - Comparação de módulos fotovoltaicos	59
Tabela 16 - Principais características do painel CS6U-330P	59
Tabela 17 - Coeficientes de temperatura do módulo FV	60
Tabela 18 - Especificações do Inversor escolhido	61
Tabela 19 – Custo total da instalação fotovoltaica.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 20 - Especificações do Inversor escolhido	62
Tabela 21 - Custo total da instalação fotovoltaica	63
Tabela 22 - Especificações do Inversor escolhido	63
Tabela 23 - Custo total da instalação fotovoltaica	64
Tabela 24 - Especificações do Inversor escolhido	65
Tabela 25 - Custo total da instalação fotovoltaica	65
Tabela 26 - Especificações do Inversor escolhido	66
Tabela 27 - Custo total da instalação fotovoltaica	67
Tabela 28 - Especificações do Inversor escolhido	67
Tabela 29 - Custo total da instalação fotovoltaica	68
Tabela 30 - Especificações do Inversor escolhido	69
Tabela 31 - Custo total da instalação fotovoltaica	69
Tabela 32 - Especificações do Inversor escolhido	70
Tabela 33 - Custo total da instalação fotovoltaica	71
Tabela 34 - Especificações do Inversor escolhido	71
Tabela 35 - Custo total da instalação fotovoltaica	72
Tabela 36 - Especificações do Inversor escolhido	73
Tabela 37 - Custo total da instalação fotovoltaica	73
Tabela 38 - Especificações do Inversor escolhido	74
Tabela 39 - Custo total da instalação fotovoltaica	75
Tabela 40 - Especificações do Inversor escolhido	75
Tabela 41 - Custo total da instalação fotovoltaica	76
Tabela 42 - Especificações do Inversor escolhido	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 43 - Custo total da instalação fotovoltaica	77
Tabela 44 - Especificações do Inversor escolhido	78
Tabela 45 - Custo total da instalação fotovoltaica	79
Tabela 46 - Especificações do Inversor escolhido	79
Tabela 47 - Custo total da instalação fotovoltaica	80
Tabela 48 - Especificações do Inversor escolhido	81
Tabela 49 - Custo total da instalação fotovoltaica	81
Tabela 50 - Especificações do Inversor escolhido	82
Tabela 51 - Custo total da instalação fotovoltaica	83
Tabela 52 - Especificações do Inversor escolhido	83
Tabela 53 - Custo total da instalação fotovoltaica	84
Tabela 54 - Especificações do Inversor escolhido	85
Tabela 55 - Custo total da instalação fotovoltaica	85
Tabela 56 - Especificações do Inversor escolhido	86
Tabela 57 - Custo total da instalação fotovoltaica	87
Tabela 58 - Especificações do Inversor escolhido	87
Tabela 59 - Custo total da instalação fotovoltaica	88
Tabela 60 - Especificações do Inversor escolhido	89
Tabela 61 - Custo total da instalação fotovoltaica	89
Tabela 62 - Especificações do Inversor escolhido	90
Tabela 63 - Custo total da instalação fotovoltaica	91
Tabela 64 - Especificações do Inversor escolhido	91
Tabela 65 - Custo total da instalação fotovoltaica	92
Tabela 66 - Especificações do Inversor escolhido	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 67 - Custo total da instalação fotovoltaica	93
Tabela 68 - Especificações do Inversor escolhido	94
Tabela 69 - Custo total da instalação fotovoltaica	95
Tabela 70 - Especificações do Inversor escolhido	95
Tabela 71 - Custo total da instalação fotovoltaica	96
Tabela 72 - Especificações do Inversor escolhido	97
Tabela 73 - Especificações do Inversor escolhido	97
Tabela 74 - Custo total da instalação fotovoltaica	98
Tabela 75 - Custo total de todas as instalações fotovoltaicas.....	98
Tabela 76 - Fluxo de Caixa da segunda propriedade Monofásica considerando o consumo maior que a geração	99
Tabela 77 - Análise de investimento da segunda propriedade Monofásica considerando o consumo maior que a geração.....	100
Tabela 78 - Fluxo de Caixa da segunda propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo	101
Tabela 79 - Análise de investimento da segunda monofásica considerando geração maior que o consumo	102
Tabela 80 - Fluxo de Caixa da terceira propriedade Monofásica considerando o consumo maior que a geração.....	103
Tabela 81 - Análise de investimento da terceira propriedade Monofásica considerando o consumo maior que a geração.....	103
Tabela 82 - Fluxo de Caixa da terceira propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo	104
Tabela 83 - Análise de investimento da terceira propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo.....	105
Tabela 84 - Fluxo de Caixa da quarta propriedade Monofásica o consumo maior que a geração	106
Tabela 85 - Análise de investimento da quarta propriedade Monofásica o consumo maior que a geração	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 86 - Fluxo de Caixa da quarta propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo	108
Tabela 87 - Análise de investimento da quarta propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo.....	109
Tabela 88 - Fluxo de Caixa da quinta propriedade Monofásica considerando o consumo maior que a geração	109
Tabela 89 - Análise de investimento da quinta propriedade Monofásica considerando o consumo maior que a geração.....	110
Tabela 90 - Fluxo de Caixa da quinta propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo.....	111
Tabela 91 - Análise de investimento da quinta propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo.....	112
Tabela 92 - Fluxo de Caixa da primeira propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração	113
Tabela 93 - Análise de investimento da primeira propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração.....	114
Tabela 94 - Relação final das propriedades monofásicas.....	114
Tabela 95 - Fluxo de Caixa da primeira propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo	116
Tabela 96 - Análise de investimento da primeira propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo.....	118
Tabela 97 - Fluxo de Caixa da segunda propriedade Bifásica considerando o o consumo maior que a geração	117
Tabela 98 - Análise de investimento da segunda propriedade Bifásica considerando o o consumo maior que a geração.....	118
Tabela 99 - Fluxo de Caixa da segunda propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo	119
Tabela 100 - Análise de investimento da segunda propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 101 - Fluxo de Caixa da terceira propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração	121
Tabela 102 - Análise de investimento da terceira propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração	121
Tabela 103 - Fluxo de Caixa da terceira propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo	123
Tabela 104 - Análise de investimento da terceira propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo.....	123
Tabela 105 - Fluxo de Caixa da quarta propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração	124
Tabela 106 - Análise de investimento da quarta propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração	125
Tabela 107 - Fluxo de Caixa da quarta propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo	126
Tabela 108 - Análise de investimento da quarta propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo.....	127
Tabela 109 - Fluxo de Caixa da quinta propriedade Bifásica considerando o o consumo maior que a geração	127
Tabela 110 - Análise de investimento da quinta propriedade Bifásica considerando o consumo maior que a geração.....	128
Tabela 111 - Fluxo de Caixa da quinta propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo	129
Tabela 112 - Análise de investimento da quinta propriedade Bifásica considerando geração maior que o consumo.....	130
Tabela 113 - Relação final das propriedades bifásicas.....	131
Tabela 114 - Fluxo de Caixa da primeira propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	132
Tabela 115 - Análise de investimento a primeira propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	132
Tabela 116 - Fluxo de Caixa da primeira propriedade Trifásica considerando geração maior que o consumo	133
Tabela 117 - Análise de investimento da primeira propriedade Trifásica considerando geração maior que o consumo.....	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 118 - Fluxo de Caixa da segunda propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	135
Tabela 119 - Análise de investimento da segunda propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração.....	136
Tabela 120 - Fluxo de Caixa da segunda propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo	137
Tabela 121 - Análise de investimento da segunda propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo.....	138
Tabela 122 - Fluxo de Caixa da terceira propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	138
Tabela 123 - Análise de investimento da terceira propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	139
Tabela 124 - Fluxo de Caixa da terceira propriedade Trifásica considerando geração maior que o consumo	140
Tabela 125 - Análise de investimento da terceira propriedade Trifásica considerando geração maior que o consumo.....	141
Tabela 126 - Fluxo de Caixa da quarta propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração.....	142
Tabela 127 - Análise de investimento da quarta propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração.....	143
Tabela 128 - Fluxo de Caixa da quarta propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo	144
Tabela 129 - Análise de investimento da quarta propriedade Monofásica considerando geração maior que o consumo.....	145
Tabela 130 - Fluxo de Caixa da quinta propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	146
Tabela 131 - Análise de investimento da quinta propriedade Trifásica considerando o consumo maior que a geração	146
Tabela 132 - Fluxo de Caixa da quinta propriedade Trifásica considerando geração maior que o consumo	147
Tabela 133 - Análise de investimento da quinta propriedade Trifásica considerando geração maior que o consumo.....	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 134 - Relação final das propriedades trifásicas.....	149
Tabela 135 - Dados Gerais das Propriedades.....	150

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CEMIG – Companhia Energética de Minas

Gerais

ND – Norma de Distribuição

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico
Nacional

VPL – Valor presente líquido

TIR – Taxa Interna de Retorno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	22
1.1 Problema	25
1.2 Justificativa.....	26
1.3 Hipóteses	26
1.4 Objetivos	27
1.4.1 Objetivos gerais	27
1.4.2 Objetivos específicos.....	27
1.5 Estrutura do trabalho.....	28
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1 Sistemas Elétricos de Potência.....	29
2.1.1 Energia Solar Fotovoltaica	29
2.1.2 Efeito Fotovoltaico	31
2.2 Sistemas Fotovoltaicos.....	31
2.2.1 Célula Fotovoltaica.....	31
2.2.2 Inversor <i>On Grid</i>	32
2.2.3 Medidor Bidirecional.....	33
2.2.4 Cálculo da Potência de Pico das Placas Fotovoltaicas.....	34
2.2.5 Cálculo dos Módulos e Inversores.....	35
2.3 Sistema de compensação de créditos.....	36
2.4 Viabilidade Econômica	37
2.4.1 Payback.....	37
2.4.2 VPL.....	38
2.4.3 TIR.....	39
2.5 Linhas de Tendências.....	39
3. METODOLOGIA.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1 Cálculos Preliminares.....	43
4.2 Projetos Fotovoltaicos.....	46
5. VIABILIDADE ECONÔMICA.....	99
6. CONCLUSÃO.....	161
6.1 Trabalhos Futuros.....	162
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um serviço de utilidade pública, que abrange a maior proporção da população no Brasil. Com o aumento da renda per capita de uma população, cresce a expansão da demanda influenciada pela maior capacidade de aquisição de equipamentos eletrodomésticos, os quais necessitam de um maior consumo de energia elétrica. Uma forma de atender o aumento significativo da demanda de energia é através da construção de novas usinas geradoras. Entretanto isso resulta em grandes impactos ambientais. (LEITE, A.D. 2011).

Além dos impactos ambientais, a construção de usina geradora de energia elétrica é demorada e possui um alto custo, como por exemplo, a usina de Belo Monte, considerada a terceira maior hidrelétrica do mundo, no Pará. Orçada primeiramente em R\$16 bilhões de reais, quase dois anos depois do início das obras, em 2013, a construção superou um valor de R\$30 bilhões de reais, sendo possível o aumento significativo desse valor na época, o que dificultaria a continuidade das obras. (PEREIRA, R. 2013)

A matriz elétrica mundial utiliza, principalmente, combustíveis fósseis, como por exemplo, carvão, óleo e gás natural. Enquanto que no Brasil, a hidroeletricidade foi responsável por 65,2% da energia elétrica consumida em 2017, segundo (BEN, 2017), com disponibilidade significativa de capacidade adicional para ser explorada como mostrado na Figura 1.

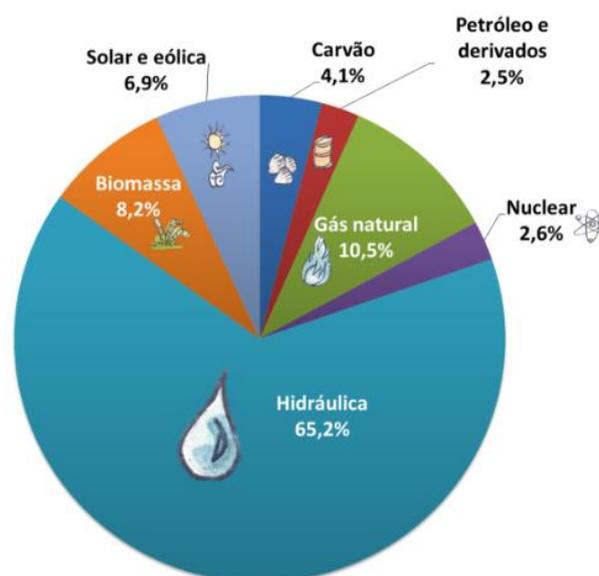


Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira.

Fonte: (EPE, 2019)

Devido a sua dependência hidroelétrica para atender os seus consumidores, qualquer considerável diminuição de chuvas pode causar problemas operacionais no sistema elétrico nacional. Isso ocorreu em janeiro de 2015 quando houve um desligamento de emergência no sistema elétrico que abastecia parte do país. O apagão atingiu 10 estados brasileiros e o Distrito Federal. (MELO, 2016) (O ECONOMISTA, 2015).

Devido à assustadora crise híbrida no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou em 2015 o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que apresentam as modalidades verde, amarela e vermelha. Consiste em informar aos consumidores o valor da produção de energia elétrica, com o intuito de conscientizar os mesmos a adotarem medidas de economia e com isso, evitar que suas contas possam ficar mais caras nos momentos em que o custo é elevado. (G1, 2017). É visualizado na Figura 2 o sistema de bandeiras com seus determinados custos referentes ao ano de 2016.

Bandeira verde	Hidrelétricas operam normalmente. (geração térmica até R\$ 211,28/MWh)	Não há alteração no valor da tarifa de energia.	
Bandeira amarela	Usinas térmicas ativadas. (geração térmica de R\$ 211,28/MWh a R\$ 422,56/MWh)	Acréscimo na sua conta R\$ 1,50 a cada 100kWh.	
Bandeira vermelha Patamar 1	Usinas térmicas ativadas e alta demanda. (geração térmica de R\$ 422,56/MWh até R\$ 610/MWh)	Acréscimo na sua conta R\$ 4,00 a cada 100kWh.	
Bandeira vermelha Patamar 2	Usinas térmicas ativadas e alta demanda. (geração térmica maior ou igual a R\$ 610/MWh)	Acréscimo na sua conta R\$ 6,00 a cada 100kWh.	

Figura 2: Bandeiras tarifárias no Brasil.

Fonte: (CPFL, 2017).

Em 2018 foi realizado uma atualização dos valores das bandeiras através da Resolução Homologatória nº 2.392, segundo (Turella, R. 2018), o qual entrou em vigor em Maio de 2018. Os novos valores praticados foram:

- **Bandeira Verde:** As condições para geração estão favoráveis, logo não houve acréscimo na conta.
- **Bandeira Amarela:** As condições para geração estão menos favoráveis, logo houve um acréscimo de R\$0,010* para cada kWh consumido do cliente.
- **Bandeira Vermelha Patamar 1:** As condições para geração estão mais custosas, logo houve um acréscimo de R\$0,030* para cada kWh consumido.

- Bandeira Vermelha Patamar 2: As condições para geração estão ainda mais custosas, logo houve um acréscimo de R\$0,050* para cada kWh consumido.

Também em 2018 a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou a tarifa branca, uma nova opção para os consumidores que sinaliza a variação do valor da energia conforme o dia e o horário. Essa tarifa é oferecida para os consumidores de baixa tensão (127, 220, 380 e 440 volts) que são pertencentes ao grupo B. Com a adesão da tarifa branca, os consumidores passaram a pagar valores diferentes conforme o consumo de energia em função da hora e do dia da semana. Se o consumidor passar a aderir hábitos a priorizar o uso de energia elétrica fora do período de ponta (onde ocorre a maior demanda de energia elétrica) e no intermediário, a tarifa branca proporciona a redução do valor pago pela energia que será consumida. (ANEEL, 2018).

Estes problemas relacionados ao aumento das tarifas e escassez de energia elétrica incentivaram a utilização de geração distribuída (GD), onde o consumidor pode gerar sua própria energia elétrica através de fontes renováveis. O consumidor pode ainda fornecer o restante da energia que não foi consumida para a rede. (MIRANDA, 2014) (ANEEL, 2016).

O sistema de energia solar dispõe de algumas vantagens destinadas ao consumidor, uma delas é o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, que tem como objetivo armazenar a sobra de energia gerada pelos painéis fotovoltaicos, que é inserida na rede distribuidora e retorna ao consumidor em forma de crédito de energia em kWh. Esse crédito é válido por 60 meses e pode ser abatido no valor da fatura dos próximos meses para a mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade, desde que possua o Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (ANEEL, 2014).

Como potencial de energia renovável no Brasil se difere da maioria dos países industrializados devido a sua dimensão geográfica e da grande abundância de recursos naturais, é válido a exploração desses recursos a fim de diminuir impactos ambientais e possível escassez hídrica. (LEITE, A.D. 2011). Devido ao alto índice de radiação solar durante todo o ano no Brasil, os sistemas fotovoltaicos são de grande valia para a descentralização da matriz energética brasileira.

Segundo ANEEL, o número de conexões de micro e mini geração de energia chegou a mais de 20 mil instalações, com atendimento a 30 mil unidades consumidoras. A fonte de energia mais utilizada pelos consumidores-geradores é a solar, seguida da termelétrica e biomassa. (ANEEL, 2019).

O custo da implantação de um sistema solar pode vir a ser 50 vezes maior que o valor da implantação de uma pequena central hidrelétrica com a mesma capacidade de geração. Entretanto, fazendo o comparativo em relação ao cálculo considerando a energia gerada durante a vida útil dos equipamentos solares, considerando 30 anos, o valor obtido corresponde a 10 vezes o custo da energia entregue ao consumidor. (SHAYANI, R.A. 2006) (OLIVEIRA, M.A.G. 2006) (CAMARGO, I. M. T. 2006). Além disso, a implantação de sistemas fotovoltaicos pode trazer energia elétrica para áreas de difícil acesso, como em comunidades rurais isoladas do Sistema Interligado Nacional (SIN).

O presente trabalho visa analisar a viabilidade econômica na implantação de sistemas fotovoltaicos, em diferentes potências de consumidores monofásicos, bifásicos e trifásicos da área urbana, destacando a influência do consumo de energia elétrica no retorno da implantação dos mesmos.

Sendo assim, pretende-se avaliar quando a utilização deste meio de geração é viável e não viável. De maneira mais específica, pretende-se demonstrar que é viável projetar sistemas que gerem menos que o valor consumido, desde que este consumo esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade. Por fim, observar através de uma extrapolação por meio de uma equação matemática o caso ideal de consumo de energia elétrica para se instalar o sistema fotovoltaico..

1.1 Problema

A falta de chuva no Brasil vem alarmando toda a população e vem aumentando cada vez mais nas últimas décadas. O Brasil, em particular a região Sudeste, vem enfrentando uma situação difícil devido à crise hídrica ocorrida em 2014/15, que trouxe sérias consequências econômicas e sociais. (CERQUEIRA, G.A. 2015).

Além disso, a emissão de gases efeito estufa vem sendo cada vez maiores, principalmente em cidades maiores onde há grandes indústrias. Engana-se quem pensa que o setor de agronegócio será o único setor econômico afetado. Segundo um relatório que foi divulgado pelo grupo independente Dara e pelo Fórum de Vulnerabilidade Climática em 2012, as mudanças bruscas climáticas estão deixando um prejuízo anual da US\$1,2 trilhão, que equivale a uma redução de 1,6% do PIB global. As barragens e reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras já vêm sofrendo com a redução de chuvas e de vazão dos rios. Se o

problema continuar agravando, o governo será obrigado a apostar em outras alternativas, e a energia solar fotovoltaica é uma das mais cotadas formas de geração alternativa de energia elétrica. (EXAME, 2018).

É essencial que atitudes sejam tomadas para minimizar tais problemas, como a descentralização das matrizes energéticas do Brasil, que como sabemos, é a energia proveniente das usinas hidrelétricas. Dessa forma, a energia solar fotovoltaica vem sendo cotada para substituir e minimizar os problemas relacionados a escassez de água e degradação da natureza.

1.2 Justificativa

Avaliando principal razão de se optar por um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica é a redução dos custos, além de se tratar de uma fonte limpa e renovável, visto que as principais fontes de energia atuais, em sua grande maioria não renováveis, contribuem expressivamente para impactos ambientais negativos. Ao demonstrar um valor de consumo ótimo para um projeto fotovoltaico, é possível poupar tempo e dinheiro que viriam a ser investidos, já que os resultados obtidos podem informar as pessoas o real retorno econômico no futuro como viável ou inviável.

1.3 Hipóteses

Tendo em vista a importância da energia elétrica em nossas vidas nos dias atuais, com a preocupação de preservar nosso meio ambiente para evitar danos irreparáveis futuramente, neste trabalho foi realizado um estudo sobre a relação entre a viabilidade econômica e a implantação de sistemas fotovoltaicos em propriedades urbanas, em horários fora de ponta, levando em consideração a tarifa convencional.

Alguns questionamentos foram feitos durante a realização do trabalho: “existe alguma relação entre a potência consumida e a viabilidade econômica de um painel fotovoltaico na zona urbana? ”, ”existe um valor exato de potência consumida que permite uma viabilidade econômica significativa? ”, “qual a variação do ponto ótimo quando se

projeta um sistema fotovoltaico para que sempre seja pago o custo de disponibilidade? ”.

Para responder as questões descritas, é realizado um estudo que visa avaliar as diferentes condições para a implantação do sistema fotovoltaico, analisando os custos através da viabilidade econômica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Essa monografia tem como objetivo geral analisar a relação existente entre a viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em áreas urbanas e o consumo de energia elétrica dessas propriedades, levando em consideração a tarifa convencional. Duas situações serão consideradas: geração maior que o consumo e consumo maior que a geração dentro da faixa do custo de disponibilidade. Além disso, pretende-se realizar uma extrapolação por meio de uma equação matemática para encontrar um valor que seja o mais próximo do ponto ótimo economicamente para a utilização de painéis fotovoltaicos.

1.4.2 Objetivos Específicos

Como forma de atender o objetivo geral, é necessário estabelecer alguns objetivos específicos (passos intermediários), os quais são:

- Estudar o sistema fotovoltaico e suas características, vantagens e desvantagens.
- Realizar uma revisão bibliografia relacionando os principais pontos na instalação de sistemas fotovoltaicos, destacando seus principais componentes e equipamentos.
- Escolher as propriedades onde seriam realizados os estudos de caso, se atentando sempre nas potências consumidas, para que elas sejam o mais diferentes possíveis.
- Coletar as contas de energia das propriedades urbanas escolhidas para a

realização dos estudos.

- Dimensionar os sistemas fotovoltaicos para ambas as situações pretendidas de todas as propriedades urbanas escolhidas.
- Avaliar a viabilidade econômica dos projetos através do payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).
- Buscar uma linha de tendências dos valores adquiridos de potência consumida em relação a viabilidade econômica.

1.5 Estrutura do trabalho

A presente monografia é constituída por 7 capítulos. O capítulo 1 apresenta uma breve introdução do tema a ser estudado, juntamente com a justificativa, a hipótese e os objetivos a serem alcançados na confecção do mesmo. O capítulo 2 aborda itens imprescindíveis para o bom entendimento do trabalho em questão como informações gerais sobre a energia solar fotovoltaica, as características e componentes presentes em sistemas fotovoltaicos *on grid* e *off grid*, os efeitos fotovoltaicos, como é realizada a compensação de créditos pela concessionária local e os métodos que buscam equações que descrevem os gráficos de tendência. O capítulo 3 apresenta a metodologia empregada no desenvolvimento da monografia. Os resultados dos projetos fotovoltaicos, modelo, quantidade de módulos e inversores escolhidos são descritos e discutidos no capítulo 4. Os resultados da viabilidade econômica são calculados no capítulo 5, para que as considerações finais sejam apresentadas no capítulo 6. Por fim, o capítulo 7 indica todas as referências bibliográficas utilizadas nessa monografia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo abrange um levantamento bibliográfico sobre os aspectos gerais de energia fotovoltaica como as informações sobre os componentes básicos desse sistema e as regras que compõem o sistema de compensação de créditos. Apresenta também as figuras de mérito utilizadas para realizar análises de viabilidade econômica e extrapolações de equações matemáticas.

2.1 Sistemas elétricos de potência

2.1.1 Energia Solar Fotovoltaica

A energia proveniente da luz e do calor do sol é denominada energia solar, e propaga através do espaço sob forma de onda eletromagnética. (PORTAL SOLAR, 2016).

A energia solar pode ser aproveitada, principalmente, na forma de energia solar térmica e solar fotovoltaica. A primeira forma aproveita a radiação do sol sobre forma de calor e a segunda converte diretamente a radiação solar em energia elétrica. (PORTAL SOLAR, 2016)

Comparado a outros países, o Brasil produz pouca energia elétrica através da radiação solar, mesmo sendo um país que dada sua localização geográfica, apresenta uma média bastante uniforme de irradiação solar anual, superior a outros países europeus. (NUNES, 2011) (INPE, 2017).

Apesar disso, a evolução dos sistemas fotovoltaicos no Brasil como geração distribuída vem crescendo. Essa evolução tem como principal causa a criação da resolução normativa nº 482, em 2012, e as medidas de incentivo adotadas pelo governo (SIQUEIRA, 2015).

Apesar de alto custo de implantação, a energia solar fotovoltaica apresenta inúmeras vantagens em relação as outras formas de geração de energia: recurso totalmente renovável, não emite nenhum som durante o processo de conversão de energia, fácil instalação, poucas manutenções durante a vida útil, pode ser instalada em áreas isoladas onde a rede convencional de energia elétrica tem difícil acesso. (PORTAL SOLAR, 2016).

O conjunto de alguns equipamentos que são utilizados na conversão de energia solar em energia elétrica é chamado sistema fotovoltaico. Esses sistemas podem ser classificados principalmente como isolados (*off grid*) e conectados a rede elétrica (*on grid*). Para definir a melhor configuração a ser usada, deve-se ter conhecimento sobre a aplicação e disponibilidade dos recursos energéticos. (MARTINS, 2016) (FIGUEIRA, 2014)

O mais utilizado para se realizar o projeto fotovoltaico de uma residência é o sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica. Ele opera em paralelismo com a rede de eletricidade e seu principal objetivo é gerar eletricidade para consumo local, reduzindo ou até mesmo eliminando o consumo da rede pública. Existem três categorias de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, sendo elas, microgeração, quando a potência instalada é de até 100 kW, minigeração, potência instalada entre 100 kW e 1 MW e usinas de eletricidade, com a

potência instalada acima de 1MW. Os sistemas fotovoltaicos de microgeração são relacionados a consumidores residenciais, o que é o foco dessa monografia. (VILLALVA, M, G. GAZOLI, J, R. 2012).

Segundo (VILLALVA, M, G. GAZOLI, J, R. 2012), os sistemas fotovoltaicos de microgeração são fáceis de instalar e utilizam poucos componentes. Os inversores, além de obter a função de converter corrente contínua em corrente alternada, realizam a sincronização do sistema com o a rede pública. É importante destacar que o sistema *on grid* não possui dispositivo de armazenamento da energia produzida (baterias), pois todo excedente energético é enviado para a rede elétrica da concessionária. Esse excedente é convertido em créditos de energia. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015)

Os principais componentes de um sistema conectado a rede estão dispostos na Figura 3, que ilustra a placa solar é ligada a rede elétrica através do inversor. Esse sistema tem a desvantagem de no caso de uma falta de energia na rede elétrica todo o estabelecimento ficará sem energia, pois um sistema *ongrid* operando com a rede pública em manutenção pode alimentar correntes de curto circuito.

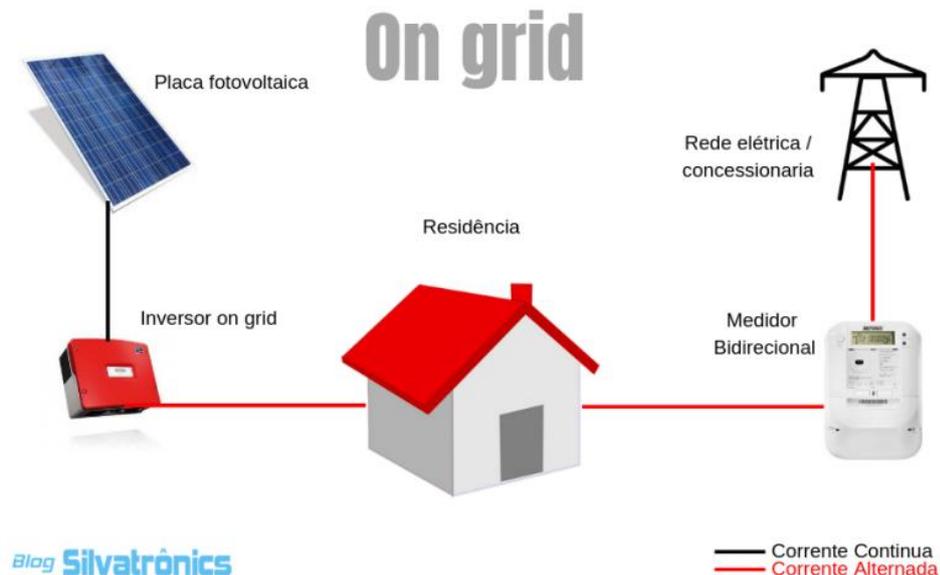


Figura 3: Sistema *on grid*

Fonte: (SILVA, T. 2019)

2.1.2 Efeito Fotovoltaico

Embora o efeito fotovoltaico seja similar ao efeito fotoelétrico, eles não são iguais. O efeito fotoelétrico nada mais é que a absorção de um fóton de luz por um elétron do material. Utiliza parte da energia absorvida na sua liberação e o restante resulta em energia cinética de ejeção desse elétron do material. Já o efeito fotovoltaico provoca o surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, no momento em que este é exposto a luz visível. (RUY, F. 2018)

Em 1839, Edmund Becquerel observou pela primeira vez o efeito fotovoltaico. Esse efeito produziu uma corrente elétrica ao expor luz a dois eletrodos de prata num eletrólito. Esse efeito começa a partir do momento em que um fóton, que nada mais é que uma partícula de luz radiante, atinge um elétron que está na última órbita de um átomo de silício, chamado de elétron de valência, e recebe a energia que o fóton gerou para “viajar”. Quando isso ocorre, o elétron deixa sua órbita e se liberta do átomo. Isso acontece devido a sua energia adquirida exceder a força de atração do núcleo (energia de valência). Nesse momento, o silício se torna condutor. (MARTINS, F.C. 2016).

Já em 1877, a primeira célula solar foi construída por W.G Adams e R.E Day, baseada em dois eletrodos de selênio que produzia uma corrente elétrica quando expostos a radiação. (MARTINS, F.C. 2016). Segundo (NASCIMENTO, C.A. 2004), uma célula fotovoltaica não é responsável por armazenar energia elétrica, ela apenas mantém o fluxo de elétrons que foram estabelecidos no circuito elétrico, enquanto houver incidência de luz sobre a mesma. Esse fenômeno é chamado de “Efeito Fotovoltaico”.

2.2 Sistemas Fotovoltaicos

Os principais componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede, seu funcionamento e características serão abordados nas subseções seguintes.

2.2.1 Célula Fotovoltaica

Diferentemente da maioria de outros dispositivos semicondutores, o dispositivo fotovoltaico não utiliza a estrutura do silício e sim uma fina camada de óxido transparente, os quais possuem alta condutividade elétrica. Isso decorre ao fato de ser melhor para a criação de um campo elétrico entre dois materiais semicondutores

distintos. NASCIMENTO, C.A. 2004).

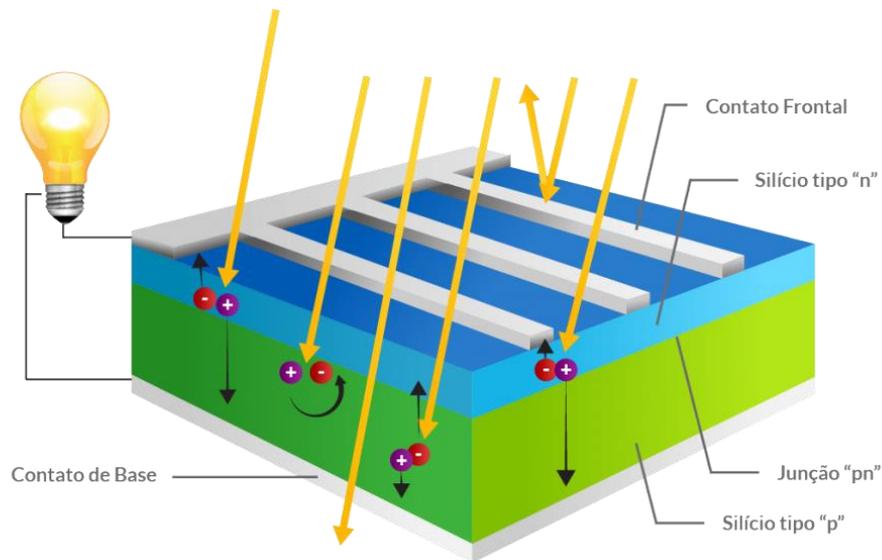


Figura 4: Representação do funcionamento de uma célula fotovoltaica.

Fonte: (Blue Sol, 2017).

O funcionamento de uma célula fotovoltaica acontece quando uma junção p-n é exposta a fótons como energia superior ao gap (banda valência). Isso ocasiona formação de pares elétrons-lacunas, e, conseqüentemente, surge a corrente elétrica devido a essa junção. Com isso, o efeito fotovoltaico surgirá. (CRESESB, 2008).

2.2.2 Inversor *On grid*

O inversor fotovoltaico é responsável pela transformação de corrente contínua que são geradas através das placas fotovoltaicas em corrente alternada, e assim, utilizadas pelos aparelhos elétricos dos consumidores. O inversor fotovoltaico *On grid* é construído para realizar a interação com o sinal senoidal vindo da corrente alternada que está presente na rede. Um inversor *On grid* não pode ser utilizado em sistemas *Off grid*, pois ele não conseguiria alimentar diretamente as cargas. (BLUE SOL, 2017)

Os inversores *On grid* devem ter a capacidade de fornecimento de corrente alternada

da maneira mais perfeita e ininterrupta possível. Isso se deve ao fato de ficarem ligados permanentemente à rede elétrica. Além disso, qualquer anomalia que vir a aparecer na rede deve ser detectada, como por exemplo, aumento e diminuição momentânea da tensão da rede. Em casos de quedas de tensão total (apagões), o inversor deve ser desligado automaticamente para evitar possíveis danos as demais aparelhos. Esse comportamento é chamado de “anti-ilhamento”. (BLUE SOL, 2017).

2.2.3 Medidor Bidirecional

Um dos equipamentos fundamentais para os sistemas de energia solar fotovoltaica conectados à rede é o medidor bidirecional, que além de medir a energia consumida por uma instalação, mede também a quantidade de energia injetada na rede elétrica. Em casos de residências que possuem energia solar, o medidor fará a medida da energia injetada na rede que foi produzida pela usina fotovoltaica instalada, tornando possível a venda dessa energia para a concessionária local. Além disso, medirá a quantidade energia consumida da propriedade. (SOLIS ENERGIA, 2019).

Antes de realizar a instalação ou utilização dos medidores de energia elétrica deve haver uma verificação inicial dos aparelhos nos locais onde serão utilizados ou em um local acordado com o INMETRO em território nacional. Além da verificação inicial, é obrigatório a verificação após reparo e verificação subsequente, quando solicitado por terceiros em medidores de energia, podendo continuar em uso desde que os erros sejam menores que os erros máximos recomendados no Regulamento Técnico Metrológico. (INMETRO, 2011)

Segundo (ANEEL, 2012), o medidor bidirecional deve no mínimo diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica injetada na rede, porém, após uma publicação da Res. N°482/2012, houveram vários agentes alertando o fato de que, para unidades consumidoras monofásicas ou de baixa tensão, não existiam no mercado medidores bidirecionais que estão homologados pelo INMETRO. Com isso, uma análise do sistema foi feita e permitiu concluir que para a realização da medição necessária para a implementação do Sistema de Compensação de Energia poderia ser feita através de dois medidores unidirecionais simples, um realizando a medição da energia ativa gerada e o outro realizando a medição da quantidade de energia consumida.

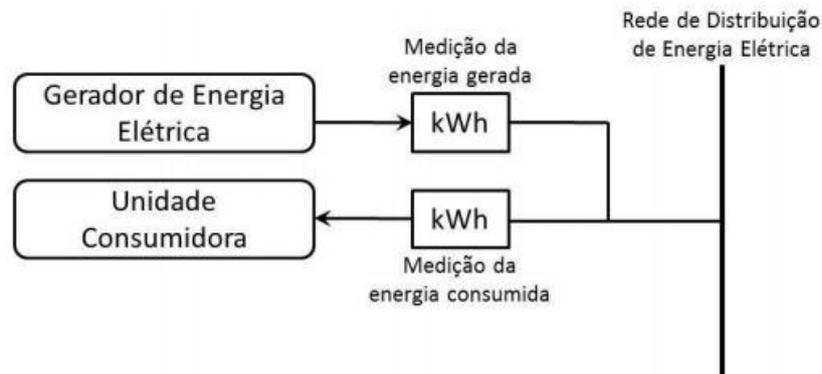


Figura 5: Modelo de sistema de medição bidirecional para utilização de dois medidores unidirecionais.

Fonte: (ANEEL, 2012).

2.2.4 Cálculo da Potência de Pico das Placas Fotovoltaicas

O cálculo da potência de pico de cada sistema é primordial para realizar a análise da viabilidade econômica. Para realização deste cálculo, o nível médio diário de irradiação solar do local a ser instalado o sistema é importante, pois deve-se levar em consideração o mês referente ao pior caso do nível de irradiação solar para que se garanta a funcionalidade do sistema durante todo o ano segundo FIGUEIRA (2014). Além disso, deve-se atentar ao consumo diário médio de energia elétrica da propriedade em questão e a taxa de desempenho do sistema fotovoltaico. Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos CRESESB-CEPEL (Centro de Pesquisa de Energia Elétrica) (2014), pode-se calcular a potência do sistema em questão a partir da Equação 1. (CALDAS et al., 2016).

$$P_{fv} = \frac{E/TD}{HSP_{ma}} \quad (1)$$

Onde,

P_{fv} : potência de pico do sistema fotovoltaico [W_p];

E : consumo diário médio do local analisado [Wh/dia];

TD : taxa de desempenho do sistema [adimensional];

HSP_{ma} : horas de sol pleno em média diária a uma intensidade de 1000 W/m^2 [kWh/ m^2]

A taxa de desempenho de um sistema é referente a todas as perdas de eficiência devido ao aumento da temperatura dos módulos fotovoltaicos, variação da irradiação, perdas de conversão do inversor, dentre outras.

Dentre todas as literaturas estudadas, um valor padrão recomendado pelos fabricantes de taxa de desempenho foi utilizado, sendo este igual a TD=0,75. (CALDAS et al., 2016). O valor foi o mesmo para todas as propriedades analisadas nesta monografia.

2.2.5 Cálculo de Módulos e Inversores

Para a realização do cálculo da quantidade de módulos necessários no projeto, utilizou-se equação (2).

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{P_{fv}}{P_{mp}} \quad (2)$$

Sendo,

P_{fv} : Potência de pico (W_p)

P_{mp} : Potência do módulo fotovoltaico

Após ter a quantidade correta de módulos a serem utilizados, calcula-se o valor da potência total de cada módulo de acordo com a Equação (3):

$$\text{Potência total} = \text{Quantidade de módulo} \times \text{Potência de cada módulo} \quad (3)$$

Além disso, deve-se atentar-se para a tensão de circuito aberto das placas fotovoltaicas, sendo calculada conforme indicado pela Equação (4):

$$V_{ocstring} = \text{Quantidade de módulos} \times V_{oc} \times 1,1 \quad (4)$$

Sendo,

V_{oc} : Tensão de circuito aberto do painel.

O fator 1,1 da Equação (4) deve ser considerado devido a existência de possíveis perdas de eficiência do painel com o tempo, causadas principalmente devido ao sombreamento parcial, aumento de temperatura no painel fotovoltaico, perdas na conversão de energia, entre outros. (ARAÚJO, A.J.N. RANK, N.I. BUENO, T .B.A, 2016).

Segundo (Portal Solar, 2019), o valor do inversor escolhido deverá ser no máximo 20% maior que valor total da potência das placas fotovoltaicas para que não haja superdimensionado

e no mínimo 20% menor do que o valor total da potência das placas fotovoltaicas para que não fique subdimensionado.

2.3 Sistema de compensação de créditos

Desde 17 de abril de 2012, segundo a Resolução Normativa ANEEL nº482/2012, o consumidor passou a poder produzir sua própria energia elétrica utilizando fonte renováveis, o que possibilita fornecer o excesso de energia que não foi consumido para a rede de distribuição. (ANEEL, 2015).

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica foi também definido na Resolução Normativa ANEEL nº482/2012, que permite que a energia ativa injetada por unidade consumidora, referentes a micro ou minigeração distribuída, seja cedida gratuitamente à distribuidora local e posteriormente compensada através do consumo de energia elétrica ativa. Esse sistema é também chamado de *net metering*. (ANEEL 2012)

Em 1º de Março de 2016, houve uma mudança na regulamentação, entrando em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 687, 2015. Quando o sistema fotovoltaico da unidade consumidora gera mais que consome, créditos são obtidos e podem ser utilizados dentro do prazo de 60 meses. Além disso, o consumidor poderá optar por utilizar esses créditos em outras unidades cadastradas dentro da mesma área de concessão, o que caracteriza como autoconsumo remoto, geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras. Apenas os consumidores cativos, ou seja, consumidores ao qual só é permitido comprar energia da distribuidora responsável pela área onde se localizam, podem fazer a adesão ao Sistema de compensação de energia elétrica. (ANEEL 2017).

Em reunião, a diretoria da ANEEL aprovou em 22 de janeiro de 2019 a abertura de uma Audiência Pública que possivelmente modificará o atual Sistema de Compensação de Créditos para micro e minigeração distribuída (ANEEL, 2019). O principal ponto que foi discutido para a revisão da norma de compensação de créditos foi a forma como é vista hoje a energia que o consumidor gera e injeta na rede.

Com relação a Audiência Pública da ANEEL, foram disponibilizadas seis alternativas para possíveis revisões, uma delas foi a permanência da compensação total, da forma como ocorre hoje em dia, sem mudanças (Alternativa 0). A próxima proposta foi da continuação do sistema de compensação atual até que fosse atingido uma potência de 3,36 GW de consumidores conectados a rede, quando esse valor for atingido, o sistema de

compensação sofreria uma mudança e a parcela referente ao “fio B”, que é o fio da distribuição não seria compensada (Alternativa 1). Já na segunda alternativa, haveria a incidência do “fio A” e “fio B”, as demais parcelas da tarifa continuariam incidindo sobre a diferença na relação da energia consumida e injetada na rede (Alternativa 2). A terceira alternativa, propôs a incidência de, além do “fio A” e do “fio B” como anteriormente, a inclusão da parcela do encargo, entre as demais componentes que são aplicáveis em todo o consumo de energia da unidade consumidora (Alternativa 3). A quarta alternativa, incide toda a tarifa de uso do sistema de distribuição, os demais componentes das tarifas de energia incidem sobre a diferença entre a energia consumida e injetada na rede pelos consumidores (Alternativa 4). A quinta e última alternativa, incide toda a tarifa de uso do sistema de distribuição, os encargos e os componentes das tarifas de energia, apenas a componente de energia da tarifa de energia teria interferência na diferença da energia consumida e injetada na rede (Alternativa 5). (ANEEL, 2018)

Essas propostas estão sendo discutidas e é previsto um período de transição após a aceitação das mudanças. Até o ano de 2030, os consumidores que possuem mini e microgeração permanecem com a regra que está em vigor atualmente. Os consumidores que desejarem realizar a instalação da geração distribuída após a nova regra entrar em vigor, previsto pra 2020, passam a pagar o custo da rede (TUSD, “Fio B”, “Fio A”). Cada distribuidora pré estabelecerá uma quantidade de geração distribuída no ano de 2030, quando esse número for alcançado, os consumidores deverão passar a compensar além dos componentes anteriores, a componente de energia da tarifa de energia. (ANEEL 2019).

2.4 Viabilidade Econômica

2.4.1 Payback

O *payback* é uma ferramenta utilizada constantemente no mundo dos negócios para auxiliar nas tomadas de decisões, pelo fato de ser uma ferramenta simples e de fácil entendimento. Ele referencia o tempo necessário para recuperar um investimento realizado, ou seja, o período de tempo necessário para que os lucros do investimento retorne a um valor superior ao capital empregado. (GITMAN, 2002). Quanto mais breve o retorno, melhor o investimento.

É possível calcular o *Payback* simples neste tipo de investimento segundo a equação

(5) (ALMEIDA, 2018).

$$PBS = \frac{Ctp}{Veg} \quad (5)$$

Sendo:

PBS: tempo e retorno do investimento (Anos);

Ctp: custo total do investimento (R\$);

Veg: valor da energia gerada durante o ano (R\$/ano);

Nesta monografia foi utilizado a ferramenta Excel para realizar o cálculo do *Payback* simples das residências analisadas.

2.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é uma técnica de análise de orçamento de capital, ou seja, o valor do dinheiro no tempo. Esse método visa descontar os fluxos de caixa futuros de uma empresa para o presente considerando uma taxa específica chamada custo de oportunidade. Essa taxa refere-se ao retorno mínimo exigido pelos investidores, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (GITMAN, 2002). Nos presentes projetos foi utilizada uma taxa específica física de 10%. Esse valor foi baseado no último valor da taxa SELIC consultada disponibilizado pelo Banco Central do Brasil, que é a taxa básica de juros de economia que influencia todas as taxas de juros do país, o valor era de 6,5%. O valor de 10% foi escolhida com intuito de realizar os projetos para os piores casos (valor maior que a taxa SELIC) para análise de viabilidade. (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019)

O VPL determina a taxa de retorno do investimento e assim a sua viabilidade. Para que o projeto seja viável, esse valor deve ser maior que zero. De acordo com (GITMAN, 2010), é possível calcular o VPL conforme indicado pela Equação (6):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+r)^t} - FC_0 \quad (6)$$

Onde,

VPL: Valor presente líquido (R\$);

FCt: Valor presente de suas entradas de caixa (R\$);

FCo: Valor principal do projeto (R\$);

r: Taxa de custo de capital da empresa (%);

Nesta monografia foi utilizado a ferramenta Excel para realizar o cálculo do VPL das residências analisadas.

2.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é obtida através do fluxo de caixa projetado, não sendo necessário arbitrarum valor para a taxa de desconto. Segundo Guerra (2006), a TIR iguala no momento zero, o valor presente dos recebimentos com os valores previstos no fluxo de caixa. Essa taxa de desconto faz com que o VPL de um fluxo de caixa seja igual a zero, ou seja, faz com que o lucro líquido pague o investimento inicial do projeto.

O TIR pode ser caculado a partir da seguinte equação (7) (GITMAN, 2010):

$$\sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1 + TIR)^t} = FCO \quad (7)$$

Onde,

TIR: Taxa interna de retorno (%);

FCt: Valor presente de suas entradas de caixa (R\$);

FCo: Valor principal do projeto (R\$);

Nesta monografia foi utilizado a ferramenta Excel para realizar o cálculo do TIR das residências analisadas.

2.5 Linhas de tendência

Será realizada nesta monografía uma análise dos gráficos VPL vs Potência de todasas propriedades estudadas a fim de se busca um valor ótimo financeiramente para instalar painéis fotovoltaicos. Duas situações serão analisadas: geração maior que o consumo e consumo maior que a geração dentro da faixa do custo de disponibilidade. É importante destacar para o leitor que em ambas as situações, consumo pagará a taxa mínima

na fatura de energia elétrica.

Uma linha de tendência ou análise de regressão é capaz de fazer estimativas da relação entre as variáveis para se prever um valor a partir de uma ou mais variáveis diferentes. Isso é possível estendendo uma linha de tendência em um gráfico além dos dados reais afim de se prever valores futuros. (CAVALCANTE, 2019).

Na regressão linear simples, uma equação matemática linear é estabelecida. Essa equação descreve o relacionamento de duas variáveis, sendo uma dependente e uma independente. Isso acontece com a finalidade de realizar uma estimativa de valores para uma variável com base nos valores conhecidos da outra variável. Existe também a regressão linear múltipla, que envolve três ou mais variáveis, contendo uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes, cuja a finalidade é promover a melhora da capacidade de predição em relação a regressão linear simples. O que difere as duas regressões lineares é exatamente a quantidade de variáveis a serem analisadas. (SELL, I. 2005)

É possível utilizar diversas linhas de tendência em um gráfico, sendo elas:

- Linear: linha reta, utilizada quando se tem dados lineares para mostrar que algo está aumentando ou diminuindo com uma taxa fixa.

- Logarítmica: linha curva, utilizada para valores positivos e negativos, utilizada quando se tem uma taxa de alteração, aumentando ou diminuindo os valores rapidamente.

- Polinomial: linha curva, utilizada quando os dados flutuam, ou seja, para análise de ganhos e perdas em uma quantidade grande de dados.

- Potência: linha curva, pode ser utilizada somente em dados positivos e não nulos, utilizada em conjuntos de dados que comparam medidas que aumentam em uma taxa específica.

- Exponencial: linha curva, utilizada com taxas aumentando gradativamente e valores de dados crescendo ou caindo, somente utilizada em dados positivos e não nulos.

Quando for necessário acrescentar uma linha tendência ao gráfico, as seis opções de tendência/regressão estarão disponíveis. O tipo de dado que está sendo usado determina o melhor tipo de linha que deverá ser usado. Para saber a confiabilidade da linha de tendência, é necessário analisar o valor do coeficiente de relação. O coeficiente de correlação (R^2) mede o grau de ajustamento da equação da regressão aos dados amostrais. O ajuste perfeito

resulta em um R^2 igual a 1. Quanto mais próximo esse valor estiver de 1, melhor adequada a linha de tendência está para seu gráfico. (OFFICE, 2019).

Após um estudo amplo do sistema fotovoltaico em geral, seus componentes e funcionamento, a metodologia utilizada para a elaboração de toda a monografia foi descrita no capítulo seguinte.

3. METODOLOGIA

Esta seção consiste na apresentação da metodologia utilizada para se obter diferentes projetos fotovoltaicos, para a realização da viabilidade financeira e para encontrar as curvas de tendência.

Primeiramente, foram realizados estudo de casos em propriedades urbanas com distintos valores de consumo de energia, no intuito de observar a relação entre a viabilidade da implantação de sistemas fotovoltaicos e o consumo de energia elétrica das propriedades. As propriedades monofásicas e bifásicas foram obtidas de consumidores reais, o que possibilita uma aplicação prática. Optou-se por simular residências trifásicas através do aplicativo ANEEL CONSUMIDOR, um novo canal de atendimento da Agência Nacional de Energia Elétrica, que permite o registro de reclamações, sugestões, denúncias, dentre outros, além de possibilitar o acesso de demandas da ANEEL e obter informações importantes sobre o setor elétrico. O aplicativo se encontra disponível na PlayStore e AppStore, gratuitamente, para realizar a simulação das residências. A opção de se utilizar o aplicativo para consumidores trifásicos deve-se a pequena quantidade de consumidores reais encontrados.

Foram colhidos os dados referentes ao consumo médio de energia elétrica das propriedades escolhidas levando em conta diferentes consumos de energia. As contas de energia foram disponibilizadas pelos proprietários referentes ao meses de dezembro de 2017 a novembro de 2018.

Após realizados os estudos de casos das propriedades a serem estudadas e colhidos os dados necessários, o nível de irradiação solar da cidade em que estão localizadas foi pesquisado. O nível de irradiação solar diária mensal de determinadas cidades é fornecido pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito, (CRESESB), por meio de um programa chamado SunData. Esse programa foi criado para servir de ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. (CRESESB, 2016), o mesmo foi acessado para obter as informações necessárias para a localidade estudada.

Como a busca pela localidade no SunData é feita por meio da latitude e longitude da propriedade de interesse, foi utilizado o software GoogleMaps para obter as coordenadas das mesmas. Sugere-se que no caso de não aparecimento da cidade no programa SunData, a cidade mais próxima seja analisada.

A potência de pico de cada sistema foi calculada considerando todas as residências gerando menos que consome (dentro da faixa do custo de disponibilidade) e gerando mais do que consome. Em ambos os casos é cobrado na fatura de energia o valor referente ao custo de disponibilidade mais encargos/tributos estaduais, municipais e federais, entre outras taxas.

Os projetos fotovoltaicos foram realizados para ambos os casos e escolha dos módulos e inversores a serem utilizados foi feita realizando uma pesquisa de mercado visando o preço, qualidade, eficiência, garantia, características elétricas, além de optar por empresas renomadas no mercado brasileiro de energia fotovoltaicas que comercializassem os mesmos. Além disso, foram utilizados os mesmos modelos de módulos e a mesma marca de inversor para que não houvesse influência de fatores externos no resultado final da viabilidade econômica.

Foi realizado um estudo, que objetivou-se por analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica de cada propriedade estudada. Para isso, foram calculados o fluxo de caixa, *payback*, o valor presente líquido e taxa interna de retorno. A taxa interna de retorno utilizada foi calculada levando em consideração uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10%, o que significa o mínimo para que um investimento deve remunerar para que seja considerado viável economicamente

Para análise de *payback* foi realizado o cálculo do fluxo de caixa anuais dos sistemas fotovoltaicos durante 25 anos consecutivos, visando sempre a vida útil dos módulos fotovoltaicos escolhidos, que apresenta uma perda de eficiência de 20% ao longo desses anos, que equivale a uma perda de eficiência de 0,8% ao ano. Essa perda afeta diretamente na geração do sistema fotovoltaico diminuindo a geração ao longo dos anos. Para obter o valor do fluxo de caixa, multiplicou-se o valor da geração de energia anual pela eficiência dos módulos no decorrer dos anos. (CANDIAN SOLAR, 2019). O valor de kWh utilizado foi baseado no preço cobrado pela concessionária CEMIG, sendo equivalente a R\$0,6283. Reajustes anuais desse valor foram considerados. Dessa forma, segundo a ANEEL, deve-se aumentar 4,5% no valor da tarifa por ano (MARTINS, 2016).

Os gráficos de VPL vs potência foram traçados a fim de realizar uma regressão linear

através da utilização de linhas de tendências traçadas pelo Excel com intuito de analisar o comportamento dos gráficos quando expandidos os períodos nos mesmos e por fim, verificar mais precisamente um ponto ótimo de viabilidade econômica em função do tipo de ligação existente na residência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na metodologia apresentada anteriormente, este capítulo visa a apresentação e discussão dos resultados obtidos.

4.1 Estudos Preliminares

- **Dados Residenciais**

Nas Tabelas 1 e 2, a seguir, estão apresentadas, sucintamente, as propriedades urbanas selecionadas. Com intuito de preservar as identidades dos proprietários foram divulgados somente as iniciais de seus nomes.

Tabela 1: Dados médios das propriedades urbanas monofásicas.

Estudo de Caso	Proprietário	Cidade Pertencente	Cidade mais Próxima	Consumo Médio (kWh/mês)
1	M.C	Piumhi/MG	Piumhi/MG	19
2	M.P.C	Piumhi/MG	Piumhi/MG	80
3	H.C.C	Piumhi/MG	Piumhi/MG	158
4	M.A.P	Piumhi/MG	Piumhi/MG	224
5	M.C.L	Piumhi/MG	Piumhi/MG	302

Fonte: Próprio Autor.

Segundo ANEEL (2019), as propriedades indicadas na Tabela 1 se enquadram nas unidades consumidoras do grupo B1 (residencial baixa renda), monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores, e, deve-se ser cobrada uma taxa mínima de 30kWh/mês. Esta taxa mínima também é chamada de custo de disponibilidade.

Tabela 2: Dados médios das propriedades urbanas bifásicos.

Estudo de Caso	Proprietário	Cidade Pertencente	Cidade mais Próxima	Consumo Médio (kWh/mês)
1	J.R.C	Piumhi/MG	Piumhi/MG	343
2	P.S.C	Piumhi/MG	Piumhi/MG	472
3	E.S	Piumhi/MG	Piumhi/MG	573
4	J.E.F	Piumhi/MG	Piumhi/MG	635
5	G,P,S	Piumhi/MG	Piumhi/MG	694

Fonte: Próprio Autor.

Segundo ANEEL (2015), as propriedades indicadas na Tabela 2 se enquadram nas unidades consumidoras do grupo B1 (residencial normal), bifásico a 3 (três) condutores. O custo de disponibilidade de tais consumidores equivale a 50kWh/mês.

Na Tabela 3 é possível visualizar os dados das residências trifásicas simuladas no aplicativo citado anteriormente. Segundo ANEEL (2015) o custo de disponibilidade para consumidores trifásicos é igual 100 KWh/mês.

Tabela 3: Dados médios das propriedades urbanas trifásicas.

Residência	Consumo (kWh)
Primeira residência	734
Segunda residência	792
Terceira residência	845
Quarta residência	912
Quinta residência	987

Fonte: Próprio Autor

- **Nível de irradiação solar**

Os dados de irradiação solar da cidade de Piumhi/MG, cuja latitude e longitude são 20,5° e 45,949°, respectivamente, foram fornecidos pelo programa SunData . Uma melhor visualização dos dados colhidos é ilustrado na Figura 6.

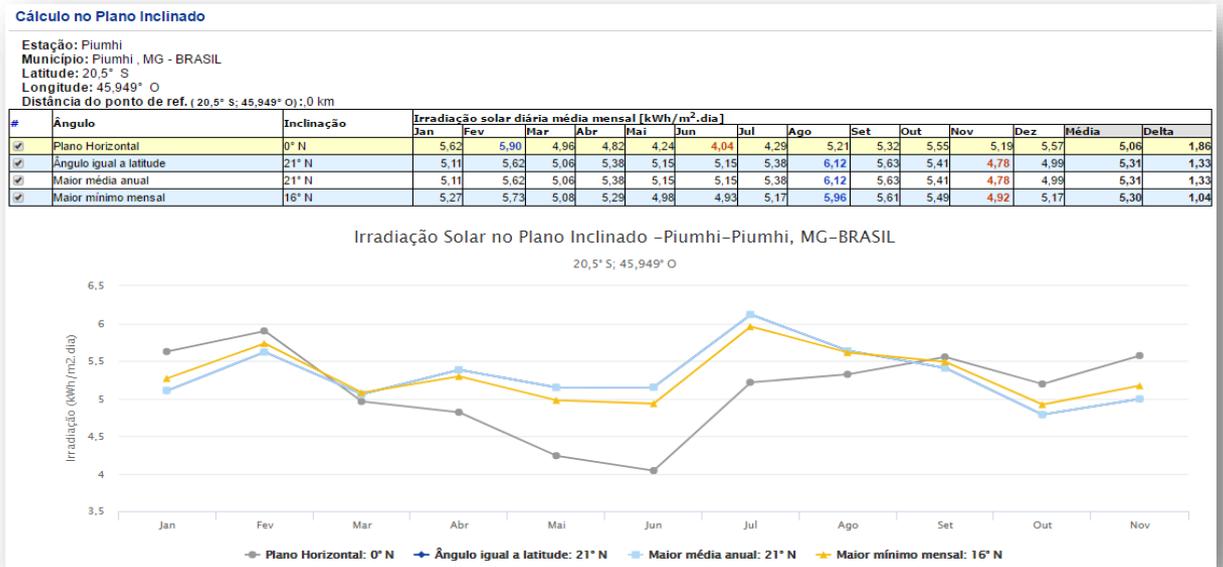


Figura 6: Nível de irradiação solar de Piumhi/MG.

Fonte: (SunData, 2019).

O mês que apresentou menor nível de irradiação solar diária média em Piumhi/MG foi o mês de junho, como destacado na Tabela 4.

Tabela 4: Dados da irradiação solar média diária de Piumhi/MG.

Mês	Irradiação Solar Diária
	Média (kWh/m ² .dia)
Janeiro	5,62
Fevereiro	5,90
Março	4,96
Abril	4,82
Maio	4,24
Junho	4,04
Julho	4,29
Agosto	5,21
Setembro	5,32
Outubro	5,55
Novembro	5,19
Dezembro	5,57

Fonte: (CRESESB, 2019).

4.2 Projetos Fotovoltaicos

- Cálculo da Potência de pico

Residências Monofásicas

Como indicado anteriormente, essas propriedades se enquadram na unidade consumidora do grupo B1 (residencial baixa renda), monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores, com taxa mínima de 30kWh/mês.

- **Estudo de caso 1**

A primeira propriedade urbana estudada foi a da Sr^a M.C, localizada na Rua Silviano Brandão, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 5.

Tabela 5: Consumo de energia da primeira propriedade urbana monofásica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	14
Janeiro/2018	14
Fevereiro/2018	19
Março/2018	17
Abril/2018	11
Mai/2018	12
Junho/2018	17
Julho/2018	18
Agosto/2018	14
Setembro/2018	19
Outubro/2018	18
Novembro/2018	19

Fonte: Próprio Autor

Segundo ANEEL (2019), essa propriedade se enquadra na unidade consumidora do grupo B1 (residencial baixa renda), monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores, e, deve-se ser cobrada uma taxa mínima de 30kWh/mês devido a classe da propriedade. Com isso, é inviável realizar o projeto dessa propriedade visto que o consumo da mesma é 19 kWh

considerando o pior caso, ou seja, o mês onde o consumo de energia foi maior, e ainda assim foi menor que a taxa mínima cobrada de 30kWh, o que significa que o consumidor teria que pagar o custo de disponibilidade mesmo o seu gasto sendo inferior a este.

- **Estudo de caso 2**

A segunda propriedade urbana estudada foi a do Sr M.P.C, localizada na Rua Silvano Brandão, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 6.

Tabela 6: Consumo de energia da segunda propriedade urbana monofásica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	66
Janeiro/2018	73
Fevereiro/2018	68
Março/2018	54
Abril/2018	71
Maió/2018	63
Junho/2018	69
Julho/2018	75
Agosto/2018	67
Setembro/2018	70
Outubro/2018	80
Novembro/2018	77
Média Diária 1	1,67
Média Diária 2	3,67

Fonte: Próprio Autor

Para realizar o projeto fotovoltaico da segunda propriedade em questão, foi usado o maior valor de kWh durante o ano, sendo de 80 kWh referente ao mês de outubro.

Seguindo o mesmo critério da primeira propriedade estudada, essa também se enquadra na unidade consumidora do grupo B1 (residencial normal), monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores, e, deve-se ser cobrada uma taxa mínima de 30kWh/mês devido o custo de disponibilidade da classe da propriedade.

Assim, considerou uma geração de 50 kWh/mês, o que resulta, considerando que um mês comercial que tenha 30 dias, em $\frac{50}{30} = 1,67$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{1,67/0,75}{4,04} = 0,55 \text{ kWp}$$

O valor indicado de 0.55 kWp é para a situação onde o sistema fotovoltaico gera menos que o valor consumido, mas que mesmo assim o consumidor ainda está pagando pelo custo de disponibilidade.

Em seguida é considerado uma situação em que o valor gerado fosse maior que o valor consumido. Estimando-se uma geração de 110 kWh, tem-se $\frac{110}{30} = 3,67$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{3,67/0,75}{4,04} = 1,21 \text{ kWp}$$

Todos os cálculos das propriedades a seguir foram feitos seguindo a mesma metodologia da propriedade 2.

- **Estudo de caso 3**

A terceira propriedade urbana estudada foi a da Sr H.C.C, localizada na Rua Sacramento, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 7.

Tabela 7: Consumo de energia da terceira propriedade urbana monofásica.

Mês/Ano	Consumo(kWh)
Dezembro/2017	146
Janeiro/2018	143
Fevereiro/2018	139
Março/2018	153
Abril/2018	152
Maior/2018	156
Junho/2018	157
Julho/2018	158
Agosto/2018	152

Setembro/2018	149
Outubro/2018	147
Novembro/2018	145
Média Diária 1	4,27
Média Diária 2	6,27

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o mês de julho, 158 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 128 kWp, o que resulta em $\frac{128}{30} = 4,27$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{4,27/0,75}{4,04} = 1,4 \text{ kWp}$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado, estimou-se uma geração de 188 kWh. Com isso $\frac{188}{30} = 6,27$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{6,27/0,75}{4,04} = 2,07 \text{ kW}$$

- **Estudo de caso 4**

A quarta propriedade urbana estudada foi a da Sr^a M.A.P, localizada na Rua Crispim Elias da Cunha, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 8.

Tabela 8: Consumo de energia da quarta propriedade urbana monofásica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	193
Janeiro/2018	189
Fevereiro/2018	202
Março/2018	210
Abril/2018	202
Maio/2018	208
Junho/2018	165
Julho/2018	200
Agosto/2018	210

Setembro/2018	211
Outubro/2018	193
Novembro/2018	224
Média Diária 1	6,47
Média Diária 2	8,47

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o mês de novembro, 224 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 194 kWp, o que resulta em $\frac{194}{30} = 6,47$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{6,47/0,75}{4,04} = 2,13kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado, estimou-se uma geração de 254 kWh. Com isso $\frac{254}{30} = 8,47$ [kWh/dia] e a potência de pico é igual a:

$$P_{fv} = \frac{8,47/0,75}{4,04} = 2,79kWp$$

- **Estudo de caso 5**

A quinta propriedade urbana estudada foi a da Sr^a M.A.P, localizada na Rua Crispim Elias da Cunha, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 9.

Tabela 9: Consumo de energia da quinta propriedade urbana monofásica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	302
Janeiro/2018	265
Fevereiro/2018	261
Março/2018	271
Abril/2018	298
Mai/2018	283
Junho/2018	274
Julho/2018	272
Agosto/2018	276

Setembro/2018	283
Outubro/2018	266
Novembro/2018	245
Média Diária 1	9,07
Média Diária 2	10,07

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o mês de dezembro, 302 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 272 kWp, o que resulta em $\frac{272}{30} = 9,07$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{9,07/0,75}{4,04} = 2,99 \text{ kWp}$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado, estimou-se uma geração de 332 kWh. Com isso, tem-se $\frac{332}{30} = 10,07$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{11,07/0,75}{4,04} = 3,65 \text{ kW}$$

Residências Bifásicas

Essas propriedades se enquadram na unidade consumidora do grupo B1 (residencial baixa renda), B1 (residencial normal), bifásico a 3 (três) condutores, e deve-se ser cobrada uma taxa mínima de 50kWh/mês.

- **Estudo de caso 1**

A primeira propriedade urbana estudada foi a da Sr^a J.R.C, localizada na Rua Bossuet Costa, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 10.

Tabela 10: Consumo de energia da primeira propriedade urbana bifásica.

Mês/Ano	Consumo(kWh)
Dezembro/2017	271
Janeiro/2018	261
Fevereiro/2018	275

Março/2018	342
Abril/2018	275
Mai/2018	255
Junho/2018	267
Julho/2018	232
Agosto/2018	315
Setembro/2018	343
Outubro/2018	293
Novembro/2018	301
Média Diária 1	9,77
Média Diária 2	13,1

Fonte: Próprio Autor.

Para realizar o projeto fotovoltaico foi usado o maior valor de kWh durante o ano, sendo de 343 kWh referente ao mês de setembro.

Segundo ANEEL (2015), as propriedades que se enquadram nas unidades consumidoras do grupo B1 (residencial normal), bifásico a 3 (três) condutores, deve-se ser cobrada uma taxa mínima de 50kWh/mês devido o custo de disponibilidade.

Assim, considerou uma geração de 293 kWh/mês, o que resulta, considerando que um mês comercial que tenha 30 dias, em, $\frac{293}{30} = 9,77$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{9,77/0,75}{4,04} = 3,22kWp$$

Em seguida é considerado uma situação em que o valor gerado fosse maior que o valor consumido. Estimando-se uma geração de 393 kWh, tem-se $\frac{393}{30} = 13,1$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{13,1/0,75}{4,04} = 4,32kWp$$

Todos os cálculos das propriedades a seguir com conexões bifásicas foram realizadas de maneira análoga a esta propriedade.

- **Estudo de caso 2**

A segunda propriedade urbana estudada foi a da Sr P.S.C, localizada na Rua Santo Antônio, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 11.

Tabela 11: Consumo de energia da segunda propriedade urbana bifásica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	453
Janeiro/2018	434
Fevereiro/2018	449
Março/2018	467
Abril/2018	469
Mai/2018	471
Junho/2018	471
Julho/2018	472
Agosto/2018	443
Setembro/2018	445
Outubro/2018	448
Novembro/2018	464
Média Diária 1	15,73
Média Diária 2	19,3

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o mês de julho, 472 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 422 kWp, o que resulta em $\frac{422}{30} = 15,73$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{15,73/0,75}{4,04} = 5,19kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado, estimou-se uma geração de 522 kWh. Com isso, tem-se $\frac{522}{30} = 17,4$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual:

$$P_{fv} = \frac{17,4/0,75}{4,04} = 5,74kWp$$

- **Estudo de caso 3**

A terceira propriedade urbana estudada foi a da Sr^a E.S, localizada na Rua Sacramento, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 12.

Tabela 12: Consumo de energia da terceira propriedade urbana.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	564
Janeiro/2018	556
Fevereiro/2018	554
Março/2018	566
Abril/2018	569
Maió/2018	571
Junho/2018	571
Julho/2018	573
Agosto/2018	566
Setembro/2018	565
Outubro/2018	564
Novembro/2018	562
Média Diária 1	17,43
Média Diária 2	20,77

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o mês de julho, 573 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 523 kWp, o que resulta em $\frac{523}{30} = 17,43$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{17,43/0,75}{4,04} = 5,75kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimou-se uma geração de 623kWh. Com isso, tem-se $\frac{623}{30} = 20,77$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual:

$$P_{fv} = \frac{20,77/0,75}{4,04} = 6,85kWp$$

- **Estudo de caso 4**

A terceira propriedade urbana estudada foi a da Sr^a J.E.F, localizada na Rua Dona Lindinha, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 13.

Tabela 13: Consumo de energia da quarta propriedade urbana.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	598
Janeiro/2018	592
Fevereiro/2018	697
Março/2018	613
Abril/2018	614
Mai/2018	619
Junho/2018	624
Julho/2018	635
Agosto/2018	632
Setembro/2018	631
Outubro/2018	622
Novembro/2018	620
Média Diária 1	19,50
Média Diária 2	22,83

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o de julho, 625 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 585 kWp, o que resulta em $\frac{585}{30} = 19,50$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{19,50/0,75}{4,04} = 6,43kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimou-se uma geração de 685 kWh. Com isso, tem-se $\frac{685}{30} = 22,83$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{22,83/0,75}{4,04} = 7,53kW$$

- **Estudo de caso 5**

A quinta propriedade urbana estudada foi a da Sr^a G.P.S, localizada na Rua Severo Veloso, no município de Piumhi/MG. A relação do consumo mensal de energia durante um ano se encontra na Tabela 14.

Tabela 14: Consumo de energia da quinta propriedade urbana.

Mês/Ano	Consumo (kWh)
Dezembro/2017	657
Janeiro/2018	662
Fevereiro/2018	645
Março/2018	678
Abril/2018	682
Mai/2018	689
Junho/2018	695
Julho/2018	692
Agosto/2018	691
Setembro/2018	687
Outubro/2018	684
Novembro/2018	681
Média Diária 1	21,5
Média Diária 2	24,83

Fonte: Próprio Autor.

O mês que apresentou maior consumo de energia foi o mês de junho, 695 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 645 kWp, o que resulta em $\frac{645}{30} = 21,5$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{21,5/0,75}{4,04} = 7,09kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimou-se uma geração de 745 kWh. Com isso, tem-se $\frac{745}{30} = 24,83$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual:

$$P_{fv} = \frac{24,83/0,75}{4,04} = 8,19kW$$

Residências Trifásicas

Essas propriedades se enquadram na unidade consumidora do grupo B1 (residencial baixa renda), B1 (residencial normal), bifásico a 3 (três) condutores, e, deve-se ser cobrada uma taxa mínima de 100kWh/mês.

- **Estudo de Caso 1**

O valor do consumo da primeira residência foi simulado, considerando um valor de potência de 734 kWh. Uma geração de 634 kWh resulta, considerando que um mês comercial tenha 30 dias, em, $\frac{634}{30} = 21,33$ [kWh/dia] e uma potência de pico de:

$$P_{fv} = \frac{21,33/0,75}{4,04} = 6,97kWp$$

Em seguida é analisado uma situação em que o valor gerado fosse maior que o valor consumido. Estimando-se uma geração de 834 kWh, o que significa $\frac{834}{30} = 27,8$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{27,8/0,75}{4,04} = 9,17kWp$$

Todos os cálculos das propriedades trifásicas a seguir foram feitos de maneira análoga a este caso.

- **Estudo de caso 2**

O valor do consumo da segunda residência foi de 792 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 692 kWh, o que significa $\frac{692}{30} = 23,06$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{23,06/0,75}{4,04} = 7,61kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimando-se uma geração de 892 kWh, tem-se $\frac{892}{30} = 29,73$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual:

$$P_{fv} = \frac{29,73/0,75}{4,04} = 9,81kW$$

- **Estudo de caso 3**

O valor do consumo da terceira residência foi de 845 kWh. Logo, considerando o

consumo maior que a geração, estima-se um valor de 745 kWh, o que significa $\frac{745}{30} = 24,83$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{24,83/0,75}{4,04} = 8,19kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimando-se uma geração de 945 kWh, tem-se $\frac{945}{30} = 31,5$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{31,5/0,75}{4,04} = 10,24 kWp$$

- **Estudo de caso 4**

O valor do consumo da quarta residência foi de 912 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor menor de 812kWh, o que significa, $\frac{812}{30} = 27,06$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{27,06/0,75}{4,04} = 8,93kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimando-se uma geração de 1012 kWh, tem-se $\frac{1012}{30} = 33,73$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{33,73/0,75}{4,04} = 11,13 kWp$$

- **Estudo de caso 5**

O valor do consumo da quinta residência foi de 987 kWh. Logo, considerando o consumo maior que a geração, estima-se um valor de 897kWh, o que significa $\frac{897}{30} = 29,9$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{29,9/0,75}{4,04} = 9,86kWp$$

O cálculo para geração maior do que o consumo também foi realizado. Estimando-se uma geração de 1087 kWh, tem-se $\frac{1087}{30} = 36,23$ [kWh/dia] e uma potência de pico igual a:

$$P_{fv} = \frac{36,23/0,75}{4,04} = 11,96 kWp$$

- Escolha dos Módulos Fotovoltaicos

Foi feito um levantamento de modelos de módulos fotovoltaicos em sites nacionais, cujas principais características são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Comparação de módulos fotovoltaicos.

Fabricante	Modelo	Eficiência	Potência Máxima (W_{máx})	Corrente de Potência Máxima (Imp)	Preço (R\$/Wp)
Sinosola	SA330-72P	17%	330Wp	8,75 A	2,06
Canadian Solar	CS6U-330P	16,97%	330Wp	8,88 A	2,24
Sinosola	SA275-60P	16,9%	275Wp	8,81 A	1,99
Canadian Solar	CS6P- 265P	16,47%	265Wp	8,66 A	2,93

Fonte: Adaptado de Neosolar & Minha Casa Solar.

Para a escolha do modulo a ser usado, foi considerado a potência máxima do painel, a eficiência, o custo, a durabilidade (garantia) e a marca do mesmo. O modulo que mais se destacou dentre todos foi o painel da empresa canadense Canadian Solar, modelo CS6U-330P. Apesar de ser um pouco mais caro, apresenta melhor eficiência e pertence a uma das maiores fabricantes de módulos fotovoltaicos. Possui um elevado padrão de qualidade e conta com certificação INMETRO nota “A” e 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação. (MINHA CASA SOLAR, 2019)

Os principais dados fornecidos pelo fabricante deste painel se encontram na Tabela 16.

Tabela 16 - Principais características elétricas do painel CS6U-330P.

Modelo	CS6U-330P
Dimensões	1960 x 992 35 mm
Tensão Máxima (V _{mp})	37,2 V
Corrente Máxima (Imp)	8,88 A
Potência Máxima (P _{máx})	330 W
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	45,6 V
Corrente de Curto-Circuito (I _{sc})	9,45 A
Eficiência média	96%

Fonte: Minha casa solar, 2019.

Os coeficientes de temperatura das células fotovoltaicas escolhidas estão presentes na Tabela 17. O valor da temperatura de funcionamento da célula é de 45° podendo variar 2ª acima e abaixo. O valor do coeficiente de temperatura P_{max} significa que para cada aumento de 1°C da célula fotovoltaica, ocorre uma diminuição de 0,41% da potência máxima da mesma. Tal interpretação pode ser realizada de maneira análoga para o restante das variáveis indicadas na

Tabela 17.

Tabela 17 – Coeficientes de temperatura do módulo FV.

Temperatura de funcionamento da célula (NOCT)	45 ± 2
Coeficiente de temperatura Pmax	-0,41% / °C
Coeficiente de temperatura Voc	-0,31% / °C
Coeficiente de temperatura Isc	0,053% / °C

Fonte: CANADIAN SOLAR, 2019.

- Cálculo dos módulos e inversores

Para cada propriedade, determina-se a quantidade de módulos que será necessário para produzir a energia requerida por elas, além dos seus respectivos inversores. Os projetos foram feitos considerando as duas situações apresentadas anteriormente: geração maior que o consumo e consumo maior que a geração dentro da faixa do custo de disponibilidade.

✓ *Propriedades monofásicas*

- Propriedade 1:

A propriedade 1 consome em média 19 kWh, sendo inviável o projeto fotovoltaico, pois, quando o valor gasto é menor que o custo de disponibilidade o proprietário deverá pagar pelo valor do custo de disponibilidade, que neste caso vale 30 kWh.

- Propriedade 2:

- Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 0,55 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos FV} = \frac{550}{330} = 1,67 = 2 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 2 \times 330 = 660 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 1,5kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 18.

Tabela 18: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	SMA Sunny Boy – SB1.5-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	160 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	50 a 80 [V]
Corrente máxima na entrada	10 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	1500 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 240 [Vca]
Frequência de saída	50/60 [Hz]
Corrente máxima de saída	7 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97,2 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	460mm x 357mm x 122mm
Peso	9,2 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 2 \times 45,6 \times 1,1 = 100,32[V]$$

Será adicionado 1 string de 2 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 19.

Tabela 19: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
2	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	1.262,94
1	Inversor SMA Sunny Boy	3.101,97	3.101,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	6.364,91

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 1,21 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{1210}{330} = 3,66 = 4 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 4 \times 330 = 1320 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 1,5kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 20.

Tabela 20: Especificações do Inversor Escolhido.

Modelo	SMA Sunny Boy – SB1.5-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	160 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	50 a 80 [V]
Corrente máxima na entrada	10 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	1500 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 240 [Vca]
Frequência de saída	50/60 [Hz]
Corrente máxima de saída	7 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97,2 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	460mm x 357mm x 122mm
Peso	9,2 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 4 \times 45,6 \times 1,1 = 200,64[V]$$

Será adicionado 1 string de 4 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 21.

Tabela 21: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
4	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	2.525,88
1	Inversor SMA Sunny Boy	3.101,97	3.101,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	7.627,85

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 3:

- o Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 1,4 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{1400}{330} = 4,24 = 5 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 5 \times 330 = 1650 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 2.5kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 22.

Tabela 22: Especificações do Inversor Escolhido.

Modelo	SMA Sunny Boy – SB2.5-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	260 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	50 a 80 [V]
Corrente máxima na entrada	10 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	2500 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 240 [Vca]

Frequência de saída	50/60 [Hz]
Corrente máxima de saída	11 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97,2 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	460mm x 357mm x 122mm
Peso	9,2 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 5 \times 45,6 \times 1,1 = 250,8[V]$$

Será adicionado 1 string de 5 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 23.

Tabela 23: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
5	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	3.157,35
1	Inversor SMA Sunny Boy	4.999,00	4.999,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	10.156,35

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como potência de pico (W_p) = 2,07 kW_p, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{2070}{330} = 6,27 = 7 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 7 \times 330 = 2310 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 2.5kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra

na Tabela 24.

Tabela 24: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	SMA Sunny Boy – SB2.5-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	260 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	50 a 80 [V]
Corrente máxima na entrada	10 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	2500 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 240 [Vca]
Frequência de saída	50/60 [Hz]
Corrente máxima de saída	11 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97,2 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	460mm x 357mm x 122mm
Peso	9,2 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 7 \times 45,6 \times 1,1 = 351,12[V]$$

Será adicionado 1 string de 7 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 25.

Tabela 25: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único(R\$)	Preço Total (R\$)
7	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	4.420,29
1	Inversor SMA Sunny Boy	4.999,00	4.999,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	11.419,29

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 4:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 2,13 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{2130}{330} = 6,45 = 7 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 7 \times 330 = 2310 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 2.5kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 26.

Tabela 26: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	SMA Sunny Boy – SB2.5-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	260 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	50 a 80 [V]
Corrente máxima na entrada	10 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	2500 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 240 [Vca]
Frequência de saída	50/60 [Hz]
Corrente máxima de saída	11 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97,2 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	460mm x 357mm x 122mm
Peso	9,2 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 7 \times 45,6 \times 1,1 = 351,12[V]$$

Será adicionado 1 string de 7 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá

ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 27.

Tabela 27: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
7	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	4.420,29
1	Inversor SMA Sunny Boy	4.999,00	4.999,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	11.419,29

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 2,79 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{2790}{330} = 8,45 = 9 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 9 \times 330 = 2970 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 3kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 28.

Tabela 28: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	SMA Sunny Boy – SB3-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	125 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	110 [V]
Corrente máxima na entrada	15 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	3000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 280 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	16 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	480mm x 250mm x 580mm

Peso	22,08 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 9 \times 45,6 \times 1,1 = 451,44[V]$$

Será adicionado 1 string de 9 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 29.

Tabela 29: Custo total da Instalação Fotovoltaica.

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
9	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	5.683,23
1	Inversor SMA Sunny Boy	5947,71	5947,71
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	13.630,94

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 5:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa de custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 2,99 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{2990}{330} = 9,06 = 9 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 9 \times 330 = 2970 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 3kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 30.

Tabela 30: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	SMA Sunny Boy – SB3-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [V _{cc}]
Faixa de Voltagem do MPP	125 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	110 [V]
Corrente máxima na entrada	15 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	3000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 280 [V _{ca}]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	16 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	480mm x 250mm x 580mm
Peso	22,08 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 9 \times 45,6 \times 1,1 = 451,44[V]$$

Será adicionado 1 string de 9 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 31.

Tabela 31: Custo total da Instalação Fotovoltaica.

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
9	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	5.683,23
1	Inversor SMA Sunny Boy	5947,71	5947,71
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	13.630,94

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como potência de pico (W_p) = 3,65 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{3650}{330} = 11,06 = 11 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 11 \times 330 = 3630 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores SMA, que possuem potências de 4kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 32.

Tabela 32: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	SMA Sunny Boy – SB4-1VL-40
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	600 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	140 a 500 [V]
Voltagem mínima de entrada	125 [V]
Corrente máxima na entrada	15 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	4000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 280 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	22 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	-
Peso	-
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 11 \times 45,6 \times 1,1 = 551,76[V]$$

Será adicionado 1 string de 11 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido. A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 33.

Tabela 33: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
11	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	6.946,17
1	Inversor SMA Sunny Boy	6.479,00	6.479,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	2.000,00	2.000,00
-	Total	-	15.425,17

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

✓ *Propriedades bifásicas*

- Propriedade 1:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 3.22 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{3220}{330} = 9,75 = 10 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 10 \times 330 = 3300 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 3kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 34.

Tabela 34: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongrid Fronius 3kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	710 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	200 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	18 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	3000 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	13 [A]

Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	21,5 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 10 \times 45,6 \times 1,1 = 501,6[V]$$

Será adicionado 1 string de 10 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 35.

Tabela 35: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
10	Módulos Canadian CS6U-330P	631,47	6.314,47
1	Inversor Fronius	6.390,00	6.390,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	15.704,47

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 4,32 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{4320}{330} = 13,09 = 13 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 13 \times 330 = 4290 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 4kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 36.

Tabela 36: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Solar Fronius 4kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	210 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	18 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	4000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180-270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	17,4 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	21,5 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 13 \times 45,6 \times 1,1 = 652,08[V]$$

Será adicionado 1 string de 13 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido. A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 37.

Tabela 37: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
13	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	8.209,11
1	Inversor Fronius	7.658,00	7.658,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	18.867,11

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 2:

- Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 5,19 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{5190}{330} = 15,72 = 16 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 16 \times 330 = 5280 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 3kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 38.

Tabela 38: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 3kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	710 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	200 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	18 [A]
Saída	
Potência nominal de saída	3000 [W]
Faixa de voltagem de saída	220 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	13 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	21,5 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 16 \times 45,6 \times 1,1 = 802,56[V]$$

Será adicionado 1 string de 16 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em

paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 39.

Tabela 39: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
16	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	10.103,52
1	Inversor Fronius	6.390,00	6.390,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	19.493,52

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 5,74 kWp

Conforme a equação (2)

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{5740}{330} = 17,39 = 18 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 18 \times 330 = 5940 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 6kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 40.

Tabela 40: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongrid Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	6000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26.1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C

Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 18 \times 45,6 \times 1,1 = 902,88[V]$$

Será adicionado 1 string de 18 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 41.

Tabela 41: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
18	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	11.366,46
1	Inversor Fronius	8.980,00	8.980,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	23.346,46

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 3:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 5,75 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{5750}{330} = 17,42 = 18 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 18 \times 330 = 5940 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 6kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 42.

Tabela 42: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 3kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	6000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26.1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 18 \times 45,6 \times 1,1 = 902,88[V]$$

Será adicionado 1 string de 18 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 43.

Tabela 43: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
18	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	11.366,46
1	Inversor Fronius	8.980,00	8.980,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	23.346,46

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 6,85 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{6850}{330} = 20,75 = 21 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 21 \times 330 = 6930 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 6kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 44.

Tabela 44: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	6000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 21 \times 45,6 \times 1,1 = 1053,36[V]$$

.Será adicionado 1 string de 21 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 45.

Tabela 45: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
21	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	13.260,87
1	Inversor Fronius	8.980,00	8.980,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	25.240,87

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 4:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 6,43 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{6430}{330} = 19,48 = 19 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 19 \times 330 = 6270 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 6kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 46.

Tabela 46: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 3kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	6000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26.1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]

Grau de Proteção	Ip65
------------------	------

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 19 \times 45,6 \times 1,1 = 953,04[V]$$

Será adicionado 1 string de 19 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido. A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 47.

Tabela 47: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
19	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	11.997,93
1	Inversor Fronius	8.980,00	8.980,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	23.977,93

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 7,53 kWp

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{7530}{330} = 22,81 = 22 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 22 \times 330 = 7260 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 8,2kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 48.

Tabela 48: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 8,2kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]

Faixa de Voltagem do MPP	270 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	18[A]
Saída	
Potência nominal de saída	8200 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 22 \times 45,6 \times 1,1 = 1103,52[V]$$

Será adicionado 1 string de 22 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 49.

Tabela 49: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
22	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	13.892,34
1	Inversor Fronius	11.254,32	11.254,32
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	28.146,66

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 5:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 7,09 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{7090}{330} = 21,48 = 21 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 21 \times 330 = 6930 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 6kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 50.

Tabela 50: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	6000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada.

$$Vocstring = 21 \times 45,6 \times 1,1 = 1053,36[V]$$

Será adicionado 1 string de 21 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existemmódulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 51.

Tabela 51: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
21	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	13.260,87
1	Inversor Fronius	8.980,00	8.980,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	25.240,87

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 8,19 kWp

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{8190}{330} = 24,81 = 24 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 24 \times 330 = 7920 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 8,2kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 52.

Tabela 52: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 8200kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	8200 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 24 \times 45,6 \times 1,1 = 1203,84[V]$$

Será adicionado 1 string de 24 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 53.

Tabela 53: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
24	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	15.155,28
1	Inversor Fronius	11.254,32	11.254,32
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	3.000,00	3.000,00
-	Total	-	29.409,60

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

✓ *Propriedades trifásicas*

- Propriedade 1:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 6,97 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{6970}{330} = 21,12 = 21 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 21 \times 330 = 6930 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 6kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 54.

Tabela 54: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	

Voltagem máxima de entrada	1000 [V _{cc}]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	6000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [V _{ca}]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 21 \times 45,6 \times 1,1 = 1053,36[V]$$

Será adicionado 1 string de 21 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 55.

Tabela 55: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
21	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	13.260,87
1	Inversor Fronius	8.980,00	8.980,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	26.240,87

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 9,17 kW_p, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{9170}{330} = 27,78 = 28 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 28 \times 330 = 9240 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 10kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 56.

Tabela 56: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	10000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 28 \times 45,6 \times 1,1 = 1404,36[V]$$

Será adicionado 1 string de 28 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 57.

Tabela 57: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
28	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	17.681,16
1	Inversor Fronius	14.627,97	14.627,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	36.390,13

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 2:

○ Considerando consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 7,61 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{7610}{330} = 23,06 = 23 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 23 \times 330 = 7590 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 8,2kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 58.

Tabela 58: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 8200kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	8200 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]

Grau de Proteção	Ip65
------------------	------

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada.

$$V_{ocstring} = 23 \times 45,6 \times 1,1 = 1153,68[V]$$

Será adicionado 1 string de 23 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 59.

Tabela 59: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
23	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	14.523,81
1	Inversor Fronius	11.254,32	11.254,32
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	29.778,13

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 9,81 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{9810}{330} = 29,71 = 29 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 29 \times 330 = 9570W$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 10kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 60.

Tabela 60: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 10kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]

Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	10000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 29 \times 45,6 \times 1,1 = 1454,64[V]$$

Será adicionado 1 string de 29 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 61.

Tabela 61: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
29	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	18.312,63
1	Inversor Fronius	14.627,97	14.627,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	36.940.60

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 3:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 8,19 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{8190}{330} = 24,81 = 24 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 24 \times 330 = 7920 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 8,2kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 62.

Tabela 62: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 8200kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	8200 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 24 \times 45,6 \times 1,1 = 1203,84[V]$$

Será adicionado 1 string de 24 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá

ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 63.

Tabela 63: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
24	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	15.155,28
1	Inversor Fronius	14.627,97	11.254,32
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	30.409,60

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 10,24 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{10240}{330} = 31,03 = 31 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 31 \times 330 = 10230W$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 10kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 64.

Tabela 64: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	10000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C

Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 31 \times 45,6 \times 1,1 = 1553,96[V]$$

Será adicionado 1 string de 31 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a Imp. Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 65.

Tabela 65: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
31	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	19.575,57
1	Inversor Fronius	14.627,97	14.627,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	38.203,54

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 4:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade:

Como a potência de pico (W_p) = 8,93 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{8930}{330} = 27,06 = 27 \text{ módulos}$$

$$Potência \text{ total} = 27 \times 330 = 8910 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 10kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 66.

Tabela 66: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	10000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 27 \times 45,6 \times 1,1 = 1354,22[V]$$

Será adicionado 1 string de 27 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 66.

Tabela 67: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
27	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	17.049,69
1	Inversor Fronius	14.627,97	14.627,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	35.677,66

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 11,13 kW_p, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{11130}{330} = 33,72 = 33 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 33 \times 330 = 10890 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 10kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 68.

Tabela 68: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	10000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431mm x 204mm
Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 33 \times 45,6 \times 1,1 = 1655,28[V]$$

Será adicionado 1 string de 33 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 69.

Tabela 69: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
33	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	20.838,51
1	Inversor Fronius	14.627,97	14.627,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	39.466,48

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

- Propriedade 5:

○ Considerando o consumo maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade e:

Como a potência de pico (W_p) = 9,86 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{9860}{330} = 29,87 = 29 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 29 \times 330 = 9570W$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 10kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 70.

Tabela 70: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 10kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	80 [V]
Corrente máxima na entrada	27[A]
Saída	
Potência nominal de saída	10000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	26,1 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	645mm x 431 mm x 204mm

Peso	25,4 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$V_{ocstring} = 29 \times 45,6 \times 1,1 = 1454,64[V]$$

Será adicionado 1 string de 29 módulos em série.

A corrente de entrada do inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, a corrente do inversor deverá ser igual à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos do inversor escolhido.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 71.

Tabela 71: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
29	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	18.312,63
1	Inversor Fronius	14.627,97	14.627,97
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	36.940,60

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

○ Considerando a geração maior do que o consumo:

Como a potência de pico (W_p) = 11,96 kWp, logo, o número de módulos deve ser:

$$N^{\circ} \text{ de módulos } FV = \frac{11960}{330} = 36,24 = 36 \text{ módulos}$$

$$\text{Potência total} = 36 \times 330 = 11880 \text{ W}$$

Comercialmente, foi encontrado os inversores Fronius, que possuem potências de 12.5kW, o mais próximo do valor desejado. A informação do inversor escolhido se encontra na Tabela 72.

Tabela 72: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	200 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	600 [V]
Corrente máxima na entrada	40,5[A]
Saída	
Potência nominal de saída	12500 [W]
Faixa de voltagem de saída	230 a 400 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	20 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-25°C a +60°C
Especificações Mecânicas	
Dimensões	725mm x 510mm x 225mm
Peso	34,7 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 36 \times 45,6 \times 1,1 = 1805,76[V]$$

Levando em consideração a perda de eficiência das placas fotovoltaicas igual a 4%, podemos considerar que o inversor não atende as especificações necessárias.

Optou-se então por colocar 2 inversores de 5kW da Fronius.

Tabela 73: Especificações do Inversor Escolhido

Modelo	Inversor Ongri Fronius 6kWp
Entrada	
Voltagem máxima de entrada	1000 [Vcc]
Faixa de Voltagem do MPP	240 a 800 [V]
Voltagem mínima de entrada	710 [V]
Corrente máxima na entrada	12[A]
Saída	
Potência nominal de saída	5000 [W]
Faixa de voltagem de saída	180 a 270 [Vca]
Frequência de saída	60 [Hz]
Corrente máxima de saída	21,7 [A]
Outras Características	
Eficiência máxima	97 [%]
Temperatura de operação	-40°C a +55°C

Especificações Mecânicas	
Dimensões	625mm x 431mm x 204mm
Peso	25,46 [Kg]
Grau de Proteção	Ip65

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

A tensão de circuito aberto pode então ser calculada:

$$Vocstring = 18 \times 45,6 \times 1,1 = 902,88[V].$$

Logo, ligaram-se 2 strings de 18 módulos cada inversor, utilizando 2 inversores de 5000W. A corrente de entrada de cada inversor é igual ao produto do número de módulos em paralelo com a I_{mp} . Como não existem módulos em paralelo, as correntes dos inversores deverão ser iguais à 8,88 [A], o que atende bem os requisitos dos inversores escolhidos.

A estimativa de custo total do sistema fotovoltaico, mão de obra, projeto elétrico, frete e equipamentos está apresentada na Tabela 74.

Tabela 74: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Quantidade	Materiais/Serviço	Preço único (R\$)	Preço Total (R\$)
36	Módulos Canadian CS6U-330P.	631,47	24.627,33
2	Inversor Fronius	8.288,00	16.576,00
-	Frete + Mão de Obra + Projeto Elétrico	4.000,00	4.000,00
-	Total	-	45.203,33

Fonte: Minha Casa Solar, 2019.

Na Tabela 75 se encontra o investimento inicial em todos os projetos fotovoltaicos realizados.

Tabela 75: Custo total da Instalação Fotovoltaica

Propriedades		Preço Único (R\$)	
		Consumo>Geração	Geração>Consumo
Monofásicas	2ª propriedade	6.364,91	7.627,85
	3ª propriedade	10.156,35	11.419,29
	4ª propriedade	11.419,29	13.630,94
	5ª propriedade	13.630,94	15.425,17
Bifásicas	1ª propriedade	15.707,47	18.867,11
	2ª propriedade	19.493,52	23.346,46
	3ª propriedade	23.346,46	25.240,87
	4ª propriedade	23.977,93	28.146,66

	5ª propriedade	25.240,87	29.409,60
Trifásicas	1ª propriedade	26.340,87	36.390,13
	2ª propriedade	29.778,13	36.940,60
	3ª propriedade	30.409,60	38.203,54
	4ª propriedade	35.677,66	39.466,48
	5ª propriedade	36.940,60	45.203,33

Fonte: O próprio Autor

De acordo com a Tabela 75 é fácil perceber que o custo de aquisição de um projeto considerando o consumo maior que a geração é mais barato do que a situação quando a geração maior que o consumo. Tal constatação é um indicativo prévio quanto a viabilidade econômica destes empreendimentos, pois os valores faturados no boleto que deve ser pago para a concessionária são iguais ao longo dos meses para ambas as situações. Entretanto, a afirmação de que um tipo de empreendimento é mais viável que o outro apenas pode ser embasada através de figuras de mérito apropriadas. Estas figuras de mérito serão utilizadas no próximo capítulo.

5. VIABILIDADE ECONÔMICA

Este Capítulo apresenta os cálculos de viabilidade econômica para todos os projetos fotovoltaicos apresentados anteriormente. Como o auxílio do software Excel, o fluxo de caixa, a análise do investimento e o payback simples são calculados para a situação quando a geração é maior que o consumo e para quando o consumo é maior que a geração, estando o consumo dentro da faixa do custo de disponibilidade.

o Monofásicas

As Tabelas 76 e 77, assim como a Figura 7, indicam que existe um payback de 12 anos, com um VPL igual a -R\$ 1.413,20 e uma TIR de 8% para a segunda propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 76: Fluxo de Caixa da segunda propriedade Monofásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						-6.364,91
1	100,00%	608,27	600	0,6283	376,98	-5.987,93
2	99,20%	603,403	600	0,6566	393,96	-5.593,97
3	98,40%	598,537	600	0,6861	411,66	-5.182,31
4	97,60%	593,671	600	0,7169	430,14	-4.752,17

5	96,80%	588,805	600	0,7492	449,52	-4.302,65
6	96,00%	583,939	600	0,7829	469,74	-3.832,91
7	95,20%	579,073	600	0,8181	490,86	-3.342,05
8	94,40%	574,206	600	0,8549	512,94	-2.829,11
9	93,60%	569,340	600	0,8933	535,98	-2.293,13
10	92,80%	564,474	600	0,9334	560,04	-1.733,09
11	92,00%	559,608	600	0,9754	585,24	-1.147,85
12	91,20%	554,742	600	1,0192	611,52	-536,33
13	90,40%	549,876	600	1,0651	639,06	102,73
14	89,60%	545,009	600	1,1130	667,8	770,53
15	88,80%	540,143	600	1,1631	697,86	1.468,39
16	88,00%	535,277	600	1,2154	729,24	2.197,63
17	87,20%	530,411	600	1,2701	762,06	2.959,69
18	86,40%	525,545	600	1,3272	796,32	3.756,01
19	85,60%	520,679	600	1,3869	832,14	4.588,15
20	84,80%	515,813	600	1,4493	869,58	5.457,73
21	84,00%	510,946	600	1,5145	908,7	6.366,43
22	83,20%	506,080	600	1,5826	949,56	7.315,99
23	82,40%	501,214	600	1,6538	992,28	8.308,27
24	81,60%	496,348	600	1,7282	1036,92	9.345,19
25	80,80%	491,482	600	1,8059	1083,54	10.428,73

Fonte: O Próprio Autor

Tabela 77: Análise do Investimento da segunda propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração

Parâmetro	Valor
Payback	12 anos
VPL	-R\$ 1.413,20
TIR	8%

Fonte: O Próprio Autor

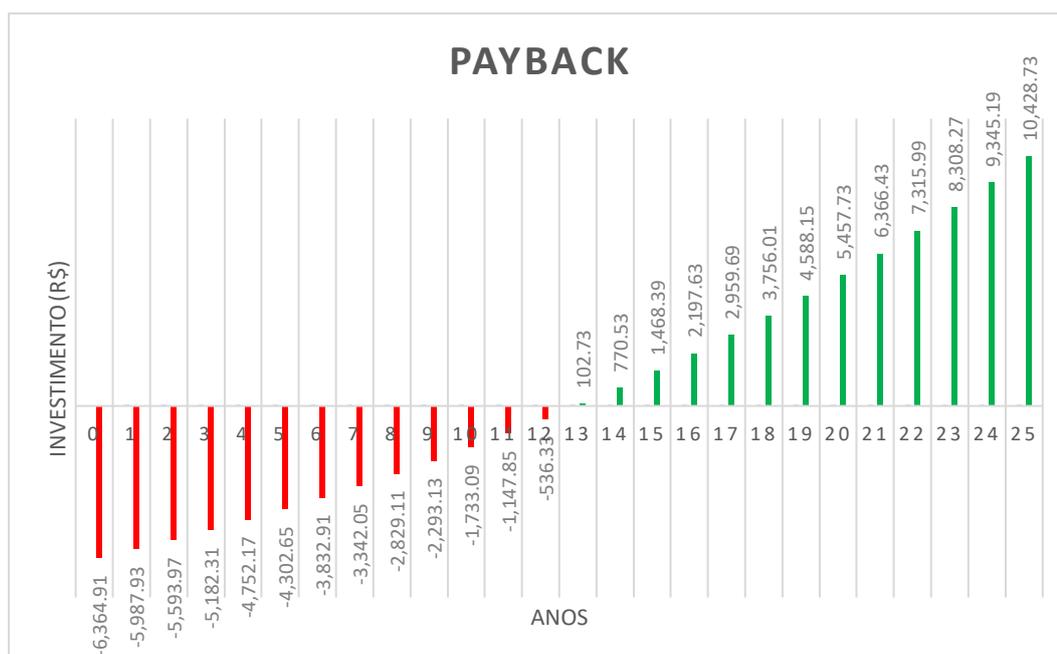


Figura 7: Payback Simples da segunda propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor

As Tabelas 78 e 79, assim como a Figura 8, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma segunda propriedade monofásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 2 anos, passando para 14 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 8% e 6%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os dois projetos apresentaram valores de VPL's negativos, logo o projeto em questão não é viável dentro do tempo analisado. Se existem dois projetos com VPLs negativos, aquele que apresenta o VPL menos negativo é mais atrativo do que aquele que apresenta o VPL mais negativo.

Tabela 78: Fluxo de Caixa da segunda propriedade Monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						-7.627,85
1	100,00%	1338,19	600	0,6283	376,98	-7.250,87
2	99,20%	1327,484	600	0,6566	393,96	-6.856,91
3	98,40%	1316,779	600	0,6861	411,66	-6.445,25
4	97,60%	1306,073	600	0,7169	430,14	-6.015,11
5	96,80%	1295,368	600	0,7492	449,52	-5.565,59
6	96,00%	1284,662	600	0,7829	469,74	-5.095,85
7	95,20%	1273,957	600	0,8181	490,86	-4.604,99
8	94,40%	1263,251	600	0,8549	512,94	-4.092,05
9	93,60%	1252,546	600	0,8933	535,98	-3.556,07
10	92,80%	1241,84	600	0,9334	560,04	-2.996,03
11	92,00%	1231,135	600	0,9754	585,24	-2.410,79
12	91,20%	1220,429	600	1,0192	611,52	-1.799,27
13	90,40%	1209,724	600	1,0651	639,06	-1.160,21
14	89,60%	1199,018	600	1,1130	667,8	-492,41
15	88,80%	1188,313	600	1,1631	697,86	205,45
16	88,00%	1177,607	600	1,2154	729,24	934,69
17	87,20%	1166,902	600	1,2701	762,06	1.696,75
18	86,40%	1156,196	600	1,3272	796,32	2.493,07
19	85,60%	1145,491	600	1,3869	832,14	3.325,21
20	84,80%	1134,785	600	1,4493	869,58	4.194,79
21	84,00%	1124,08	600	1,5145	908,7	5.103,49
22	83,20%	1113,374	600	1,5826	949,56	6.053,05
23	82,40%	1102,669	600	1,6538	992,28	7.045,33
24	81,60%	1091,963	600	1,7282	1036,92	8.082,25
25	80,80%	1081,258	600	1,8059	1083,54	9.165,79

Fonte: O próprio autor.

Tabela 79: Análise do Investimento da segunda propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
Payback	14 anos
VPL	-R\$ 2.676,24
TIR	6%

Fonte: O próprio autor.

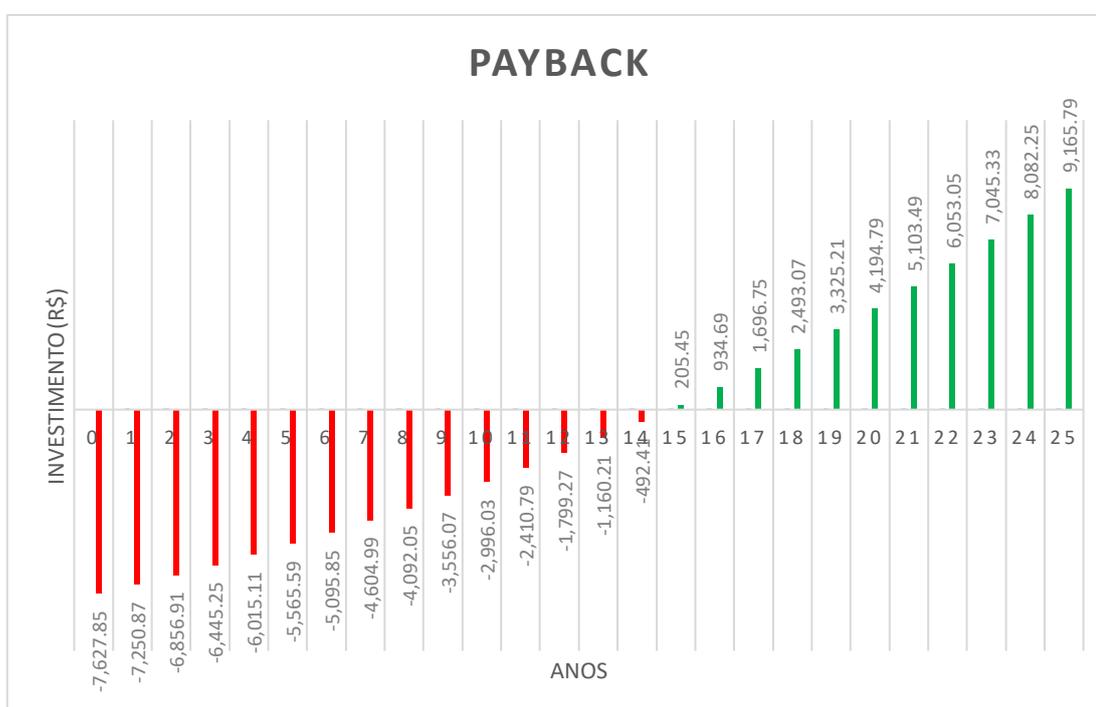


Figura 8: Payback Simples da segunda propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 80 e 81, assim como a Figura 9, indicam que existe um payback de 8 anos, com um VPL igual a R\$ 2.519,17 e uma TIR de 12% para a terceira propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 80: Fluxo de Caixa da terceira propriedade Monofásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 10.156,35
1	100,00%	1548,33	1536	0,6283	965,0688	- 9.191,28
2	99,20%	1535,943	1536	0,6566	1008,538	- 8.182,74
3	98,40%	1523,557	1536	0,6861	1053,85	- 7.128,89
4	97,60%	1511,17	1536	0,7169	1101,158	- 6.027,74
5	96,80%	1498,783	1536	0,7492	1150,771	- 4.876,96
6	96,00%	1486,397	1536	0,7829	1202,534	- 3.674,43
7	95,20%	1474,01	1536	0,8181	1256,602	- 2.417,83
8	94,40%	1461,624	1536	0,8549	1313,126	- 1.104,70
9	93,60%	1449,237	1536	0,8933	1372,109	267,41
10	92,80%	1436,85	1536	0,9334	1433,702	1.701,11
11	92,00%	1424,464	1536	0,9754	1498,214	3.199,32
12	91,20%	1412,077	1536	1,0192	1565,491	4.764,81
13	90,40%	1399,69	1536	1,0651	1635,994	6.400,81
14	89,60%	1387,304	1536	1,1130	1709,568	8.110,38
15	88,80%	1374,917	1536	1,1631	1786,522	9.896,90
16	88,00%	1362,53	1536	1,2154	1866,854	11.763,75
17	87,20%	1350,144	1536	1,2701	1950,874	13.714,63
18	86,40%	1337,757	1536	1,3272	2038,579	15.753,20
19	85,60%	1325,37	1536	1,3869	2130,278	17.883,48
20	84,80%	1312,984	1536	1,4493	2226,125	20.109,61
21	84,00%	1300,597	1536	1,5145	2326,272	22.435,88
22	83,20%	1288,211	1536	1,5826	2430,874	24.866,75
23	82,40%	1275,824	1536	1,6538	2540,237	27.406,99
24	81,60%	1263,437	1536	1,7282	2654,515	30.061,51
25	80,80%	1251,051	1536	R\$ 1,8059	2773,862	32.835,37

Fonte: O próprio autor.

Tabel 81: Análise do Investimento da terceira propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	8 anos
VPL	R\$ 2.519,17
TIR	12%

Fonte: O próprio autor.

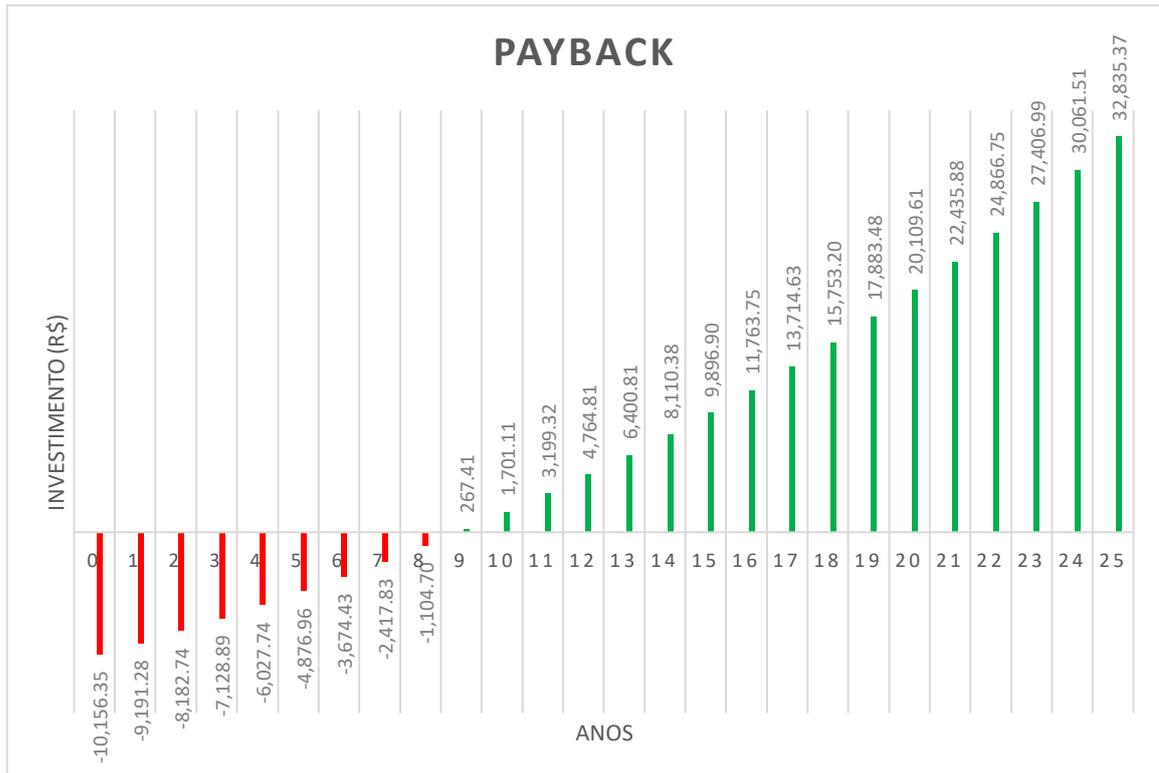


Figura 9: Payback Simples da terceira propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 82 e 83, assim como a Figura 10, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma terceira propriedade monofásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 9 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 12% e 11%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 82: Fluxo de Caixa da terceira propriedade Monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 11.419,29

1	100,00%	2.289,31	1536	0,6283	965,0688	-10454,221
2	99,20%	2270,996	1536	0,6566	1008,538	-9445,6832
3	98,40%	2252,681	1536	0,6861	1053,85	-8391,8332
4	97,60%	2234,367	1536	0,7169	1101,158	-7290,6752
5	96,80%	2216,052	1536	0,7492	1150,771	-6139,9042
6	96,00%	2197,738	1536	0,7829	1202,534	-4937,3702
7	95,20%	2179,423	1536	0,8181	1256,602	-3680,7682
8	94,40%	2161,109	1536	0,8549	1313,126	-2367,6422
9	93,60%	2142,794	1536	0,8933	1372,109	-995,5332
10	92,80%	2124,48	1536	0,9334	1433,702	438,1688
11	92,00%	2106,165	1536	0,9754	1498,214	1936,3828
12	91,20%	2087,851	1536	1,0192	1565,491	3501,8738
13	90,40%	2069,536	1536	1,0651	1635,994	5137,8678
14	89,60%	2051,222	1536	1,1130	1709,568	6847,4358
15	88,80%	2032,907	1536	1,1631	1786,522	8633,9578
16	88,00%	2014,593	1536	1,2154	1866,854	10500,8118
17	87,20%	1996,278	1536	1,2701	1950,874	12451,6858
18	86,40%	1977,964	1536	1,3272	2038,579	14490,2648
19	85,60%	1959,649	1536	1,3869	2130,278	16620,5428
20	84,80%	1941,335	1536	1,4493	2226,125	18846,6678
21	84,00%	1923,02	1536	1,5145	2326,272	21172,9398
22	83,20%	1904,706	1536	1,5826	2430,874	23603,8138
23	82,40%	1886,391	1536	1,6538	2540,237	26144,0508
24	81,60%	1868,077	1536	1,7282	2654,515	28798,5658
25	80,80%	1849,762	1536	1,8059	2773,862	31572,4278

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 83: Análise do Investimento da terceira propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	9 anos
VPL	R\$ 1,256,83
TIR	11%

Fonte: O próprio Autor.

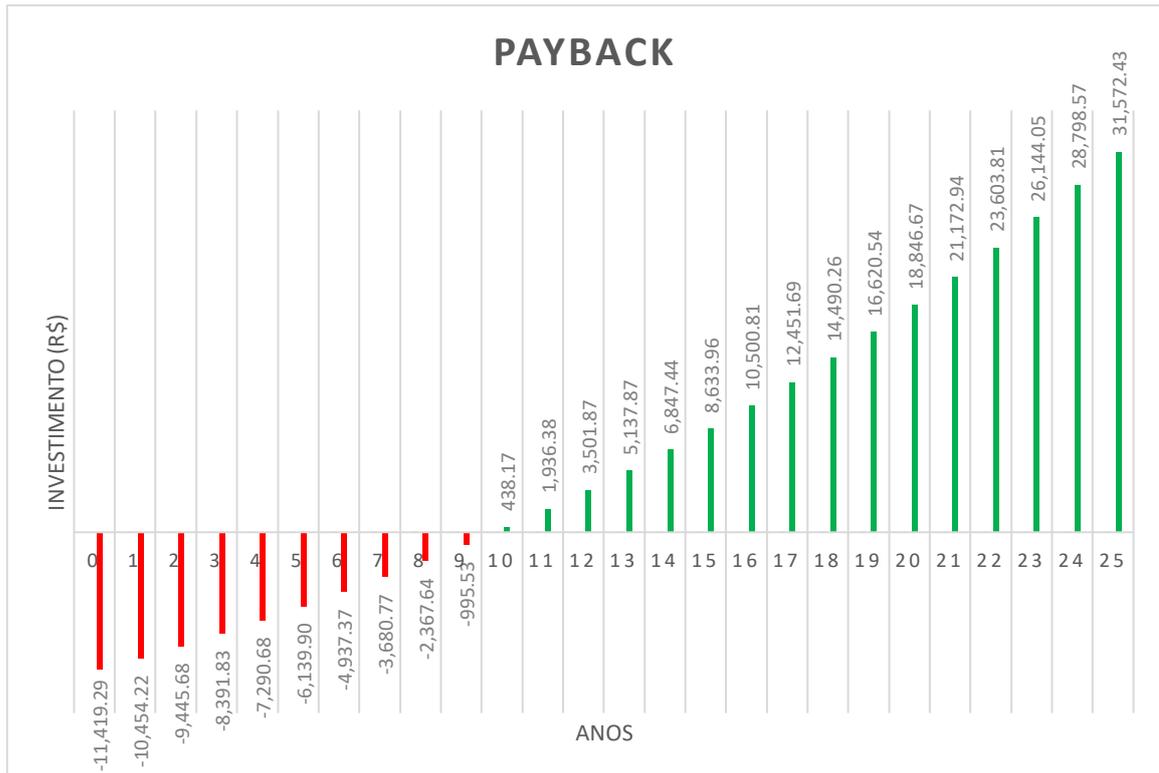


Figura 10: Payback Simples da terceira propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 84 e 85, assim como a Figura 11, indicam que existe um payback de 6 anos, com um VPL igual a R\$ 7.792,95 e uma TIR de 16% para a quarta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 84: Fluxo de Caixa da quarta propriedade Monofásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 11.419,29
1	100,00%	2355,67	2328	0,6283	1462,68	- 9.956,61
2	99,20%	2336,825	2328	0,6566	1528,56	- 8.428,05
3	98,40%	2317,979	2328	0,6861	1597,24	- 6.830,81
4	97,60%	2299,134	2328	0,7169	1668,94	- 5.161,87
5	96,80%	2280,289	2328	0,7492	1744,14	- 3.417,73
6	96,00%	2261,443	2328	0,7829	1822,59	- 1.595,14
7	95,20%	2242,598	2328	0,8181	1904,54	309,4
8	94,40%	2223,752	2328	0,8549	1990,21	2.299,61
9	93,60%	2204,907	2328	0,8933	2079,6	4.379,21
10	92,80%	2186,062	2328	0,9334	2172,96	6.552,17
11	92,00%	2167,216	2328	0,9754	2270,73	8.822,9
12	91,20%	2148,371	2328	1,0192	2372,7	11.195,6
13	90,40%	2129,526	2328	1,0651	2479,55	13.675,15

14	89,60%	2110,68	2328	1,1130	2591,06	16.266,21
15	88,80%	2091,835	2328	1,1631	2707,7	18.973,91
16	88,00%	2072,99	2328	1,2154	2829,45	21.803,36
17	87,20%	2054,144	2328	1,2701	2956,79	24.760,15
18	86,40%	2035,299	2328	1,3272	3089,72	27.849,87
19	85,60%	2016,454	2328	1,3869	3228,7	31.078,57
20	84,80%	1997,608	2328	1,4493	3373,97	34.452,54
21	84,00%	1978,763	2328	1,5145	3525,76	37.978,3
22	83,20%	1959,917	2328	1,5826	3684,29	41.662,59
23	82,40%	1941,072	2328	1,6538	3850,05	45.512,64
24	81,60%	1922,227	2328	1,7282	4023,25	49.535,89
25	80,80%	1903,381	2328	1,8059	4204,14	53.740,03

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 85: Análise do Investimento da quarta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	6 anos
VPL	R\$ 7.792,95
TIR	16%

Fonte: O próprio Autor.

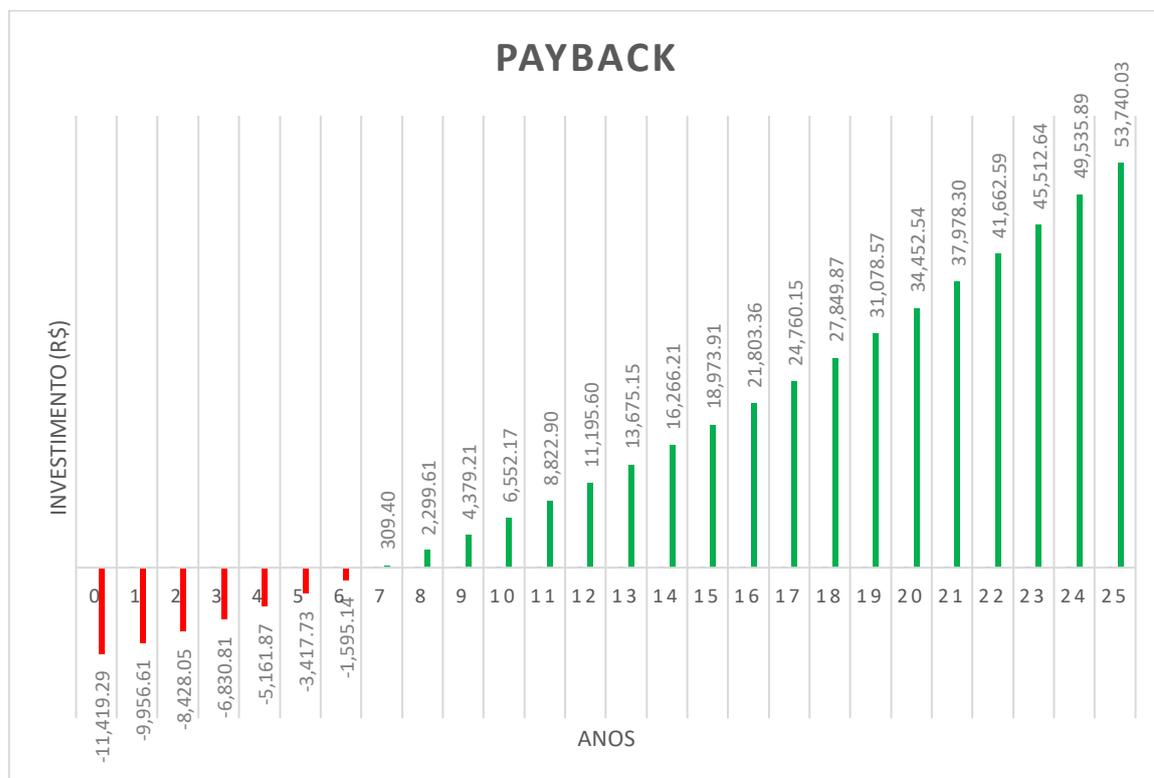


Figura 11: Payback Simples da quarta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 86 e 87, assim como a Figura 12, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma quarta propriedade monofásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 7 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 16% e 14%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 86: Fluxo de Caixa da quarta propriedade Monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 13.630,94
1	100,00%	3085,6	2328	0,6283	1462,68	- 12.168,26
2	99,20%	3060,915	2328	0,6566	1528,56	- 10.639,70
3	98,40%	3036,23	2328	0,6861	1597,24	- 9.042,46
4	97,60%	3011,546	2328	0,7169	1668,94	- 7.373,52
5	96,80%	2986,861	2328	0,7492	1744,14	- 5.629,38
6	96,00%	2962,176	2328	0,7829	1822,59	- 3.806,79
7	95,20%	2937,491	2328	0,8181	1904,54	- 1.902,25
8	94,40%	2912,806	2328	0,8549	1990,21	87,96
9	93,60%	2888,122	2328	0,8933	2079,6	2.167,56
10	92,80%	2863,437	2328	0,9334	2172,96	4.340,52
11	92,00%	2838,752	2328	0,9754	2270,73	6.611,25
12	91,20%	2814,067	2328	1,0192	2372,7	8.983,95
13	90,40%	2789,382	2328	1,0651	2479,55	11.463,50
14	89,60%	2764,698	2328	1,1130	2591,06	14.054,56
15	88,80%	2740,013	2328	1,1631	2707,7	16.762,26
16	88,00%	2715,328	2328	1,2154	2829,45	19.591,71
17	87,20%	2690,643	2328	1,2701	2956,79	22.548,50
18	86,40%	2665,958	2328	1,3272	3089,72	25.638,22
19	85,60%	2641,274	2328	1,3869	3228,7	28.866,92
20	84,80%	2616,589	2328	1,4493	3373,97	32.240,89
21	84,00%	2591,904	2328	1,5145	3525,76	35.766,65
22	83,20%	2567,219	2328	1,5826	3684,29	39.450,94
23	82,40%	2542,534	2328	1,6538	3850,05	43.300,99
24	81,60%	2517,85	2328	1,7282	4023,25	47.324,24
25	80,80%	2493,165	2328	1,8059	4204,14	51.528,38

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 87: Análise do Investimento da quarta propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
Payback	7 anos
VPL	R\$ 5.581,30
TIR	14%

Fonte: O próprio Autor.

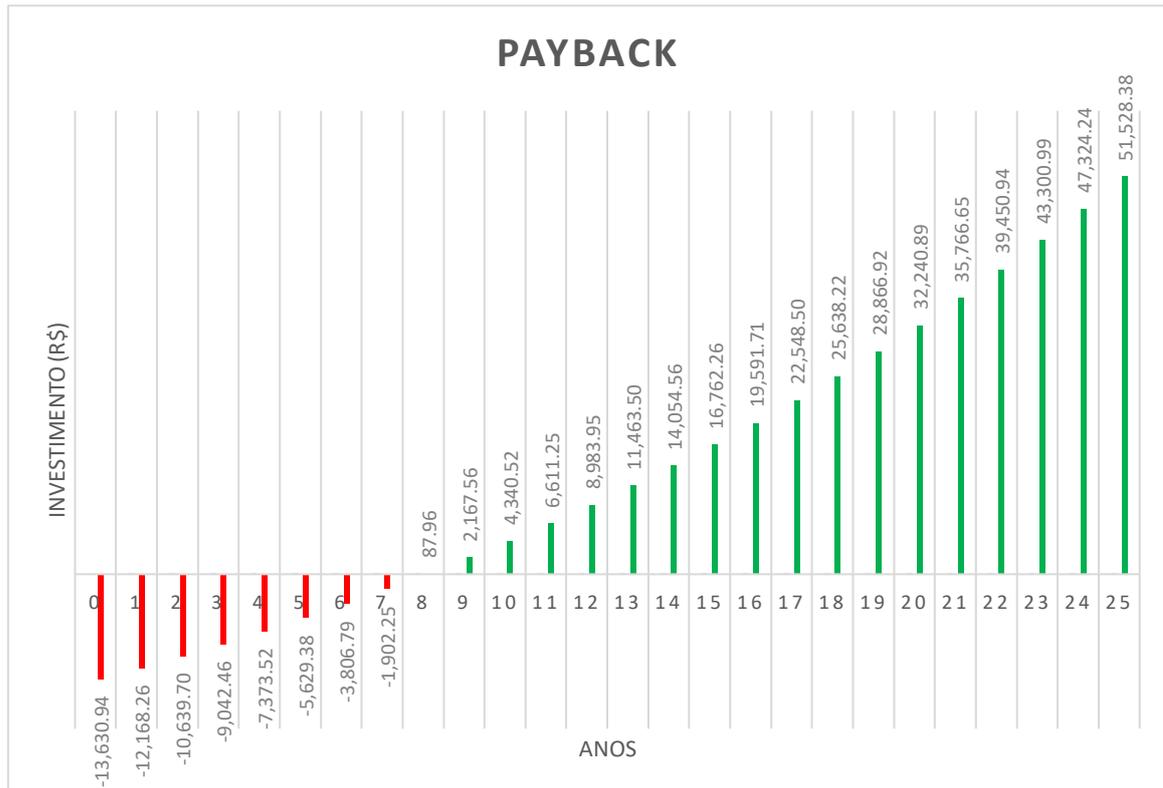


Figura 12: Payback Simples da quarta propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 88 e 89, assim como a Figura 13, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 12.951,06 e uma TIR de 19% para a quinta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 88: Fluxo de Caixa da quinta propriedade Monofásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 13.630,94
1	100,00%	3306,79	3264	0,6283	2050,77	- 11.580,17

2	99,20%	3280,34	3264	0,6566	2143,14	- 9.437,03
3	98,40%	3253,88	3264	0,6861	2239,43	- 7.197,60
4	97,60%	3227,43	3264	0,7169	2339,96	- 4.857,64
5	96,80%	3200,97	3264	0,7492	2445,39	- 2.412,25
6	96,00%	3174,52	3264	0,7829	2555,39	143,14
7	95,20%	3148,06	3264	0,8181	2670,28	2.813,42
8	94,40%	3121,61	3264	0,8549	2790,39	5.603,81
9	93,60%	3095,16	3264	0,8933	2915,73	8.519,54
10	92,80%	3068,7	3264	0,9334	3046,62	11.566,16
11	92,00%	3042,25	3264	0,9754	3183,71	14.749,87
12	91,20%	3015,79	3264	1,0192	3326,67	18.076,54
13	90,40%	2989,34	3264	1,0651	3476,49	21.553,03
14	89,60%	2962,88	3264	1,1130	3632,83	25.185,86
15	88,80%	2936,43	3264	1,1631	3796,36	28.982,22
16	88,00%	2909,98	3264	1,2154	3967,07	32.949,29
17	87,20%	2883,52	3264	1,2701	4145,61	37.094,90
18	86,40%	2857,07	3264	1,3272	4331,98	41.426,88
19	85,60%	2830,61	3264	1,3869	4526,84	45.953,72
20	84,80%	2804,16	3264	1,4493	4730,52	50.684,24
21	84,00%	2777,7	3264	1,5145	4943,33	55.627,57
22	83,20%	2751,25	3264	1,5826	5165,61	60.793,18
23	82,40%	2724,79	3264	1,6538	5398,00	66.191,18
24	81,60%	2698,34	3264	1,7282	5640,84	71.832,02
25	80,80%	2671,89	3264	1,8059	2050,77	73.882,79

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 89: Análise do Investimento da quinta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	5 anos
VPL	R\$ 12.951,06
TIR	19%

Fonte: O próprio Autor.

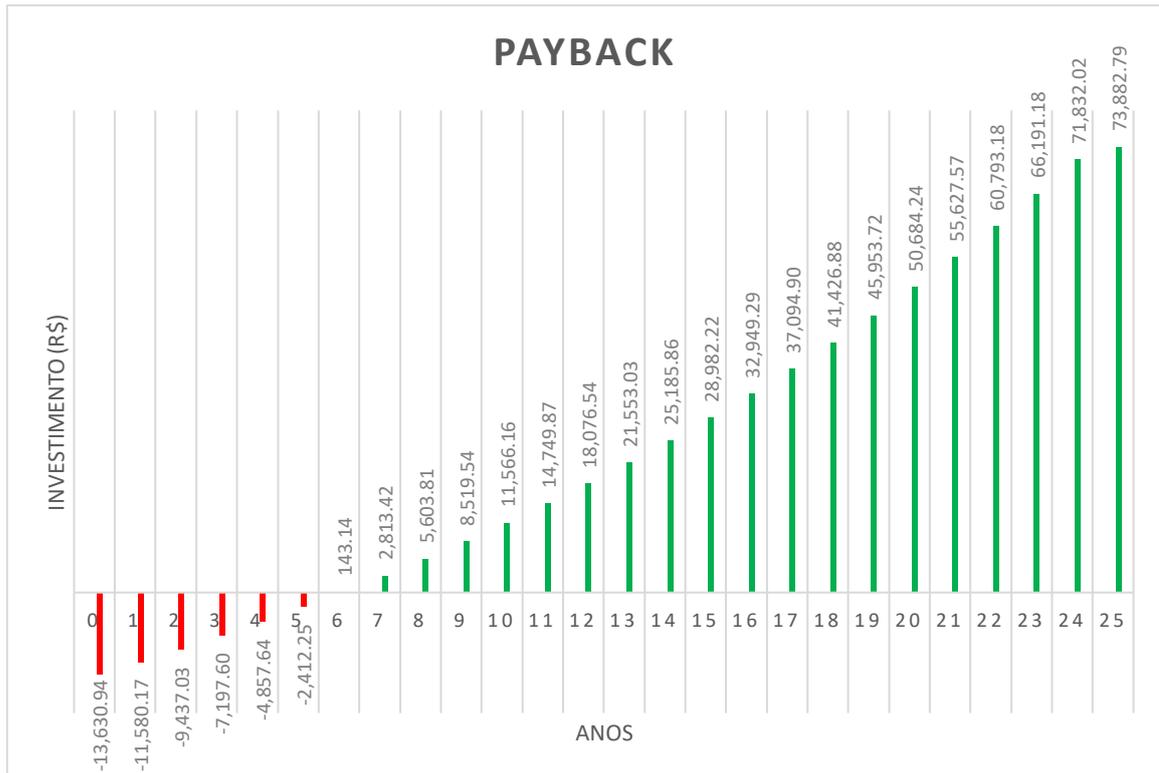


Figura 13: Payback Simples da quinta propriedade monofásica considerando o consumo maior que a geração

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 90 e 91, assim como a Figura 13, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma quinta propriedade monofásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 6 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 19% e 17%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 90: Fluxo de Caixa da quinta propriedade Monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 15.425,2

1	100,00%	4036,71	3264	0,6283	2050,77	- 13.374,4
2	99,20%	4004,42	3264	0,6566	2143,14	- 11.231,3
3	98,40%	3972,12	3264	0,6861	2239,43	- 8.991,83
4	97,60%	3939,83	3264	0,7169	2339,96	- 6.651,87
5	96,80%	3907,54	3264	0,7492	2445,39	- 4.206,48
6	96,00%	3875,24	3264	0,7829	2555,39	- 1.651,09
7	95,20%	3842,95	3264	0,8181	2670,28	1.019,19
8	94,40%	3810,65	3264	0,8549	2790,39	3.809,58
9	93,60%	3778,36	3264	0,8933	2915,73	6.725,31
10	92,80%	3746,07	3264	0,9334	3046,62	9.771,93
11	92,00%	3713,77	3264	0,9754	3183,71	12.955,64
12	91,20%	3681,48	3264	1,0192	3326,67	16.282,31
13	90,40%	3649,19	3264	1,0651	3476,49	19.758,8
14	89,60%	3616,89	3264	1,1130	3632,83	23.391,63
15	88,80%	3584,6	3264	1,1631	3796,36	27.187,99
16	88,00%	3552,3	3264	1,2154	3967,07	31.155,06
17	87,20%	3520,01	3264	1,2701	4145,61	35.300,67
18	86,40%	3487,72	3264	1,3272	4331,98	39.632,65
19	85,60%	3455,42	3264	1,3869	4526,84	44.159,49
20	84,80%	3423,13	3264	1,4493	4730,52	48.890,01
21	84,00%	3390,84	3264	1,5145	4943,33	53.833,34
22	83,20%	3358,54	3264	1,5826	5165,61	58.998,95
23	82,40%	3326,25	3264	1,6538	5398,00	64.396,95
24	81,60%	3293,96	3264	1,7282	5640,84	70.037,79
25	80,80%	3261,66	3264	1,8059	2050,77	72.088,56

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 91: Análise do Investimento da quinta propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	6 anos
VPL	R\$ 11.156,83
TIR	17%

Fonte: O próprio Autor.

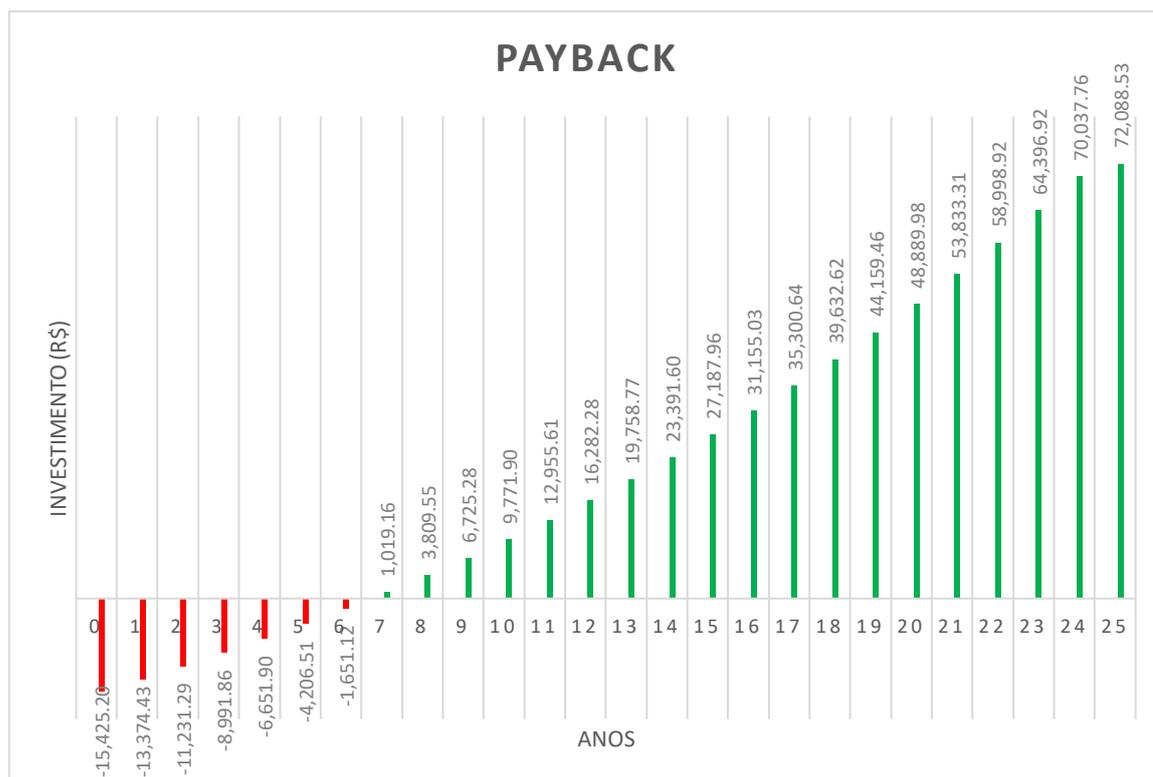


Figura 14: Payback Simples da quinta propriedade monofásica considerando a geração maior que o consumo

Fonte: O próprio Autor.

A tabela 92 resume todos os resultados obtidos para os projetos monofásicos. É fácil perceber que quanto maior o consumo e considerando o consumo maior que a geração, mais viável financeiramente é o empreendimento.

Tabela 92: Relação final das propriedades monofásicas

Propriedades		Consumo > Geração			Geração > Consumo		
		PAYBACK (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)	PAYBACK (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)
Monofásicas	Propriedade 2	12	-1.433,20	8	14	-2.676,24	6
	Propriedade 3	8	2.519,17	12	9	1.256,83	11
	Propriedade 4	6	7.792,95	16	7	5.581,30	14
	Propriedade 5	5	12.951,06	19	6	11.156,83	17

.Fonte: O próprio Autor.

○ Bifásicas

As Tabelas 93 e 94, assim como a Figura 15, indicam que existe um payback de 6 anos, com um VPL igual a R\$ 13.311,97 e uma TIR de 18% para a primeira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 93: Fluxo de Caixa da primeira propriedade Bifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 15.704,47
1	100,00%	3561,15	3516	0,6283	2209,1	- 13.495,4
2	99,20%	3532,66	3516	0,6566	2308,61	- 11.186,8
3	98,40%	3504,17	3516	0,6861	2412,33	- 8.774,43
4	97,60%	3475,68	3516	0,7169	2520,62	- 6.253,81
5	96,80%	3447,19	3516	0,7492	2634,19	- 3.619,62
6	96,00%	3418,7	3516	0,7829	2752,68	- 866,94
7	95,20%	3390,21	3516	0,8181	2876,44	2.009,5
8	94,40%	3361,73	3516	0,8549	3005,83	5.015,33
9	93,60%	3333,24	3516	0,8933	3140,84	8.156,17
10	92,80%	3304,75	3516	0,9334	3281,83	11.438
11	92,00%	3276,26	3516	0,9754	3429,51	14.867,51
12	91,20%	3247,77	3516	1,0192	3583,51	18.451,02
13	90,40%	3219,28	3516	1,0651	3744,89	22.195,91
14	89,60%	3190,79	3516	1,1130	3913,31	26.109,22
15	88,80%	3162,3	3516	1,1631	4089,46	30.198,68
16	88,00%	3133,81	3516	1,2154	4273,35	34.472,03
17	87,20%	3105,32	3516	1,2701	4465,67	38.937,7
18	86,40%	3076,83	3516	1,3272	4666,44	43.604,14
19	85,60%	3048,34	3516	1,3869	4876,34	48.480,48
20	84,80%	3019,86	3516	1,4493	5095,74	53.576,22
21	84,00%	2991,37	3516	1,5145	5324,98	58.901,2
22	83,20%	2962,88	3516	1,5826	5564,42	64.465,62
23	82,40%	2934,39	3516	1,6538	5814,76	70.280,38
24	81,60%	2905,9	3516	1,7282	6076,35	76.356,73
25	80,80%	2877,41	3516	1,8059	6349,54	82.706,27

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 94: Análise do Investimento da primeira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	6 anos
VPL	R\$ 13.311,97
TIR	18%

Fonte: O próprio Autor.

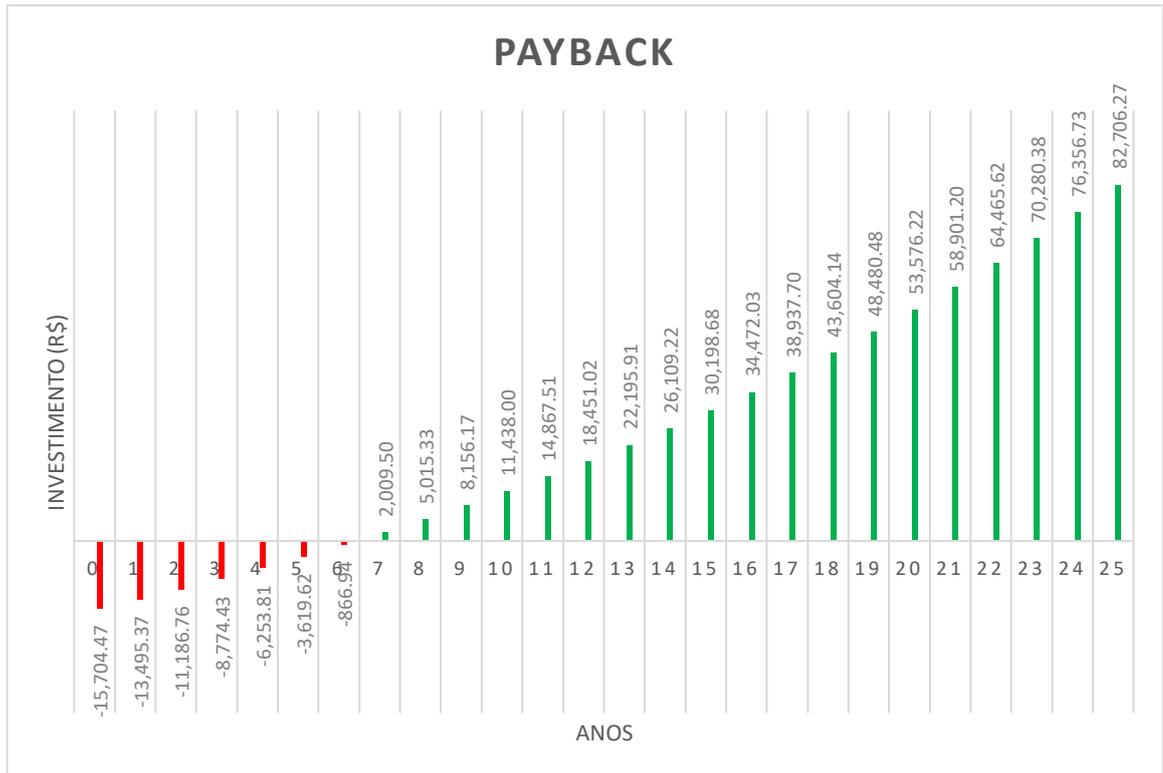


Figura 15: Payback Simples da primeira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 95 e 96, assim como a Figura 16, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma primeira propriedade bifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 7 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 18% e 15%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 95: Fluxo de Caixa da primeira propriedade Bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 18.867,11
1	100,00%	4777,70	3516	0,6283	2209,1	-16.658,01
2	99,20%	4739,48	3516	0,6566	2308,61	-14.349,40
3	98,40%	4701,26	3516	0,6861	2412,33	-11.937,07
4	97,60%	4663,04	3516	0,7169	2520,62	-9.416,45
5	96,80%	4624,81	3516	0,7492	2634,19	-6.782,26
6	96,00%	4586,59	3516	0,7829	2752,68	-4.029,58
7	95,20%	4548,37	3516	0,8181	2876,44	-1.153,14
8	94,40%	4510,15	3516	0,8549	3005,83	1.852,69
9	93,60%	4471,93	3516	0,8933	3140,84	4.993,53
10	92,80%	4433,71	3516	0,9334	3281,83	8.275,36
11	92,00%	4395,48	3516	0,9754	3429,51	11.704,87
12	91,20%	4357,26	3516	1,0192	3583,51	15.288,38
13	90,40%	4319,04	3516	1,0651	3744,89	19.033,27
14	89,60%	4280,82	3516	1,1130	3913,31	22.946,58
15	88,80%	4242,6	3516	1,1631	4089,46	27.036,04
16	88,00%	4204,38	3516	1,2154	4273,35	31.309,39
17	87,20%	4166,15	3516	1,2701	4465,67	35.775,06
18	86,40%	4127,93	3516	1,3272	4666,44	40.441,50
19	85,60%	4089,71	3516	1,3869	4876,34	45.317,84
20	84,80%	4051,49	3516	1,4493	5095,74	50.413,58
21	84,00%	4013,27	3516	1,5145	5324,98	55.738,56
22	83,20%	3975,05	3516	1,5826	5564,42	61.302,98
23	82,40%	3936,82	3516	1,6538	5814,76	67.117,74
24	81,60%	3898,6	3516	1,7282	6076,35	73.194,09
25	80,80%	3860,38	3516	1,8059	6349,54	79.543,63

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 96: Análise do Investimento da primeira propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	7 anos
VPL	R\$ 10.149,33
TIR	15%

Fonte: O próprio Autor.

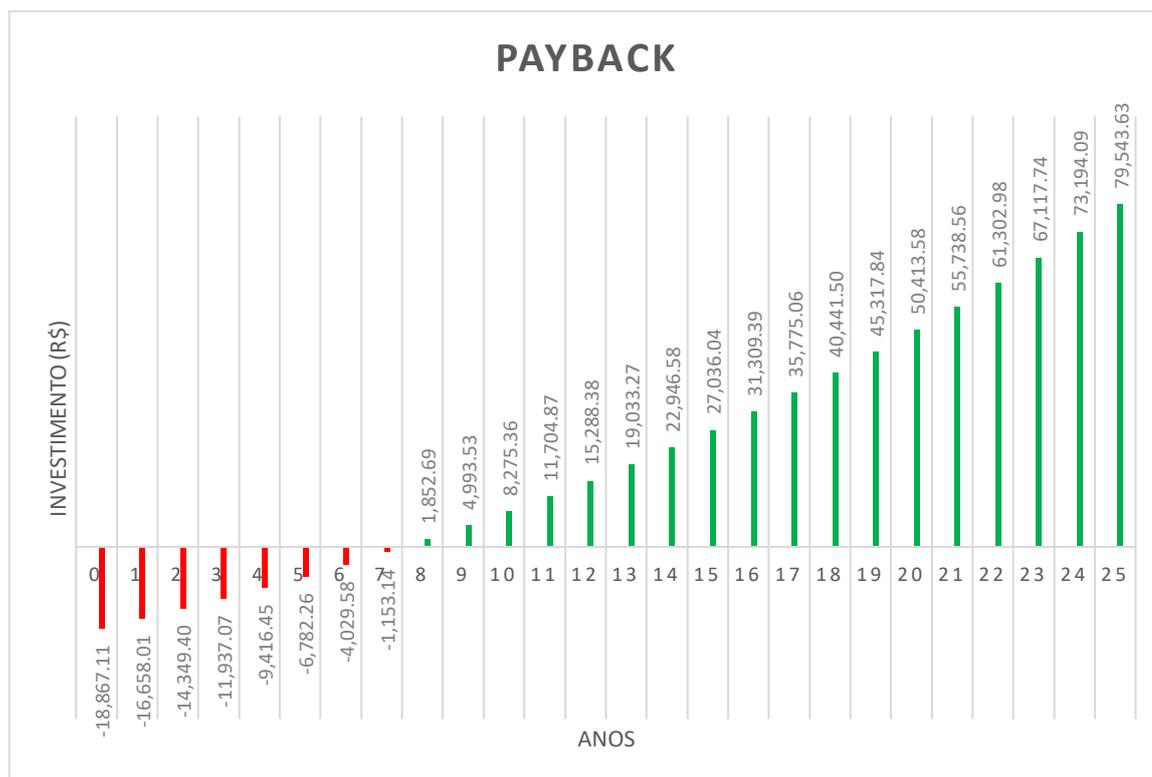


Figura 16: Payback Simples da primeira propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 97 e 98, assim como a Figura 17, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 22.298,06 e uma TIR de 20% para a segunda propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 97: Fluxo de Caixa da segunda propriedade Bifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 19.493,52
1	100,00%	5739,88	5064	0,6283	3181,71	-16.311,81
2	99,20%	5693,96	5064	0,6566	3325,02	-12.986,79
3	98,40%	5648,04	5064	0,6861	3474,41	-9.512,38
4	97,60%	5602,12	5064	0,7169	3630,38	-5.882,00
5	96,80%	5556,2	5064	0,7492	3793,95	-2.088,05
6	96,00%	5510,28	5064	0,7829	3964,61	1.876,56
7	95,20%	5464,37	5064	0,8181	4142,86	6.019,42
8	94,40%	5418,45	5064	0,8549	4329,21	10.348,63
9	93,60%	5372,53	5064	0,8933	4523,67	14.872,30
10	92,80%	5326,61	5064	0,9334	4726,74	19.599,04
11	92,00%	5280,69	5064	0,9754	4939,43	24.538,47
12	91,20%	5234,77	5064	1,0192	5161,23	29.699,70
13	90,40%	5188,85	5064	1,0651	5393,67	35.093,37

14	89,60%	5142,93	5064	1,1130	5636,23	40.729,60
15	88,80%	5097,01	5064	1,1631	5889,94	46.619,54
16	88,00%	5051,09	5064	1,2154	6154,79	52.774,33
17	87,20%	5005,18	5064	1,2701	6431,79	59.206,12
18	86,40%	4959,26	5064	1,3272	6720,94	65.927,06
19	85,60%	4913,34	5064	1,3869	7023,26	72.950,32
20	84,80%	4867,42	5064	1,4493	7339,26	80.289,58
21	84,00%	4821,5	5064	1,5145	7669,43	87.959,01
22	83,20%	4775,58	5064	1,5826	8014,29	95.973,30
23	82,40%	4729,66	5064	1,6538	8374,84	104.348,14
24	81,60%	4683,74	5064	1,7282	8751,6	113.099,74
25	80,80%	4637,82	5064	1,8059	9145,08	122.244,82

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 98: Análise do Investimento da segunda propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	5 anos
VPL	R\$ 22.298,06
TIR	20%

Fonte: O próprio Autor.

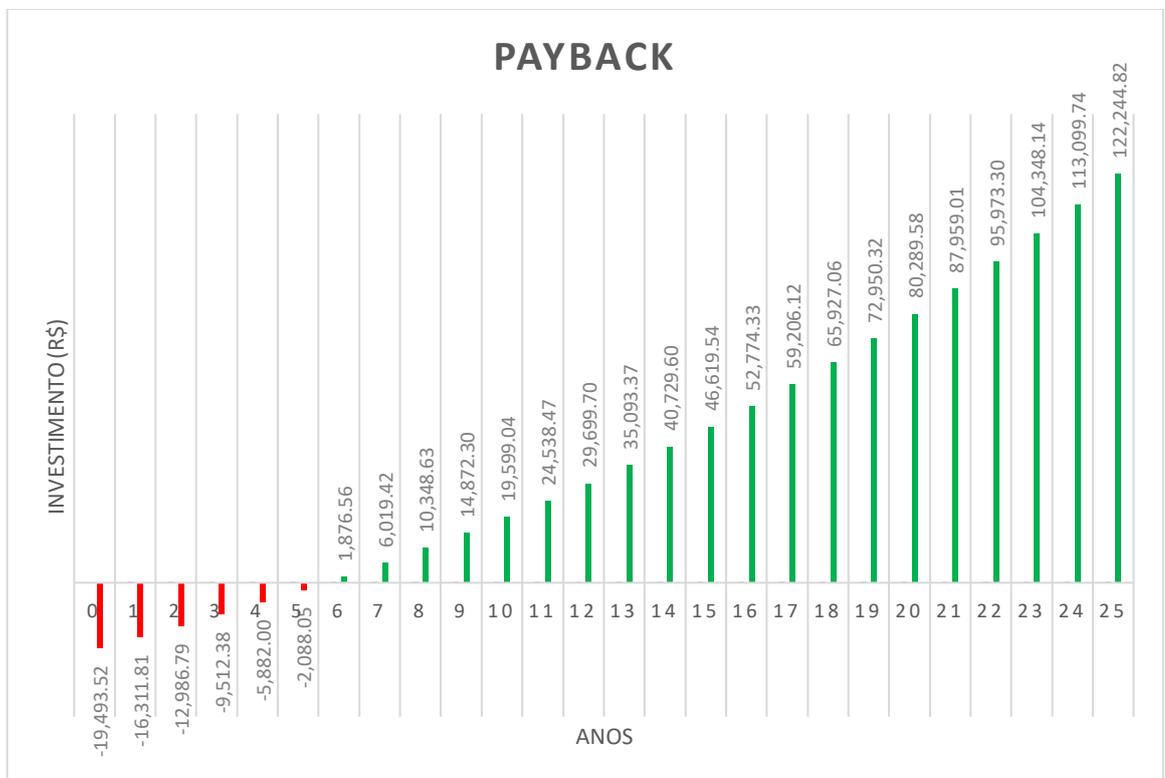


Figura 17: Payback Simples da segunda propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 99 e 100, assim como a Figura 18, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma segunda propriedade bifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 6 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 20% e 17%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 99: Fluxo de Caixa da segunda propriedade Bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 23.346,46
1	100,00%	6348,15	5064	0,6283	3181,71	-20.164,75
2	99,20%	6297,36	5064	0,6566	3325,02	-16.839,73
3	98,40%	6246,58	5064	0,6861	3474,41	-13.365,32
4	97,60%	6195,79	5064	0,7169	3630,38	-9.734,94
5	96,80%	6145,01	5064	0,7492	3793,95	-5.940,99
6	96,00%	6094,22	5064	0,7829	3964,61	-1.976,38
7	95,20%	6043,44	5064	0,8181	4142,86	2.166,48
8	94,40%	5992,65	5064	0,8549	4329,21	6.495,69
9	93,60%	5941,87	5064	0,8933	4523,67	11.019,36
10	92,80%	5891,08	5064	0,9334	4726,74	15.746,10
11	92,00%	5840,3	5064	0,9754	4939,43	20.685,53
12	91,20%	5789,51	5064	1,0192	5161,23	25.846,76
13	90,40%	5738,73	5064	1,0651	5393,67	31.240,43
14	89,60%	5687,94	5064	1,1130	5636,23	36.876,66
15	88,80%	5637,16	5064	1,1631	5889,94	42.766,60
16	88,00%	5586,37	5064	1,2154	6154,79	48.921,39
17	87,20%	5535,59	5064	1,2701	6431,79	55.353,18
18	86,40%	5484,8	5064	1,3272	6720,94	62.074,12
19	85,60%	5434,02	5064	1,3869	7023,26	69.097,38
20	84,80%	5383,23	5064	1,4493	7339,26	76.436,64
21	84,00%	5332,45	5064	1,5145	7669,43	84.106,07
22	83,20%	5281,66	5064	1,5826	8014,29	92.120,36
23	82,40%	5230,88	5064	1,6538	8374,84	100.495,20
24	81,60%	5180,09	5064	1,7282	8751,6	109.246,80

25	80,80%	5129,31	5064	1,8059	9145,08	118.391,88
----	--------	---------	------	--------	---------	------------

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 100: Análise do Investimento da segunda propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
Payback	6 anos
VPL	R\$ 18.845,12
TIR	17%

Fonte: O próprio Autor.

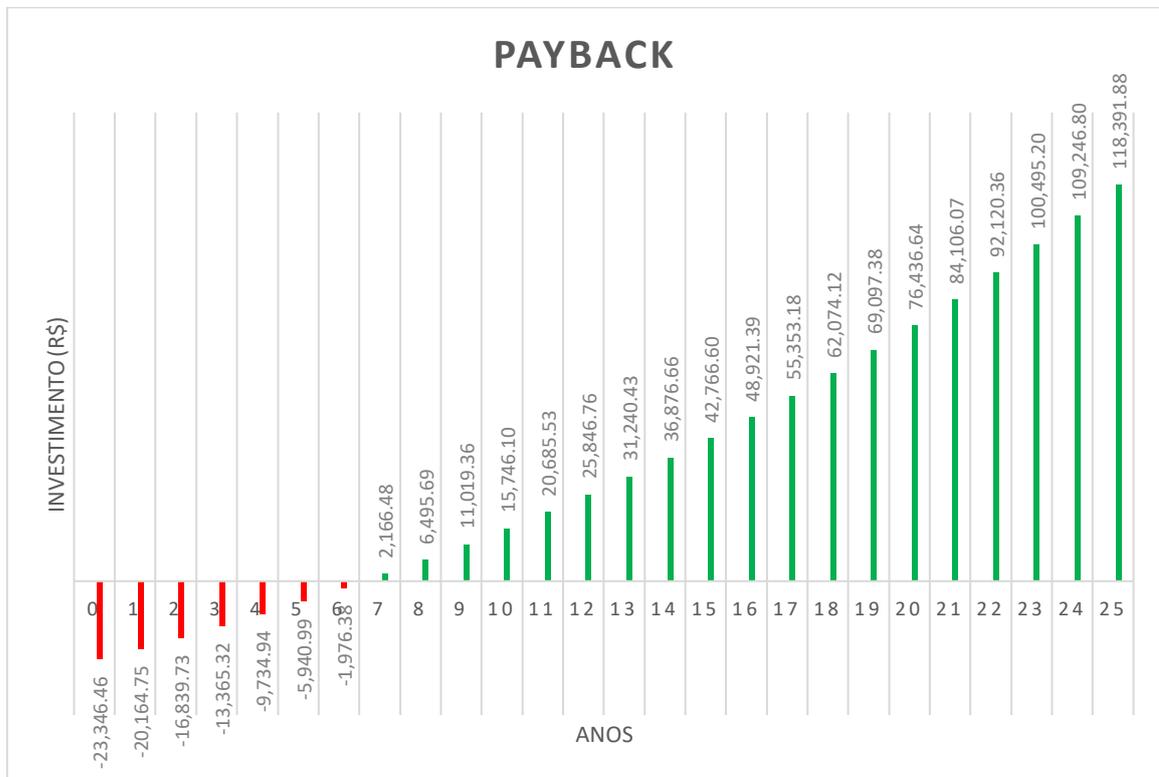


Figura 18: Payback Simples da segunda propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 101 e 102, assim como a Figura 19, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 28.447,36 e uma TIR de 21% para a terceira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 101: Fluxo de Caixa da terceira propriedade Bifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 23.346,46
1	100,00%	6359,21	6276	0,6283	3943,21	-19403,25
2	99,20%	6308,336	6276	0,6566	4120,82	-15282,43
3	98,40%	6257,463	6276	0,6861	4305,96	-10976,47
4	97,60%	6206,589	6276	0,7169	4499,26	-6477,21
5	96,80%	6155,715	6276	0,7492	4701,98	-1775,23
6	96,00%	6104,842	6276	0,7829	4913,48	3138,25
7	95,20%	6053,968	6276	0,8181	5134,4	8272,65
8	94,40%	6003,094	6276	0,8549	5365,35	13638
9	93,60%	5952,221	6276	0,8933	5606,35	19244,35
10	92,80%	5901,347	6276	0,9334	5858,02	25102,37
11	92,00%	5850,473	6276	0,9754	6121,61	31223,98
12	91,20%	5799,6	6276	1,0192	6396,5	37620,48
13	90,40%	5748,726	6276	1,0651	6684,57	44305,05
14	89,60%	5697,852	6276	1,1130	6985,19	51290,24
15	88,80%	5646,978	6276	1,1631	7299,62	58589,86
16	88,00%	5596,105	6276	1,2154	7627,85	66217,71
17	87,20%	5545,231	6276	1,2701	7971,15	74188,86
18	86,40%	5494,357	6276	1,3272	8329,51	82518,37
19	85,60%	5443,484	6276	1,3869	8704,18	91222,55
20	84,80%	5392,61	6276	1,4493	9095,81	100318,36
21	84,00%	5341,736	6276	1,5145	9505	109823,36
22	83,20%	5290,863	6276	1,5826	9932,4	119755,76
23	82,40%	5239,989	6276	1,6538	10379,2	130134,96
24	81,60%	5189,115	6276	1,7282	10846,2	140981,16
25	80,80%	5138,242	6276	1,8059	11333,8	152314,96

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 102: Análise do Investimento da terceira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	5 anos
VPL	R\$ 28.447,36
TIR	21%

Fonte: O próprio Autor.

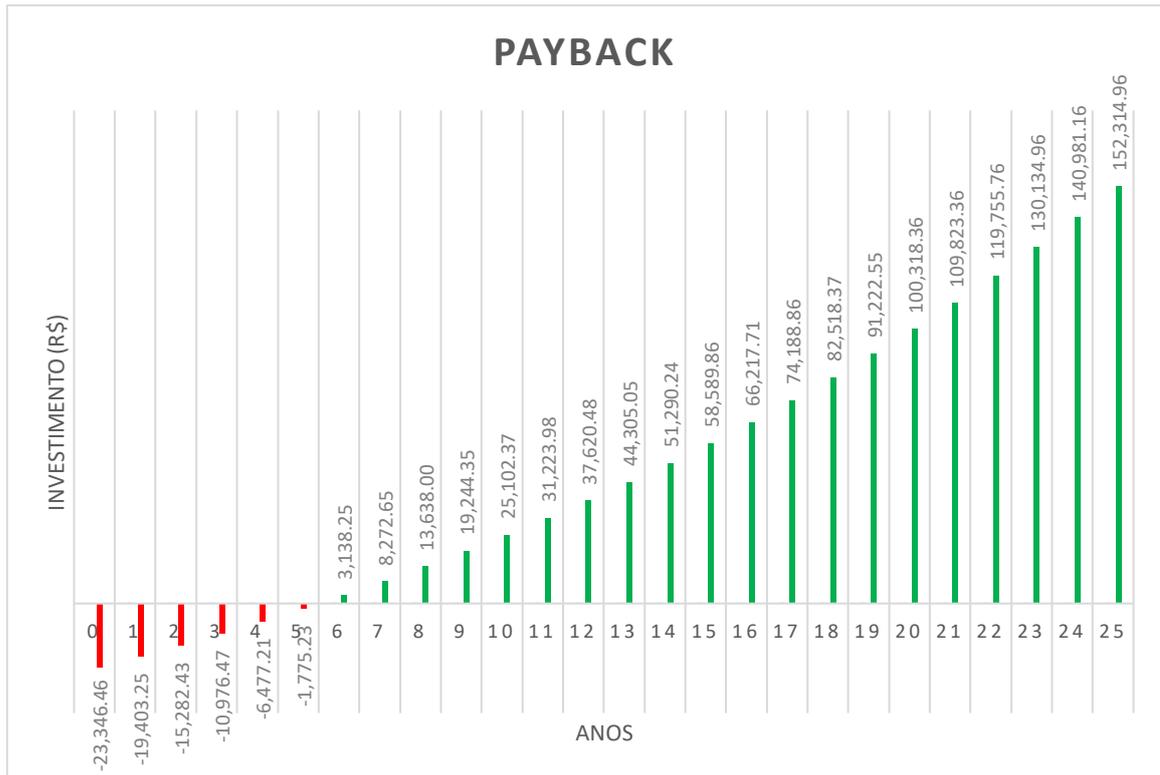


Figura 19: Payback Simples da terceira propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 103 e 104, assim como a Figura 20, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma terceira propriedade bifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback permaneceu o mesmo, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Porém, houveram valores diferentes para a TIR, que apresentou valores de 21% e 20%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 103: Fluxo de Caixa da terceira propriedade Bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 25.240,87
1	100,00%	7133,37	6276	0,6283	3943,21	-21.297,66
2	99,20%	7076,303	6276	0,6566	4120,82	-17.176,84
3	98,40%	7019,236	6276	0,6861	4305,96	-12.870,88
4	97,60%	6962,169	6276	0,7169	4499,26	-8.371,62
5	96,80%	6905,102	6276	0,7492	4701,98	-3.669,64
6	96,00%	6848,035	6276	0,7829	4913,48	1.243,84
7	95,20%	6790,968	6276	0,8181	5134,4	6.378,24
8	94,40%	6733,901	6276	0,8549	5365,35	11.743,59
9	93,60%	6676,834	6276	0,8933	5606,35	17.349,94
10	92,80%	6619,767	6276	0,9334	5858,02	23.207,96
11	92,00%	6562,7	6276	0,9754	6121,61	29.329,57
12	91,20%	6505,633	6276	1,0192	6396,5	35.726,07
13	90,40%	6448,566	6276	1,0651	6684,57	42.410,64
14	89,60%	6391,5	6276	1,1130	6985,19	49.395,83
15	88,80%	6334,433	6276	1,1631	7299,62	56.695,45
16	88,00%	6277,366	6276	1,2154	7627,85	64.323,30
17	87,20%	6220,299	6276	1,2701	7971,15	72.294,45
18	86,40%	6163,232	6276	1,3272	8329,51	80.623,96
19	85,60%	6106,165	6276	1,3869	8704,18	89.328,14
20	84,80%	6049,098	6276	1,4493	9095,81	98.423,95
21	84,00%	5992,031	6276	1,5145	9505	107.928,95
22	83,20%	5934,964	6276	1,5826	9932,4	117.861,35
23	82,40%	5877,897	6276	1,6538	10379,2	128.240,55
24	81,60%	5820,83	6276	1,7282	10846,2	139.086,75
25	80,80%	5763,763	6276	1,8059	11333,8	150.420,55

.Fonte: O próprio Autor.

Tabela 104: Análise do Investimento da terceira propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
Payback	5 anos
VPL	R\$ 26.552,95
TIR	20%

Fonte: O próprio Autor.

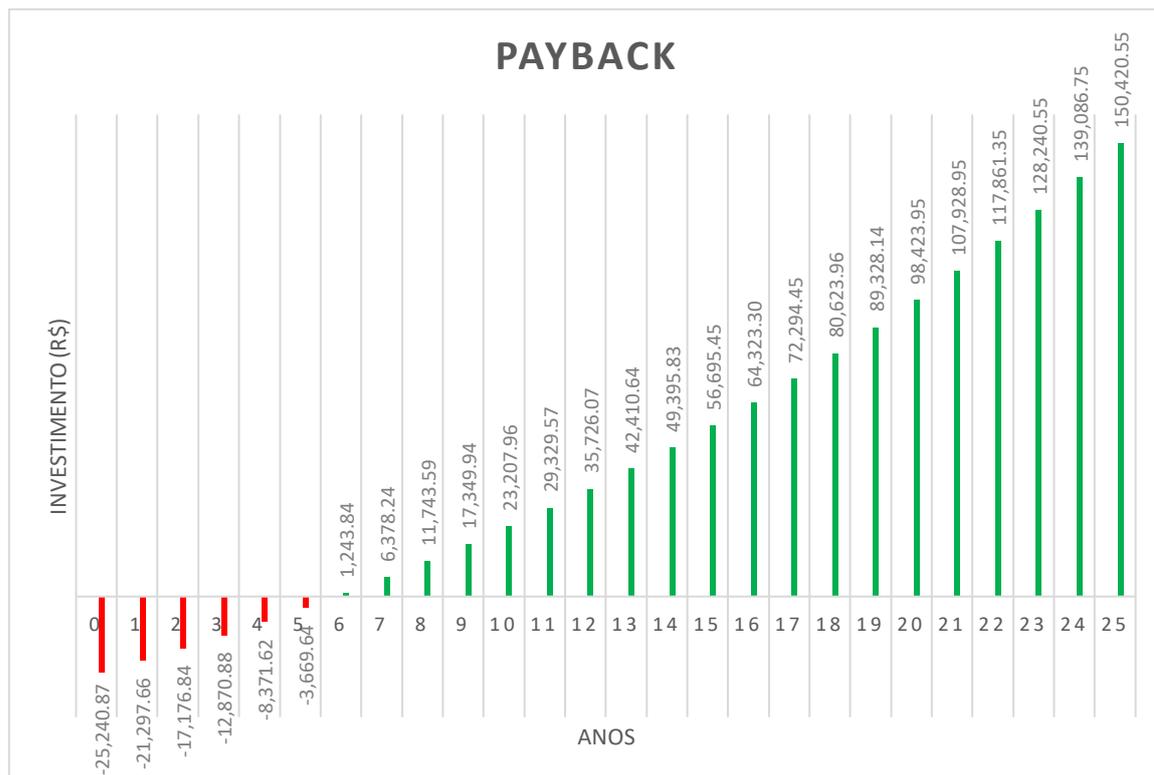


Figura 20: Payback Simples da terceira propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 105 e 106, assim como a Figura 21, indicam que existe um payback de 4 anos, com um VPL igual a R\$ 13.311,91 e uma TIR de 18% para a quarta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 105: Fluxo de Caixa da quarta propriedade Bifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 23.977,93
1	100,00%	7111,25	7020	0,6283	4410,67	-19.567,26
2	99,20%	7054,36	7020	0,6566	4609,33	-14.957,93
3	98,40%	6997,47	7020	0,6861	4816,42	-10.141,51
4	97,60%	6940,58	7020	0,7169	5032,64	-5.108,87
5	96,80%	6883,69	7020	0,7492	5259,38	150,51
6	96,00%	6826,8	7020	0,7829	5495,96	5.646,47
7	95,20%	6769,91	7020	0,8181	5743,06	11.389,53
8	94,40%	6713,02	7020	0,8549	6001,4	17.390,93
9	93,60%	6656,13	7020	0,8933	6270,97	23.661,90
10	92,80%	6599,24	7020	0,9334	6552,47	30.214,37
11	92,00%	6542,35	7020	0,9754	6847,31	37.061,68
12	91,20%	6485,46	7020	1,0192	7154,78	44.216,46

13	90,40%	6428,57	7020	1,0651	7477	51.693,46
14	89,60%	6371,68	7020	1,1130	7813,26	59.506,72
15	88,80%	6314,79	7020	1,1631	8164,96	67.671,68
16	88,00%	6257,9	7020	1,2154	8532,11	76.203,79
17	87,20%	6201,01	7020	1,2701	8916,1	85.119,89
18	86,40%	6144,12	7020	1,3272	9316,94	94.436,83
19	85,60%	6087,23	7020	1,3869	9736,04	104.172,87
20	84,80%	6030,34	7020	1,4493	10174,1	114.346,97
21	84,00%	5973,45	7020	1,5145	10631,8	124.978,77
22	83,20%	5916,56	7020	1,5826	11109,9	136.088,67
23	82,40%	5859,67	7020	1,6538	11609,7	147.698,37
24	81,60%	5802,78	7020	1,7282	12132	159.830,37
25	80,80%	5745,89	7020	1,8059	12677,4	172.507,77

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 106: Análise do Investimento da quarta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	4 anos
VPL	R\$ 33.955,91
TIR	23%

Fonte: O próprio Autor.

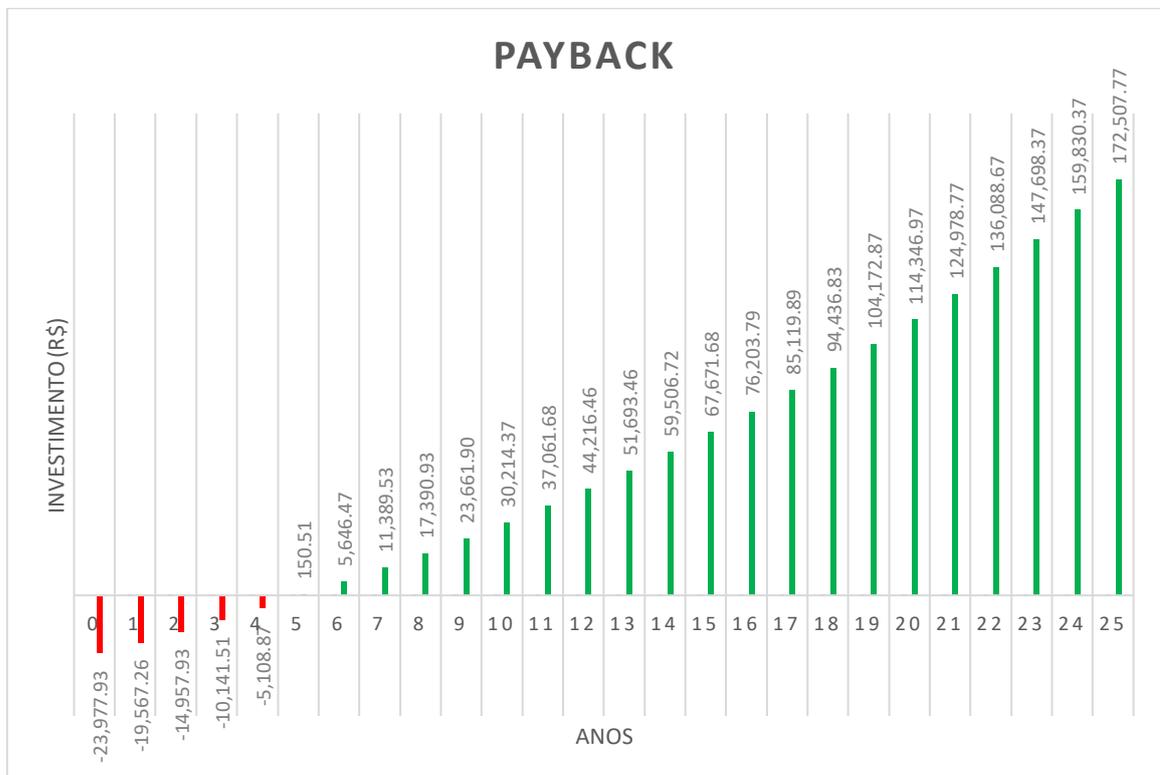


Figura 21: Payback Simples da quarta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 107 e 108, assim como a Figura 22, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma quarta propriedade bifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 2 anos, passando para 6 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 23% e 21%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos. Se dois projetos apresentam VPL's positivos, o melhor investimento é aquele que apresenta o VPL mais positivo. Analisando os valores encontrados, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 107: Fluxo de Caixa da quarta propriedade Bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 28.146,66
1	100,00%	8327,80	7020	0,6283	4410,67	-21.210,11
2	99,20%	8261,17	7020	0,6566	4609,33	-23.735,99
3	98,40%	8194,55	7020	0,6861	4816,42	-19.126,66
4	97,60%	8127,93	7020	0,7169	5032,64	-14.310,24
5	96,80%	8061,31	7020	0,7492	5259,38	-9.277,6
6	96,00%	7994,68	7020	0,7829	5495,96	-4.018,22
7	95,20%	7928,06	7020	0,8181	5743,06	1477,74
8	94,40%	7861,44	7020	0,8549	6001,4	7.220,8
9	93,60%	7794,82	7020	0,8933	6270,97	13.222,2
10	92,80%	7728,19	7020	0,9334	6552,47	19.493,17
11	92,00%	7661,57	7020	0,9754	6847,31	26.045,64
12	91,20%	7594,95	7020	1,0192	7154,78	32.892,95
13	90,40%	7528,33	7020	1,0651	7477	40.047,73
14	89,60%	7461,70	7020	1,1130	7813,26	47.524,73
15	88,80%	7395,08	7020	1,1631	8164,96	55.337,99
16	88,00%	7328,46	7020	1,2154	8532,11	63.502,95
17	87,20%	7261,84	7020	1,2701	8916,1	72.035,06
18	86,40%	7195,21	7020	1,3272	9316,94	80.951,16
19	85,60%	7128,59	7020	1,3869	9736,04	90.268,1
20	84,80%	7061,97	7020	1,4493	10174,1	100.004,14
21	84,00%	6995,35	7020	1,5145	10631,8	110.178,24
22	83,20%	6928,7	7020	1,5826	11109,9	120.810,04
23	82,40%	6862,10	7020	1,6538	11609,7	131.919,94
24	81,60%	6795,48	7020	1,7282	12132	143.529,64

25	80,80%	6728,86	7020	1,8059	12677,4	155.661,64
----	--------	---------	------	--------	---------	------------

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 108: Análise do Investimento da quarta propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
Payback	6 anos
VPL	R\$ 32.313,06
TIR	21%

Fonte: O próprio Autor.

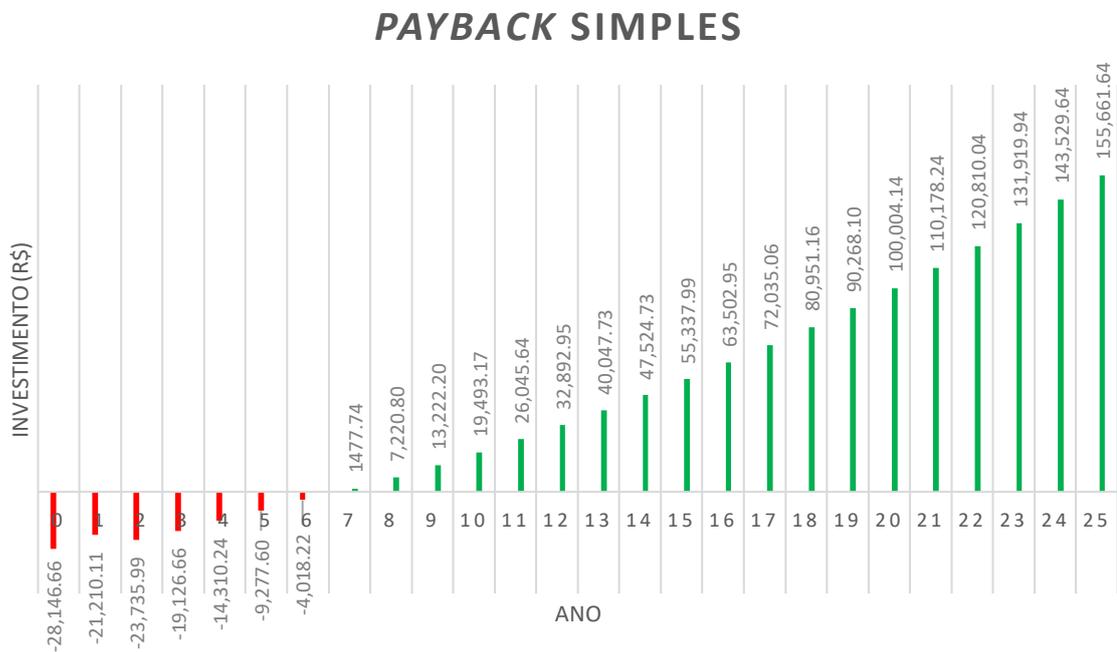


Figura 22: Payback Simples da quarta propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 109 e 110, assim como a Figura 23, indicam que existe um payback de 4 anos, com um VPL igual a R\$ 40.529,29 e uma TIR de 25% para a quinta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 109: Fluxo de Caixa da quinta propriedade Bifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 25.240,87
1	100,00%	7841,18	7740	0,6283	4863,04	-20.377,833

2	99,20%	7778,451	7740	0,6566	5082,08	-15.295,753
3	98,40%	7715,721	7740	0,6861	5310,41	-9.985,343
4	97,60%	7652,992	7740	0,7169	5548,81	-4.436,533
5	96,80%	7590,262	7740	0,7492	5798,81	1.362,277
6	96,00%	7527,533	7740	0,7829	6059,65	7.421,927
7	95,20%	7464,803	7740	0,8181	6332,09	13.754,017
8	94,40%	7402,074	7740	0,8549	6616,93	20.370,947
9	93,60%	7339,344	7740	0,8933	6914,14	27.285,087
10	92,80%	7276,615	7740	0,9334	7224,52	34.509,607
11	92,00%	7213,886	7740	0,9754	7549,6	42.059,207
12	91,20%	7151,156	7740	1,0192	7888,61	49.947,817
13	90,40%	7088,427	7740	1,0651	8243,87	58.191,687
14	89,60%	7025,697	7740	1,1130	8614,62	66.806,307
15	88,80%	6962,968	7740	1,1631	9002,39	75.808,697
16	88,00%	6900,238	7740	1,2154	9407,2	85.215,897
17	87,20%	6837,509	7740	1,2701	9830,57	95.046,467
18	86,40%	6774,78	7740	1,3272	10272,5	105.318,967
19	85,60%	6712,05	7740	1,3869	10734,6	116.053,567
20	84,80%	6649,321	7740	1,4493	11217,6	127.271,167
21	84,00%	6586,591	7740	1,5145	11722,2	138.993,367
22	83,20%	6523,862	7740	1,5826	12249,3	151.242,667
23	82,40%	6461,132	7740	1,6538	12800,4	164.043,067
24	81,60%	6398,403	7740	1,7282	13376,3	177.419,367
25	80,80%	6335,673	7740	1,8059	13977,7	191.397,067

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 110: Análise do Investimento da quinta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	4 anos
VPL	R\$ 40.529,29
TIR	25%

Fonte: O próprio Autor.

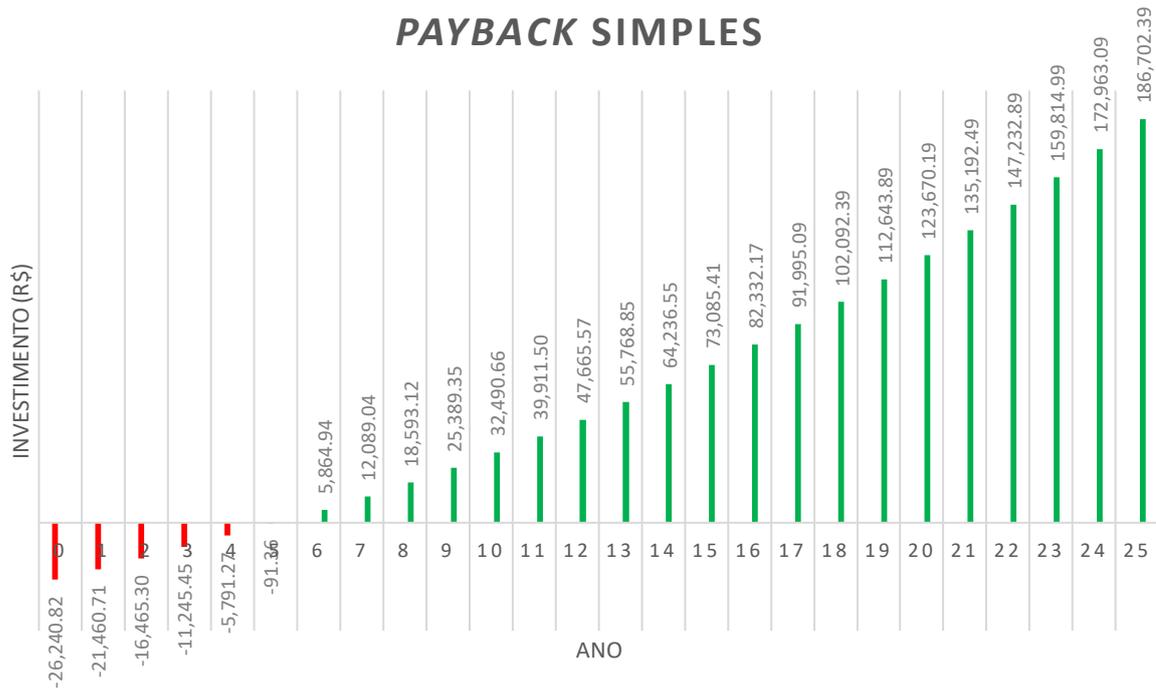


Figura 23: Payback Simples da quinta propriedade bifásica considerando o consumo maior que a geração

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 111 e 112, assim como a Figura 24, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma quinta propriedade bifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 5 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 25% e 21%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos, quanto maior o VPL positivo, melhor o investimento em relação ao outro. Logo, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 111: Fluxo de Caixa da quinta propriedade Bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						-R\$ 29.409,60
1	100,00%	9057,73	7740	R\$ 0,6283	4863,04	-24.546,56

2	99,20%	8985,268	7740	R\$ 0,6566	5082,08	-19.464,48
3	98,40%	8912,806	7740	R\$ 0,6861	5310,41	-14.154,07
4	97,60%	8840,344	7740	R\$ 0,7169	5548,81	-8.605,26
5	96,80%	8767,883	7740	R\$ 0,7492	5798,81	-2.806,45
6	96,00%	8695,421	7740	R\$ 0,7829	6059,65	3.253,20
7	95,20%	8622,959	7740	R\$ 0,8181	6332,09	9.585,29
8	94,40%	8550,497	7740	R\$ 0,8549	6616,93	16.202,22
9	93,60%	8478,035	7740	R\$ 0,8933	6914,14	23.116,36
10	92,80%	8405,573	7740	R\$ 0,9334	7224,52	30.340,88
11	92,00%	8333,112	7740	R\$ 0,9754	7549,6	37.890,48
12	91,20%	8260,65	7740	R\$ 1,0192	7888,61	45.779,09
13	90,40%	8188,188	7740	R\$ 1,0651	8243,87	54.022,96
14	89,60%	8115,726	7740	R\$ 1,1130	8614,62	62.637,58
15	88,80%	8043,264	7740	R\$ 1,1631	9002,39	71.639,97
16	88,00%	7970,802	7740	R\$ 1,2154	9407,2	81.047,17
17	87,20%	7898,341	7740	R\$ 1,2701	9830,57	90.877,74
18	86,40%	7825,879	7740	R\$ 1,3272	10272,5	101.150,24
19	85,60%	7753,417	7740	R\$ 1,3869	10734,6	111.884,84
20	84,80%	7680,955	7740	R\$ 1,4493	11217,6	123.102,44
21	84,00%	7608,493	7740	R\$ 1,5145	11722,2	134.824,64
22	83,20%	7536,031	7740	R\$ 1,5826	12249,3	147.073,94
23	82,40%	7463,57	7740	R\$ 1,6538	12800,4	159.874,34
24	81,60%	7391,108	7740	R\$ 1,7282	13376,3	173.250,64
25	80,80%	7318,646	7740	R\$ 1,8059	13977,7	187.228,34

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 112: Análise do Investimento da quinta propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	5 anos
VPL	R\$ 34.466,15
TIR	21%

Fonte: O próprio Autor.

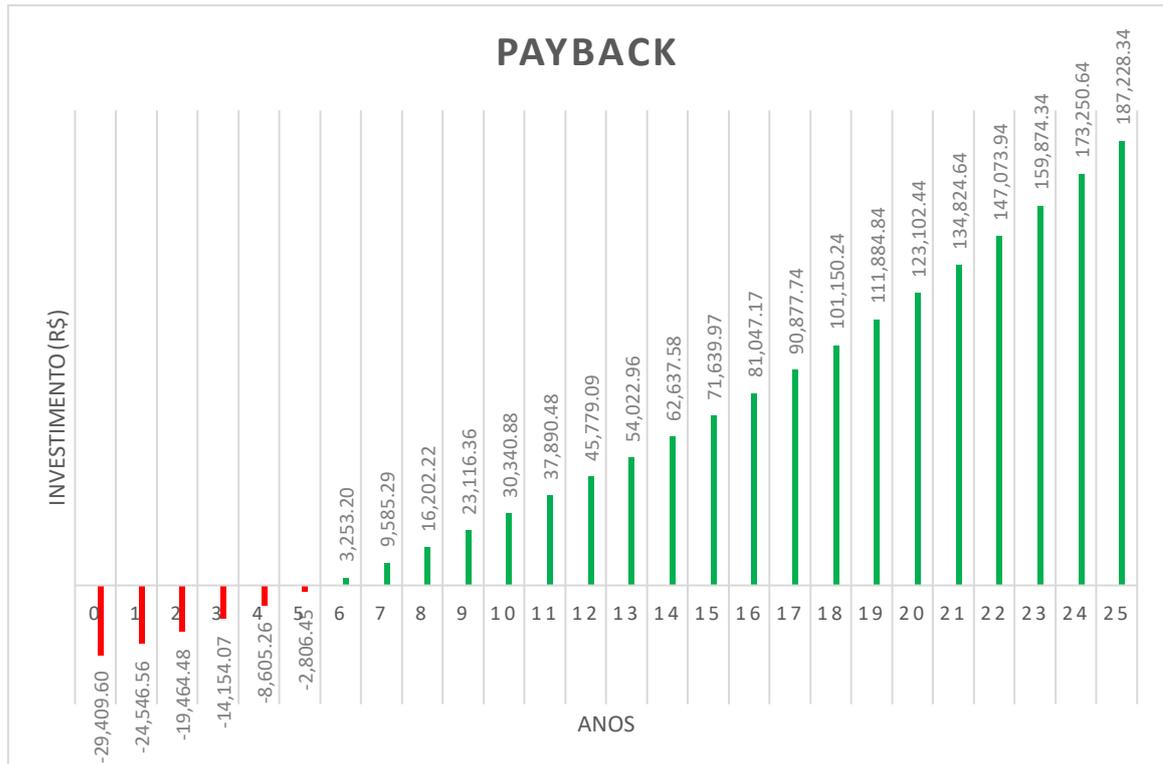


Figura 24: Payback Simples da quinta propriedade bifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

A tabela 113 resume todos os resultados obtidos para os projetos bifásicos. É fácil perceber que quanto maior o consumo e considerando o consumo maior que a geração, mais viável financeiramente é o empreendimento.

Tabela 113: Relação final das propriedades bifásicas.

Propriedades		Consumo > Geração			Geração > Consumo		
		PAYBACK (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)	PAYBACK (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)
Bifásicas	Propriedade 1	6	13.311,97	18	7	10.149,33	15
	Propriedade 2	5	22.289,06	20	6	18.845,17	17
	Propriedade 3	5	28.447,36	21	5	26.552,95	20
	Propriedade 4	4	33.955,91	23	6	32.313,06	21
	Propriedade 5	4	40.529,29	25	5	34.466,15	22

Fonte: O próprio Autor.

○ Trifásicos

As Tabelas 114 e 115, assim como a Figura 25, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 38.439,92 e uma TIR de 21% para a primeira propriedade

trifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 114: Fluxo de Caixa da primeira propriedade Trifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						-26.240,82
1	100,00%	7708,47	7608	0,6283	4780,11	-21.460,71
2	99,20%	7646,802	7608	0,6566	4995,41	-16.465,3
3	98,40%	7585,134	7608	0,6861	5219,85	-11.245,45
4	97,60%	7523,467	7608	0,7169	5454,18	-5.791,27
5	96,80%	7461,799	7608	0,7492	5699,91	-91,36
6	96,00%	7400,131	7608	0,7829	5956,3	5.864,94
7	95,20%	7338,463	7608	0,8181	6224,1	12.089,04
8	94,40%	7276,796	7608	0,8549	6504,08	18.593,12
9	93,60%	7215,128	7608	0,8933	6796,23	25.389,35
10	92,80%	7153,46	7608	0,9334	7101,31	32.490,66
11	92,00%	7091,792	7608	0,9754	7420,84	39.911,5
12	91,20%	7030,125	7608	1,0192	7754,07	47.665,57
13	90,40%	6968,457	7608	1,0651	8103,28	55.768,85
14	89,60%	6906,789	7608	1,1130	8467,7	64.236,55
15	88,80%	6845,121	7608	1,1631	8848,86	73.085,41
16	88,00%	6783,454	7608	1,2154	9246,76	82.332,17
17	87,20%	6721,786	7608	1,2701	9662,92	91.995,09
18	86,40%	6660,118	7608	1,3272	10097,3	102.092,39
19	85,60%	6598,45	7608	1,3869	10551,5	112.643,89
20	84,80%	6536,783	7608	1,4493	11026,3	123.670,19
21	84,00%	6475,115	7608	1,5145	11522,3	135.192,49
22	83,20%	6413,447	7608	1,5826	12040,4	147.232,89
23	82,40%	6351,779	7608	1,6538	12582,1	159.814,99
24	81,60%	6290,112	7608	1,7282	13148,1	172.963,09
25	80,80%	6228,444	7608	1,8059	13739,3	186.702,39

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 115: Análise do Investimento da primeira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	5 anos
VPL	R\$ 38.439,92
TIR	21%

Fonte: O próprio Autor.

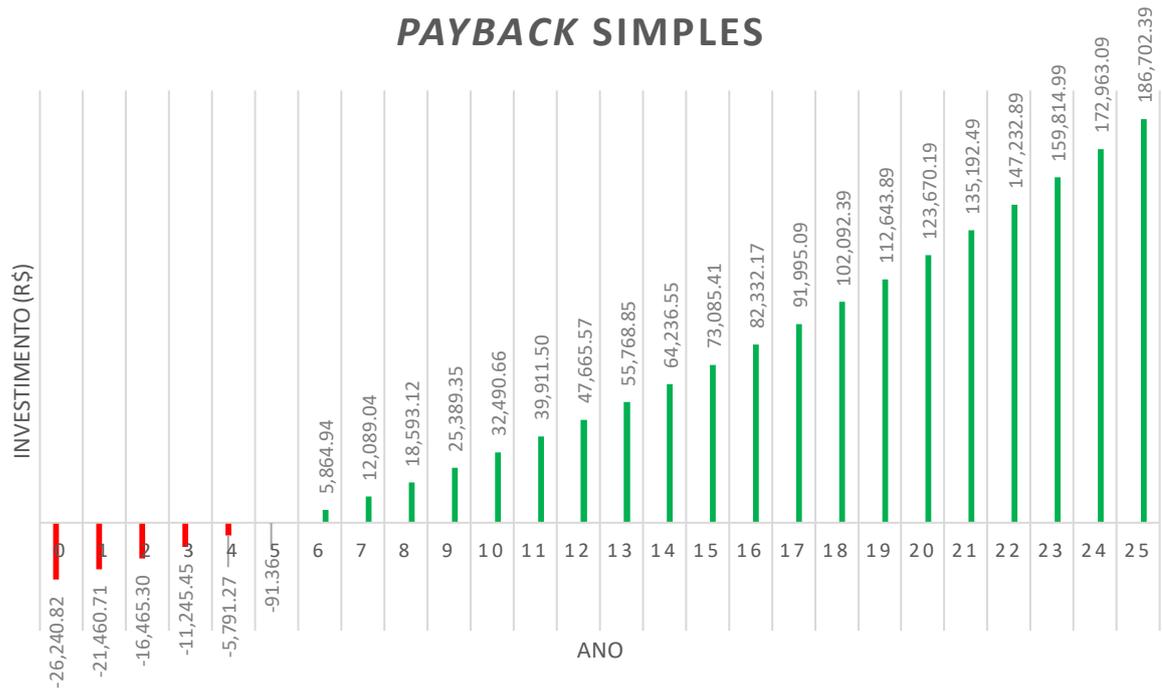


Figura 25: Payback Simples da primeira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 116 e 117, assim como a Figura 26, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma primeira propriedade trifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 6 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 21% e 17%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos, quanto maior o VPL positivo, melhor o investimento em relação ao outro. Logo, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 116: Fluxo de Caixa da primeira propriedade Trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 36.390,13
1	100,00%	10419,41	7608	0,6283	4780,11	-31.610,02
2	99,20%	10336,05	7608	0,6566	4995,41	-26.614,61

3	98,40%	10252,7	7608	0,6861	5219,85	-21.394,76
4	97,60%	10169,34	7608	0,7169	5454,18	-15.940,58
5	96,80%	10085,99	7608	0,7492	5699,91	-10.240,67
6	96,00%	10002,63	7608	0,7829	5956,3	-4.284,37
7	95,20%	9919,278	7608	0,8181	6224,1	1.939,73
8	94,40%	9835,923	7608	0,8549	6504,08	8.443,81
9	93,60%	9752,568	7608	0,8933	6796,23	15.240,04
10	92,80%	9669,212	7608	0,9334	7101,31	22.341,35
11	92,00%	9585,857	7608	0,9754	7420,84	29.762,19
12	91,20%	9502,502	7608	1,0192	7754,07	37.516,26
13	90,40%	9419,147	7608	1,0651	8103,28	45.619,54
14	89,60%	9335,791	7608	1,1130	8467,7	54.087,24
15	88,80%	9252,436	7608	1,1631	8848,86	62.936,10
16	88,00%	9169,081	7608	1,2154	9246,76	72.182,86
17	87,20%	9085,726	7608	1,2701	9662,92	81.845,78
18	86,40%	9002,37	7608	1,3272	10097,3	91.943,08
19	85,60%	8919,015	7608	1,3869	10551,5	102.494,58
20	84,80%	8835,66	7608	1,4493	11026,3	113.520,88
21	84,00%	8752,304	7608	1,5145	11522,3	125.043,18
22	83,20%	8668,949	7608	1,5826	12040,4	137.083,58
23	82,40%	8585,594	7608	1,6538	12582,1	149.665,68
24	81,60%	8502,239	7608	1,7282	13148,1	162.813,78
25	80,80%	8418,883	7608	1,8059	13739,3	176.553,08

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 117: Análise do Investimento da primeira propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	6 anos
VPL	R\$ 26.396,25
TIR	17%

Fonte: O próprio Autor.

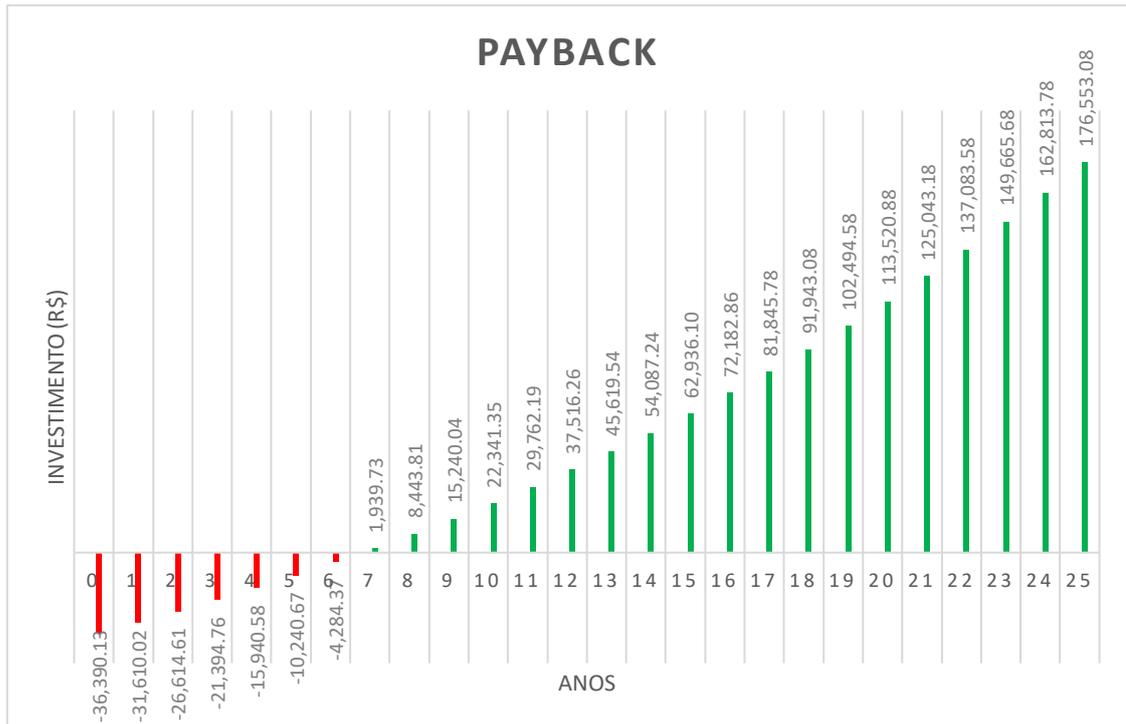


Figura 26: Payback Simples da primeira propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 118 e 119, assim como a Figura 27, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 38.752,15 e uma TIR de 22% para a segunda propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 118: Fluxo de Caixa da segunda propriedade Trifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada	Fluxo de Caixa
0						- 29.778,13
1	100,00%	8416,27	8304	0,6283	5217,4	-24.560,73
2	99,20%	8348,94	8304	0,6566	5452,41	-19.108,32
3	98,40%	8281,61	8304	0,6861	5697,37	-13.410,95
4	97,60%	8214,28	8304	0,7169	5953,14	-7.457,81
5	96,80%	8146,949	8304	0,7492	6221,36	-1.236,45
6	96,00%	8079,619	8304	0,7829	6501,2	5.264,75
7	95,20%	8012,289	8304	0,8181	6793,5	12.058,25
8	94,40%	7944,959	8304	0,8549	7099,09	19.157,34
9	93,60%	7877,629	8304	0,8933	7417,96	26.575,30
10	92,80%	7810,299	8304	0,9334	7750,95	34.326,25
11	92,00%	7742,968	8304	0,9754	8099,72	42.425,97
12	91,20%	7675,638	8304	1,0192	8463,44	50.889,41
13	90,40%	7608,308	8304	1,0651	8844,59	59.734,00
14	89,60%	7540,978	8304	1,1130	9242,35	68.976,35

15	88,80%	7473,648	8304	1,1631	9658,38	78.634,73
16	88,00%	7406,318	8304	1,2154	10092,7	88.727,43
17	87,20%	7338,987	8304	1,2701	10546,9	99.274,33
18	86,40%	7271,657	8304	1,3272	11021,1	110.295,43
19	85,60%	7204,327	8304	1,3869	11516,8	121.812,23
20	84,80%	7136,997	8304	1,4493	12035	133.847,23
21	84,00%	7069,667	8304	1,5145	12576,4	146.423,63
22	83,20%	7002,337	8304	1,5826	13141,9	159.565,53
23	82,40%	6935,006	8304	1,6538	13733,2	173.298,73
24	81,60%	6867,676	8304	1,7282	14351	187.649,73
25	80,80%	6800,346	8304	1,8059	14996,2	202.645,93

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 119: Análise do Investimento da segunda propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	5 anos
VPL	R\$ 38.752,15
TIR	22%

Fonte: O próprio Autor.

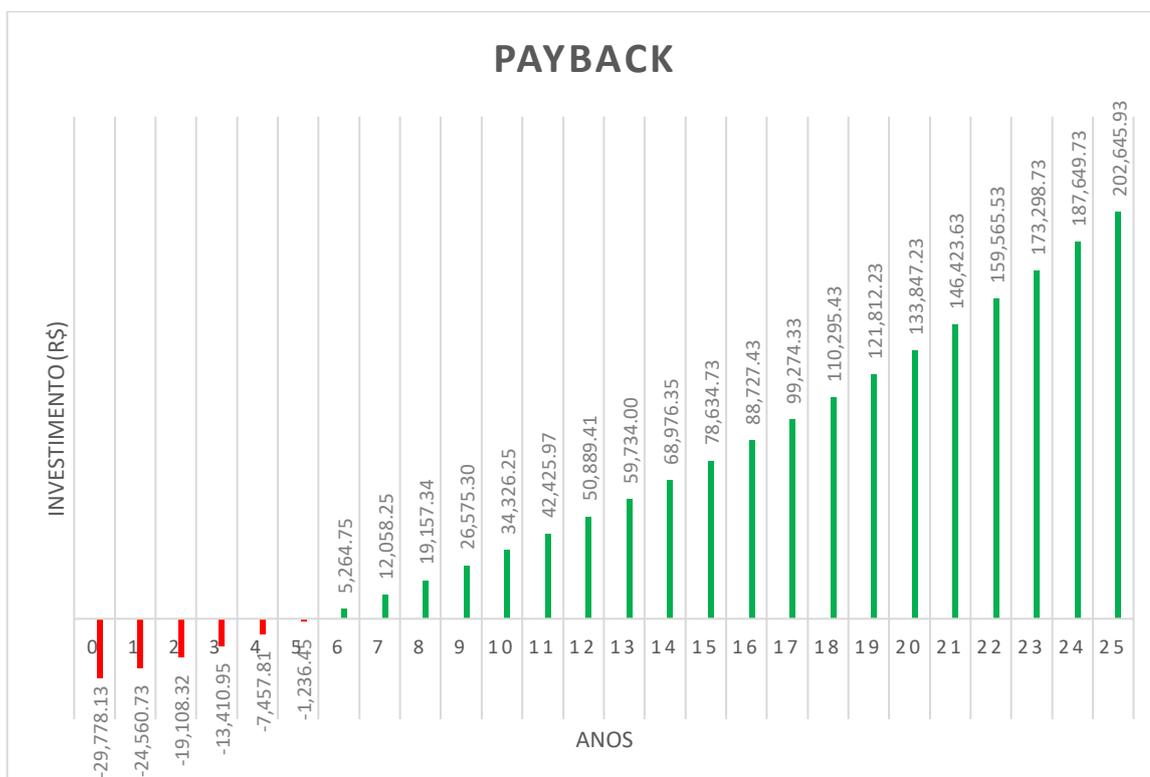


Figura 27: Payback Simples da segunda propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 120 e 121, assim como a Figura 28, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma segunda propriedade trifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 6 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 22% e 18%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos, quanto maior o VPL positivo, melhor o investimento em relação ao outro. Logo, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 120: Fluxo de Caixa da segunda propriedade Trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 36.940,60
1	100,00%	10849,36	8304	0,6283	5217,4	-31.723,20
2	99,20%	10762,57	8304	0,6566	5452,41	-26.270,79
3	98,40%	10675,77	8304	0,6861	5697,37	-20.573,42
4	97,60%	10588,98	8304	0,7169	5953,14	-14.620,28
5	96,80%	10502,18	8304	0,7492	6221,36	-8.398,92
6	96,00%	10415,39	8304	0,7829	6501,2	-1.897,72
7	95,20%	10328,59	8304	0,8181	6793,5	4.895,78
8	94,40%	10241,8	8304	0,8549	7099,09	11.994,87
9	93,60%	10155	8304	0,8933	7417,96	19.412,83
10	92,80%	10068,21	8304	0,9334	7750,95	27.163,78
11	92,00%	9981,411	8304	0,9754	8099,72	35.263,50
12	91,20%	9894,616	8304	1,0192	8463,44	43.726,94
13	90,40%	9807,821	8304	1,0651	8844,59	52.571,53
14	89,60%	9721,027	8304	1,1130	9242,35	61.813,88
15	88,80%	9634,232	8304	1,1631	9658,38	71.472,26
16	88,00%	9547,437	8304	1,2154	10092,7	81.564,96
17	87,20%	9460,642	8304	1,2701	10546,9	92.111,86
18	86,40%	9373,847	8304	1,3272	11021,1	103.132,96
19	85,60%	9287,052	8304	1,3869	11516,8	114.649,76
20	84,80%	9200,257	8304	1,4493	12035	126.684,76
21	84,00%	9113,462	8304	1,5145	12576,4	139.261,16
22	83,20%	9026,668	8304	1,5826	13141,9	152.403,06
23	82,40%	8939,873	8304	1,6538	13733,2	166.136,26
24	81,60%	8853,078	8304	1,7282	14351	180.487,26
25	80,80%	8766,283	8304	1,8059	14996,2	195.483,46

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 121: Análise do Investimento da segunda propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
Payback	6 anos
VPL	R\$ 31.589,68
TIR	18%

Fonte: O próprio Autor.

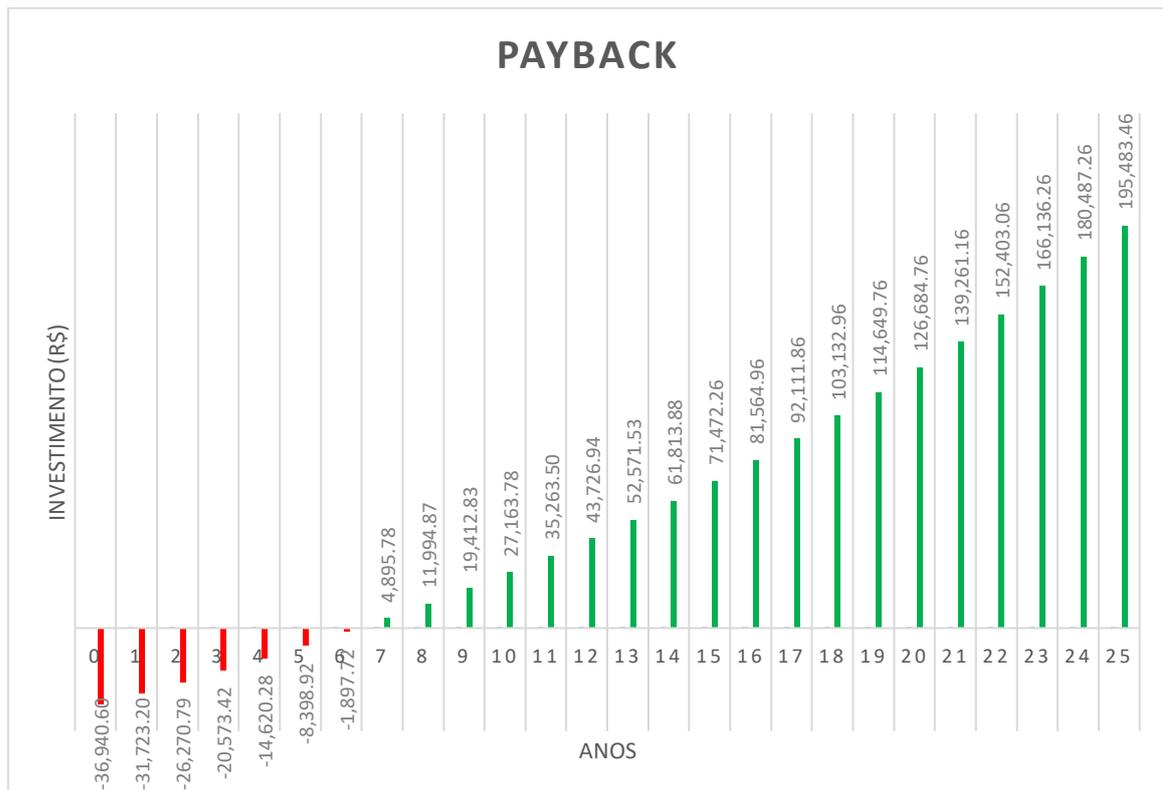


Figura 28: Payback Simples da segunda propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 122 e 123, assim como a Figura 29, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 46.369,37 e uma TIR de 22% para a terceira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 122: Fluxo de Caixa da terceira propriedade Trifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 30.409,60

1	100,00%	9057,73	8940	0,6283	5617	-24.792,60
2	99,20%	8985,268	8940	0,6566	5870	-18.922,60
3	98,40%	8912,806	8940	0,6861	6133,73	-12.788,87
4	97,60%	8840,344	8940	0,7169	6409,09	-6.379,78
5	96,80%	8767,883	8940	0,7492	6697,85	318,07
6	96,00%	8695,421	8940	0,7829	6999,13	7.317,20
7	95,20%	8622,959	8940	0,8181	7313,81	14.631,01
8	94,40%	8550,497	8940	0,8549	7642,81	22.273,82
9	93,60%	8478,035	8940	0,8933	7986,1	30.259,92
10	92,80%	8405,573	8940	0,9334	8344,6	38.604,52
11	92,00%	8333,112	8940	0,9754	8720,08	47.324,60
12	91,20%	8260,65	8940	1,0192	9111,65	56.436,25
13	90,40%	8188,188	8940	1,0651	9521,99	65.958,24
14	89,60%	8115,726	8940	1,1130	9950,22	75.908,46
15	88,80%	8043,264	8940	1,1631	10398,1	86.306,56
16	88,00%	7970,802	8940	1,2154	10865,7	97.172,26
17	87,20%	7898,341	8940	1,2701	11354,7	108.526,96
18	86,40%	7825,879	8940	1,3272	11865,2	120.392,16
19	85,60%	7753,417	8940	1,3869	12398,9	132.791,06
20	84,80%	7680,955	8940	1,4493	12956,7	145.747,76
21	84,00%	7608,493	8940	1,5145	13539,6	159.287,36
22	83,20%	7536,031	8940	1,5826	14148,4	173.435,76
23	82,40%	7463,57	8940	1,6538	14785	188.220,76
24	81,60%	7391,108	8940	1,7282	15450,1	203.670,86
25	80,80%	7318,646	8940	1,8059	16144,7	219.815,56

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 123: Análise do Investimento da terceira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	5 anos
VPL	R\$ 43.369,37
TIR	22%

Fonte: O próprio Autor.

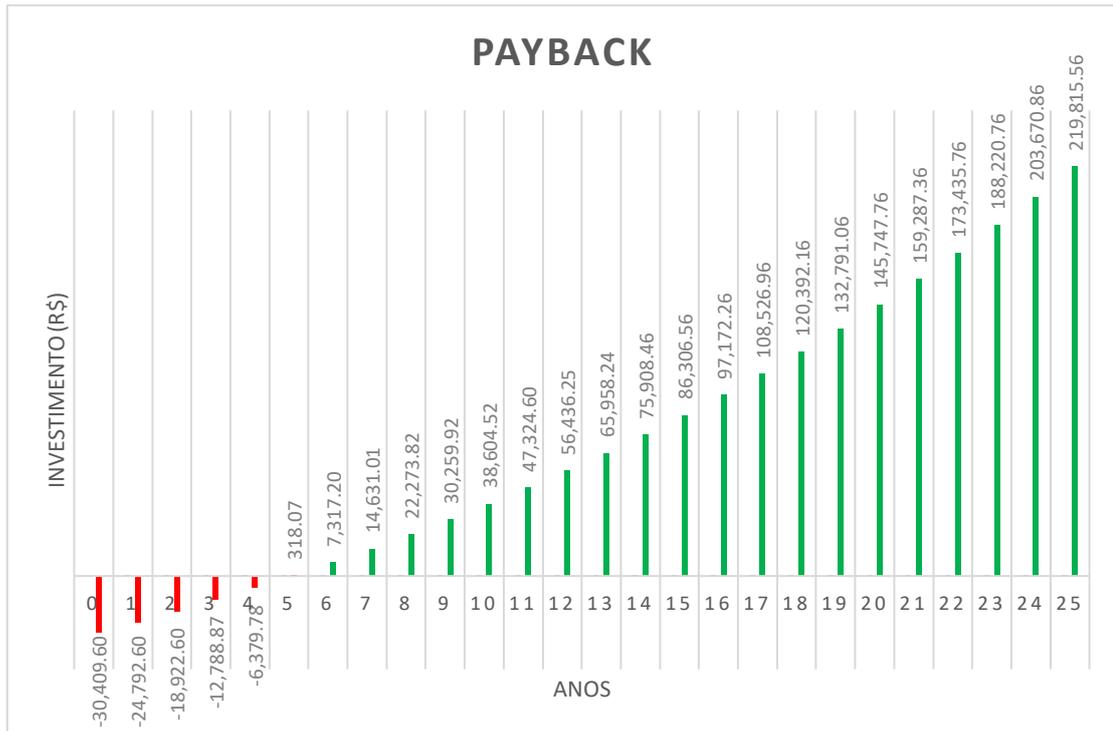


Figura 29: Payback Simples da terceira propriedade considerando o consumo maior que a geração.
Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 124 e 125, assim como a Figura 30, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma terceira propriedade trifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 6 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 22% e 19%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos, quanto maior o VPL positivo, melhor o investimento em relação ao outro. Logo, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 124: Fluxo de Caixa da terceira propriedade Trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 38.203,54
1	100,00%	11.324,93	8940	0,6283	5617	-32.586,54
2	99,20%	11234,33	8940	0,6566	5870	-26.716,54

3	98,40%	11143,73	8940	0,6861	6133,73	-20.582,81
4	97,60%	11053,13	8940	0,7169	6409,09	-14.173,72
5	96,80%	10962,53	8940	0,7492	6697,85	-7.475,87
6	96,00%	10871,93	8940	0,7829	6999,13	-476,74
7	95,20%	10781,33	8940	0,8181	7313,81	6.837,07
8	94,40%	10690,73	8940	0,8549	7642,81	14.479,88
9	93,60%	10600,13	8940	0,8933	7986,1	22.465,98
10	92,80%	10509,54	8940	0,9334	8344,6	30.810,58
11	92,00%	10418,94	8940	0,9754	8720,08	39.530,66
12	91,20%	10328,34	8940	1,0192	9111,65	48.642,31
13	90,40%	10237,74	8940	1,0651	9521,99	58.164,30
14	89,60%	10147,14	8940	1,1130	9950,22	68.114,52
15	88,80%	10056,54	8940	1,1631	10398,1	78.512,62
16	88,00%	9965,938	8940	1,2154	10865,7	89.378,32
17	87,20%	9875,339	8940	1,2701	11354,7	100.733,02
18	86,40%	9784,74	8940	1,3272	11865,2	112.598,22
19	85,60%	9694,14	8940	1,3869	12398,9	124.997,12
20	84,80%	9603,541	8940	1,4493	12956,7	137.953,82
21	84,00%	9512,941	8940	1,5145	13539,6	151.493,42
22	83,20%	9422,342	8940	1,5826	14148,4	165.641,82
23	82,40%	9331,742	8940	1,6538	14785	180.426,82
24	81,60%	9241,143	8940	1,7282	15450,1	195.876,92
25	80,80%	9150,543	8940	1,8059	16144,7	212.021,62

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 125: Análise do Investimento da terceira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	6 anos
VPL	R\$ 35.575,43
TIR	19%

Fonte: O próprio Autor.

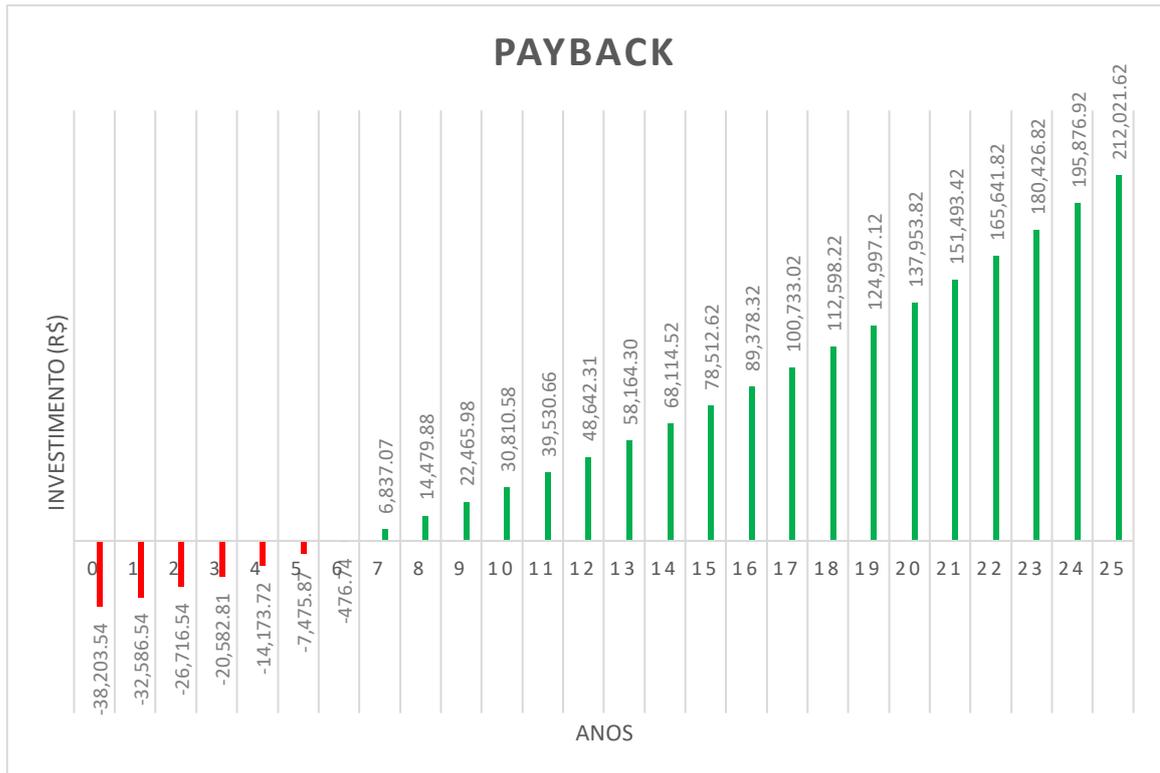


Figura 30: Payback Simples da terceira propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 126 e 127, assim como a Figura 31, indicam que existe um payback de 5 anos, com um VPL igual a R\$ 46.736,50 e uma TIR de 23% para a quarta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 126: Fluxo de Caixa da quarta propriedade Trifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 35.677,66
1	100,00%	9876,13	9744	0,6283	6122,16	-29.555,50
2	99,20%	9797,121	9744	0,6566	6397,91	-23.157,59
3	98,40%	9718,112	9744	0,6861	6685,36	-16.472,23
4	97,60%	9639,103	9744	0,7169	6985,47	-9.486,76
5	96,80%	9560,094	9744	0,7492	7300,2	-2.186,56
6	96,00%	9481,085	9744	0,7829	7628,58	5.442,02
7	95,20%	9402,076	9744	0,8181	7971,57	13.413,59
8	94,40%	9323,067	9744	0,8549	8330,15	21.743,74
9	93,60%	9244,058	9744	0,8933	8704,32	30.448,06
10	92,80%	9165,049	9744	0,9334	9095,05	39.543,11
11	92,00%	9086,04	9744	0,9754	9504,3	49.047,41
12	91,20%	9007,031	9744	1,0192	9931,08	58.978,49

13	90,40%	8928,022	9744	1,0651	10378,3	69.356,79
14	89,60%	8849,012	9744	1,1130	10845,1	80.201,89
15	88,80%	8770,003	9744	1,1631	11333,2	91.535,09
16	88,00%	8690,994	9744	1,2154	11842,9	103.377,99
17	87,20%	8611,985	9744	1,2701	12375,9	115.753,89
18	86,40%	8532,976	9744	1,3272	12932,2	128.686,09
19	85,60%	8453,967	9744	1,3869	13514	142.200,09
20	84,80%	8374,958	9744	1,4493	14122	156.322,09
21	84,00%	8295,949	9744	1,5145	14757,3	171.079,39
22	83,20%	8216,94	9744	1,5826	15420,9	186.500,29
23	82,40%	8137,931	9744	1,6538	16114,6	202.614,89
24	81,60%	8058,922	9744	1,7282	16839,6	219.454,49
25	80,80%	7979,913	9744	1,8059	17596,7	237.051,19

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 127: Análise do Investimento da quarta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	5 anos
VPL	R\$ 46.736,50
TIR	23%

Fonte: O próprio Autor.

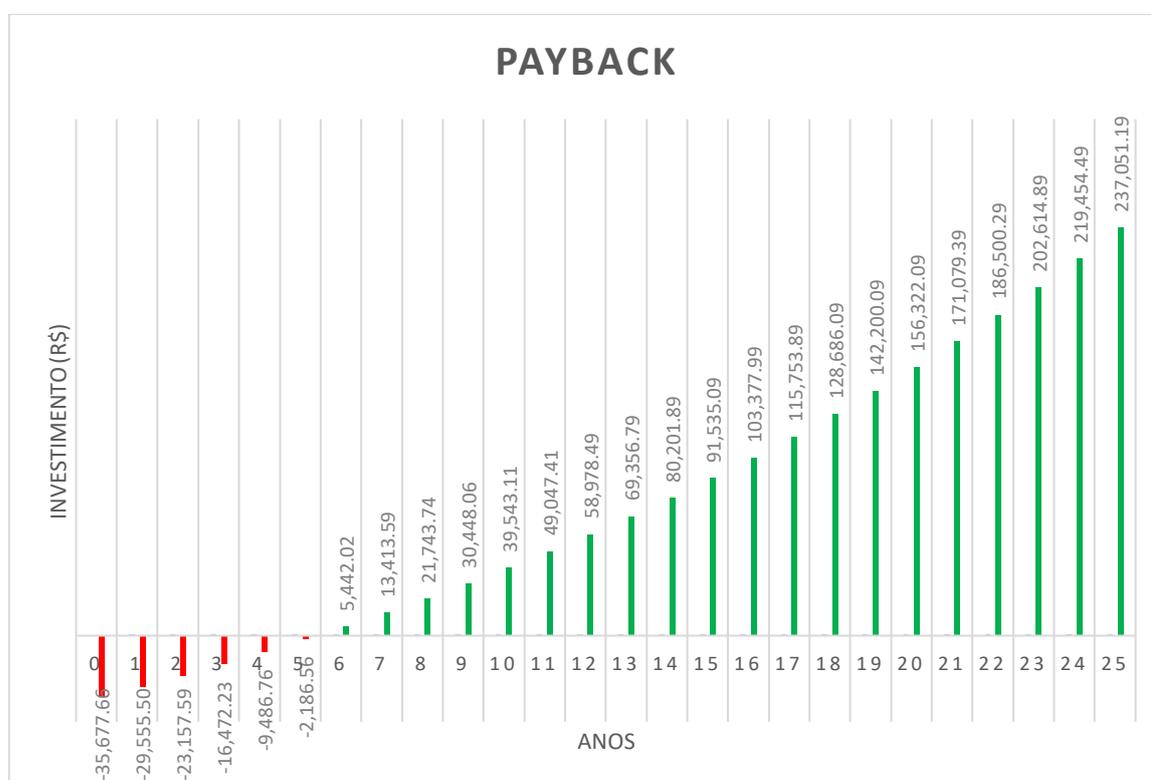


Figura 31: Payback Simples da quarta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração;

Fonte: O próprio Auto

As Tabelas 128 e 129, assim como a Figura 32, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma quarta propriedade trifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback permaneceu o mesmo, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Porém, houveram valores diferentes para a TIR, que apresentou valores de 20% e 23%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos, quanto maior o VPL positivo, melhor o investimento em relação ao outro. Logo, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 128: Fluxo de Caixa da quarta propriedade Trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						-R\$ 39.466,48
1	100,00%	12.309,22	9744	0,6283	6122,16	-33.344,32
2	99,20%	12210,75	9744	0,6566	6397,91	-26.946,41
3	98,40%	12112,27	9744	0,6861	6685,36	-20.261,05
4	97,60%	12013,8	9744	0,7169	6985,47	-13.275,58
5	96,80%	11915,32	9744	0,7492	7300,2	-5.975,38
6	96,00%	11816,85	9744	0,7829	7628,58	1.653,20
7	95,20%	11718,38	9744	0,8181	7971,57	9.624,77
8	94,40%	11619,9	9744	0,8549	8330,15	17.954,92
9	93,60%	11521,43	9744	0,8933	8704,32	26.659,24
10	92,80%	11422,96	9744	0,9334	9095,05	35.754,29
11	92,00%	11324,48	9744	0,9754	9504,3	45.258,59
12	91,20%	11226,01	9744	1,0192	9931,08	55.189,67
13	90,40%	11127,53	9744	1,0651	10378,3	65.567,97
14	89,60%	11029,06	9744	1,1130	10845,1	76.413,07
15	88,80%	10930,59	9744	1,1631	11333,2	87.746,27
16	88,00%	10832,11	9744	1,2154	11842,9	99.589,17
17	87,20%	10733,64	9744	1,2701	12375,9	111.965,07
18	86,40%	10635,17	9744	1,3272	12932,2	124.897,27
19	85,60%	10536,69	9744	1,3869	13514	138.411,27
20	84,80%	10438,22	9744	1,4493	14122	152.533,27
21	84,00%	10339,74	9744	1,5145	14757,3	167.290,57
22	83,20%	10241,27	9744	1,5826	15420,9	182.711,47
23	82,40%	10142,8	9744	1,6538	16114,6	198.826,07
24	81,60%	10044,32	9744	1,7282	16839,6	215.665,67
25	80,80%	9945,85	9744	1,8059	17596,7	233.262,37

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 129: Análise do Investimento da quarta propriedade trifásica considerando o cosumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
Payback	5 anos
VPL	R\$ 39.947,68
TIR	20%

Fonte: O próprio Autor.

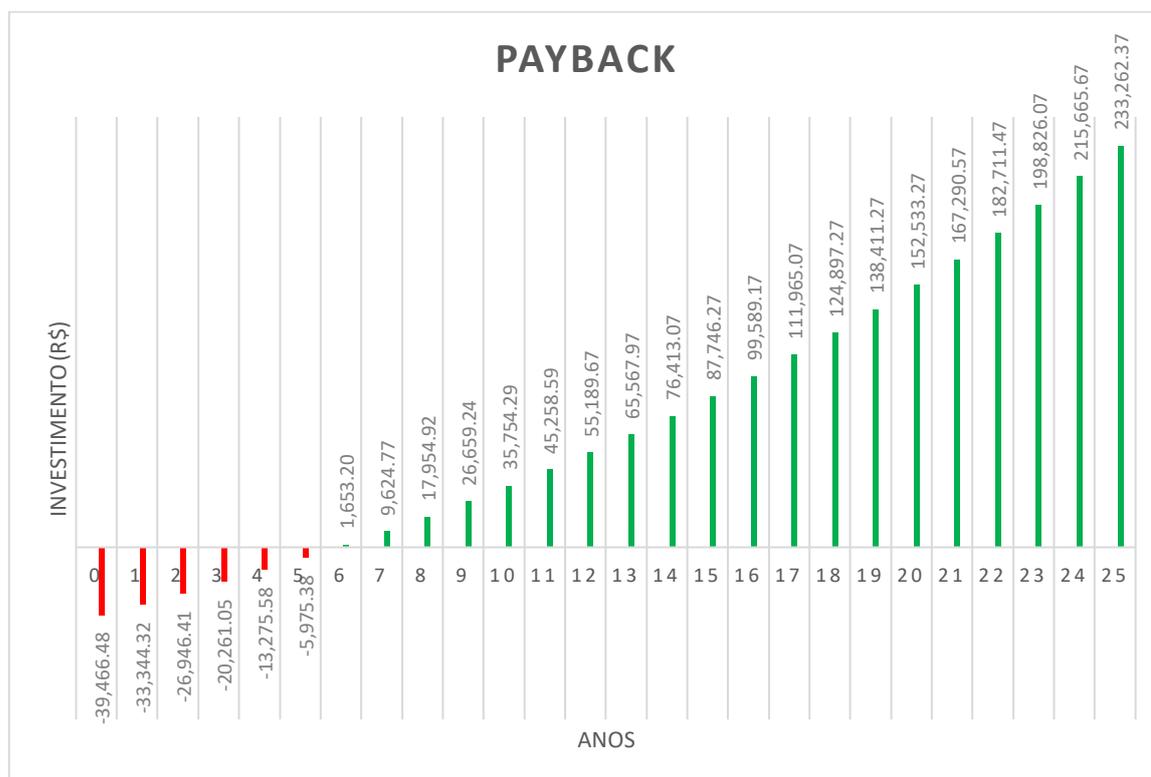


Figura 32: Payback Simples da quarta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 130 e 131, assim como a Figura 33, indicam que existe um payback de 4 anos, com um VPL igual a R\$ 56.154,21 e uma TIR de 25% para a quinta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração, desde que esteja dentro da faixa do custo de disponibilidade.

Tabela 130: Fluxo de Caixa da quinta propriedade Trifásica considerando consumo maior que a geração.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 35.677,66
1	100,00%	10904,66	10764	0,6283	6763,02	-28.914,64
2	99,20%	10817,42	10764	0,6566	7067,64	-21.847,00
3	98,40%	10730,19	10764	0,6861	7385,18	-14.461,82
4	97,60%	10642,95	10764	0,7169	7716,71	-6.745,11
5	96,80%	10555,71	10764	0,7492	8064,39	1.319,28
6	96,00%	10468,47	10764	0,7829	8427,14	9.746,42
7	95,20%	10381,24	10764	0,8181	8806,03	18.552,45
8	94,40%	10294	10764	0,8549	9202,14	27.754,59
9	93,60%	10206,76	10764	0,8933	9615,48	37.370,07
10	92,80%	10119,52	10764	0,9334	10047,1	47.417,17
11	92,00%	10032,29	10764	0,9754	10499,2	57.916,37
12	91,20%	9945,05	10764	1,0192	10970,7	68.887,07
13	90,40%	9857,813	10764	1,0651	11464,7	80.351,77
14	89,60%	9770,575	10764	1,1130	11980,3	92.332,07
15	88,80%	9683,338	10764	1,1631	12519,6	104.851,67
16	88,00%	9596,101	10764	1,2154	13082,6	117.934,27
17	87,20%	9508,864	10764	1,2701	13671,4	131.605,67
18	86,40%	9421,626	10764	1,3272	14286	145.891,67
19	85,60%	9334,389	10764	1,3869	14928,6	160.820,27
20	84,80%	9247,152	10764	1,4493	15600,3	176.420,57
21	84,00%	9159,914	10764	1,5145	16302,1	192.722,67
22	83,20%	9072,677	10764	1,5826	17035,1	209.757,77
23	82,40%	8985,44	10764	1,6538	17801,5	227.559,27
24	81,60%	8898,203	10764	1,7282	18602,3	246.161,57
25	80,80%	8810,965	10764	1,8059	19438,7	265.600,27

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 131: Análise do Investimento da quinta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	4 anos
VPL	R\$ 56.154,21
TIR	25%

Fonte: O próprio Autor.

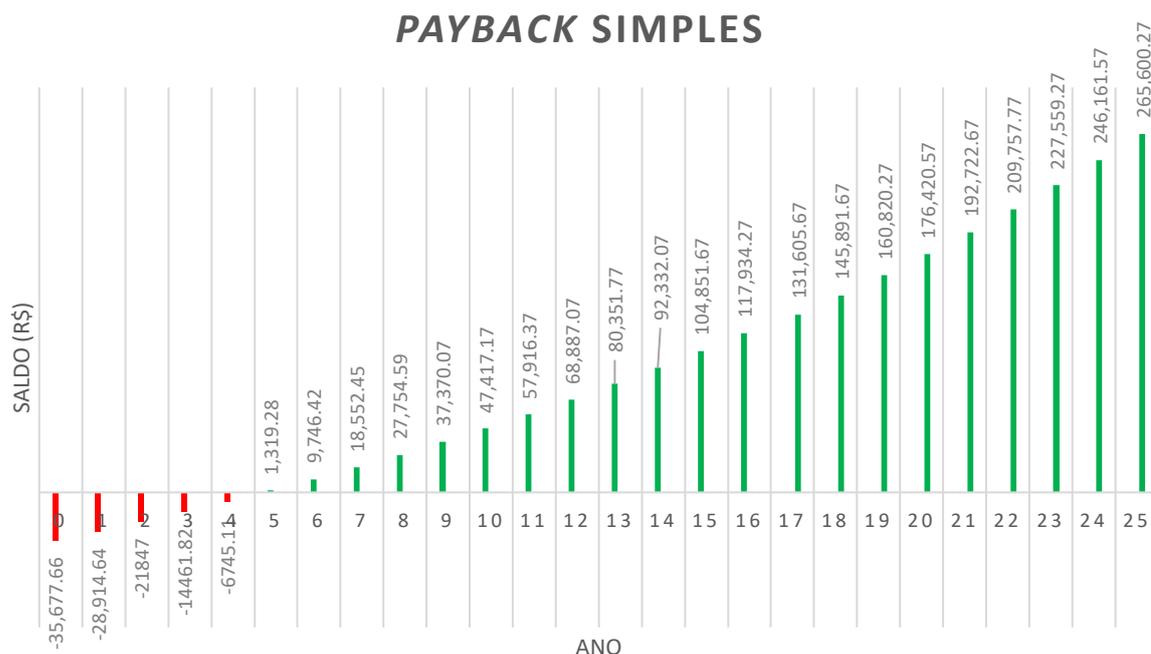


Figura 33: Payback Simples da quinta propriedade trifásica considerando o consumo maior que a geração.

Fonte: O próprio Autor.

As Tabelas 132 e 133, assim como a Figura 34, indicam os valores de payback, TIR e fluxo de caixa para a mesma quinta propriedade trifásica considerando agora a situação quando a geração é maior que o consumo. É possível observar que para esta situação o payback aumentou em 1 ano, passando para 5 anos, se comparado com a situação que o consumo é maior que a geração. Valores diferentes também foram encontrados para a TIR, que apresentou valores de 25% e 21%, respectivamente, para as situações de consumo maior que a geração e geração maior que o consumo. Quanto maior o valor de TIR, mais rentável é o investimento.

Os valores dos VPL's para os dois projetos realizados nesse caso, foram positivos, quanto maior o VPL positivo, melhor o investimento em relação ao outro. Logo, é mais viável se realizar o projeto fotovoltaico considerando o consumo maior que a geração.

Tabela 132: Fluxo de Caixa da quinta propriedade Trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Ano	Eficiência	Geração Média Anual (kWh)	Consumo Médio Anual (kWh)	Tarifa Anual (R\$/kWh)	Economia Anual Estimada (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0						- 45.203,33
1	100,00%	13227,16	10764	0,6283	6763,02	-38.440,31
2	99,20%	13121,34	10764	0,6566	7067,64	-31.372,67

3	98,40%	13015,53	10764	0,6861	7385,18	-23.987,49
4	97,60%	12909,71	10764	0,7169	7716,71	-16.270,78
5	96,80%	12803,89	10764	0,7492	8064,39	-8.206,39
6	96,00%	12698,07	10764	0,7829	8427,14	220,75
7	95,20%	12592,26	10764	0,8181	8806,03	9.026,78
8	94,40%	12486,44	10764	0,8549	9202,14	18.228,92
9	93,60%	12380,62	10764	0,8933	9615,48	27.844,40
10	92,80%	12274,8	10764	0,9334	10047,1	37.891,50
11	92,00%	12168,99	10764	0,9754	10499,2	48.390,70
12	91,20%	12063,17	10764	1,0192	10970,7	59.361,40
13	90,40%	11957,35	10764	1,0651	11464,7	70.826,10
14	89,60%	11851,54	10764	1,1130	11980,3	82.806,40
15	88,80%	11745,72	10764	1,1631	12519,6	95.326,00
16	88,00%	11639,9	10764	1,2154	13082,6	108.408,60
17	87,20%	11534,08	10764	1,2701	13671,4	122.080,00
18	86,40%	11428,27	10764	1,3272	14286	136.366,00
19	85,60%	11322,45	10764	1,3869	14928,6	151.294,60
20	84,80%	11216,63	10764	1,4493	15600,3	166.894,90
21	84,00%	11110,81	10764	1,5145	16302,1	183.197,00
22	83,20%	11005	10764	1,5826	17035,1	200.232,10
23	82,40%	10899,18	10764	1,6538	17801,5	218.033,60
24	81,60%	10793,36	10764	1,7282	18602,3	236.635,90
25	80,80%	10687,55	10764	1,8059	19438,7	256.074,60

Fonte: O próprio Autor.

Tabela 133: Análise do Investimento quinta propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Parâmetro	Valor
<i>Payback</i>	5 anos
VPL	R\$ 41.628,54
TIR	21%

Fonte: O próprio Autor.

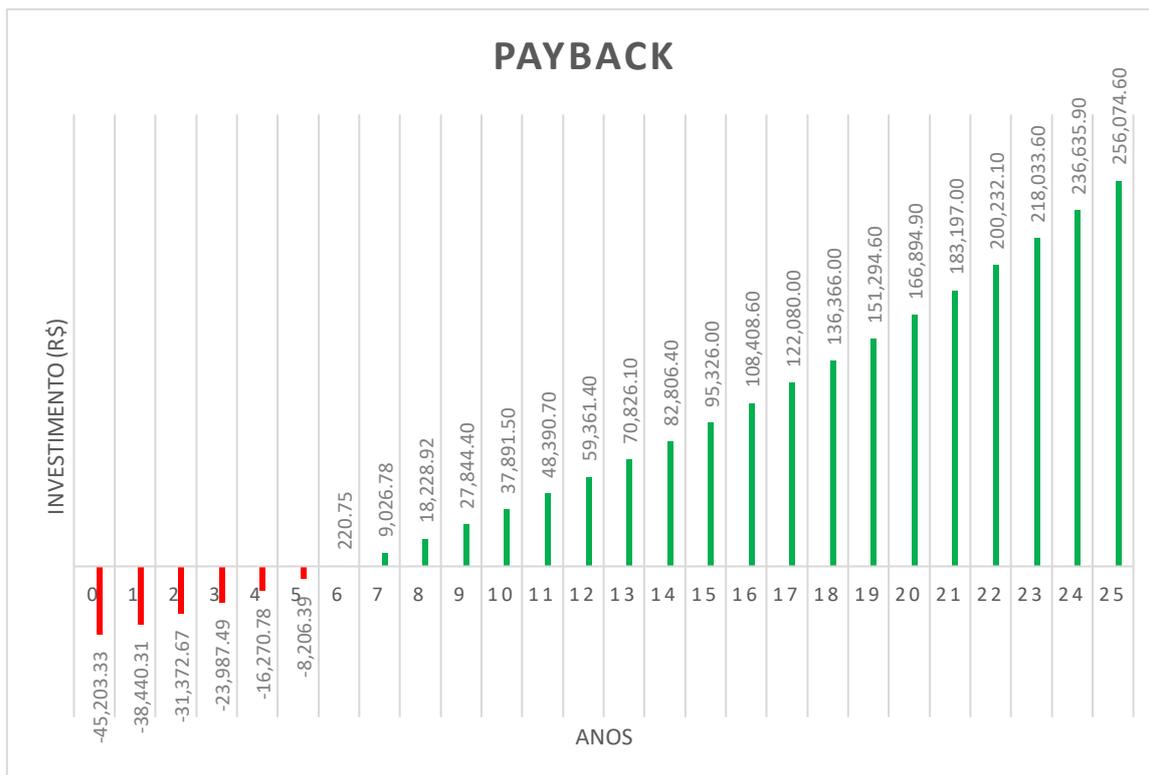


Figura 34: Payback Simples da quinta propriedade trifásica considerando a geração maior que o consumo.

Fonte: O próprio Autor.

A tabela 134 resume todos os resultados obtidos para os projetos trifásicos. É fácil ver que quanto maior o consumo e considerando o consumo maior que a geração, mais viável financeiramente é o empreendimento.

Tabela 134: Relação final das propriedades trifásicas.

Propriedades		Consumo > Geração			Geração > Consumo		
		PAYBACK (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)	PAYBACK (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)
Trifásicas	Propriedade 1	5	38.439,92	21	6	26.396,25	17
	Propriedade 2	5	38.752,15	22	6	31.589,68	18
	Propriedade 3	5	43.369,37	22	6	35.575,43	19
	Propriedade 4	5	46.736,30	23	5	39.947,68	20
	Propriedade 5	4	56.154,21	25	5	41.628,54	21

Fonte: O próprio Autor

A Tabela 135 mostra uma visão geral do retorno financeiro de todos os projetos fotovoltaicos realizados.

Tabela 135: Dados gerais das propriedades.

Propriedades		Consumo > Geração			Geração > Consumo		
		<i>PAYBACK</i> (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)	<i>PAYBACK</i> (anos)	VPL (R\$)	TIR (%)
Monofásicas	<i>Propriedade 2</i>	12	-1.433,20	8	14	-2.676,24	6
	<i>Propriedade 3</i>	8	2.519,17	12	9	1.256,83	11
	<i>Propriedade 4</i>	6	7.792,95	16	7	5.581,30	14
	<i>Propriedade 5</i>	5	12.951,06	19	6	11.156,83	17
Bifásicas	<i>Propriedade 1</i>	6	13.311,97	18	7	10.149,33	15
	<i>Propriedade 2</i>	5	22.289,06	20	6	18.845,17	17
	<i>Propriedade 3</i>	5	28.447,36	21	5	26.552,95	20
	<i>Propriedade 4</i>	4	33.955,91	23	6	32.313,06	21
	<i>Propriedade 5</i>	4	40.529,29	25	5	34.466,15	22
Trifásicas	<i>Propriedade 1</i>	5	38.439,92	21	6	26.396,25	17
	<i>Propriedade 2</i>	5	38.752,15	22	6	31.589,68	18
	<i>Propriedade 3</i>	5	43.369,37	22	6	35.575,43	19
	<i>Propriedade 4</i>	5	46.736,30	23	5	39.947,68	20
	<i>Propriedade 5</i>	4	56.154,21	25	5	41.628,54	21

Fonte: o próprio autor.

A Tabela 135 mostra que com o aumento do consumo (ou potência gerada pelo painel) a viabilidade econômica dos projetos fotovoltaicos também se eleva. Embora a ideia de viabilidade seja algo bem subjetivo, pois um certo tempo de retorno financeiro pode ser aceitável para uma pessoa e inaceitável para outra, será que existem valores de consumo (ou geração) que resultam em viabilidade econômicas atrativas (com menor tempo de retorno). Tendo este foco, a próxima seção estudará as linhas de tendência utilizando os dados apresentados até a presente seção.

Linhas de Tendência

Os gráficos a seguir mostram a relação entre a viabilidade econômica (VPL) e a potência consumida e o *payback* com a potência consumida para cada tipo de ligação utilizada na rede de distribuição de energia elétrica. Este comportamento foi realizado através da regressão linear da ferramenta *Excel* que consegue traçar linhas de tendência. As informações dos gráficos

apresentados nesta seção foram extraídas da Tabela 135.

- MONOFÁSICAS

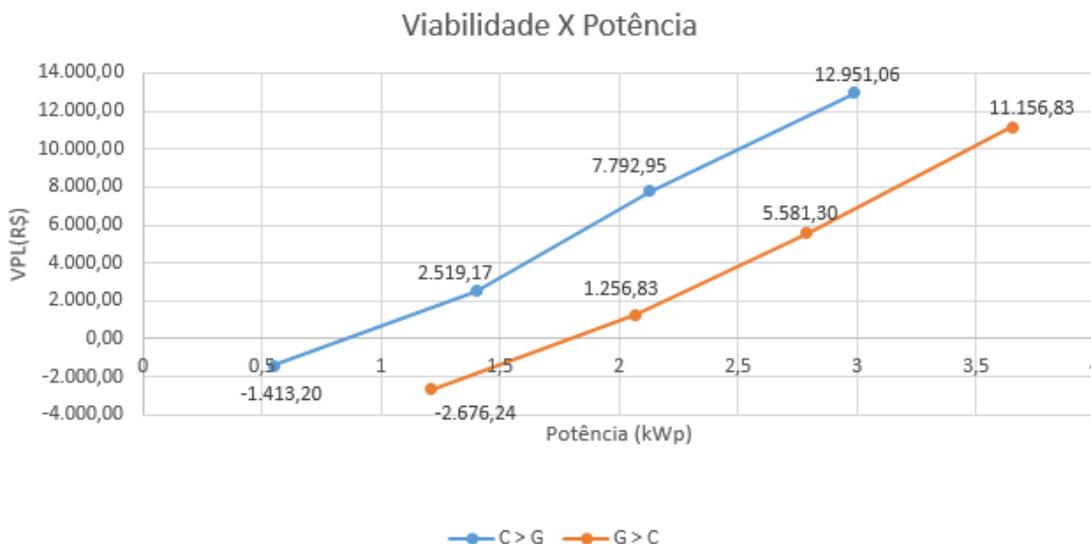


Figura 35: Viabilidade vs Potência (projetos para consumidores monofásicos).
Fonte: O próprio Autor.

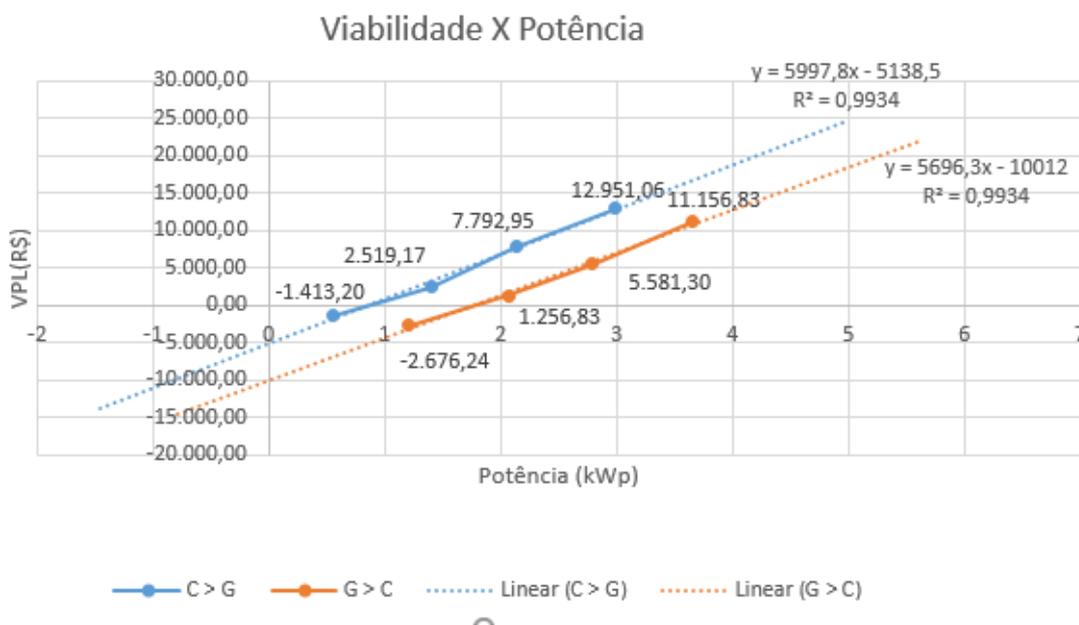


Figura 36: Linha de tendência linear (projetos para consumidores monofásicos).
Fonte: O próprio Autor.

O valor do coeficiente de correlação da Figura 36 foi de $R^2 = 0,9934$ para ambos os casos dos projetos realizados, que está dentro do aceitável de acordo com os estudos realizados.

O valor das variáveis cresceram em relação as variáveis anteriores, ou seja, existe uma correlação positiva.

As equações de reta para os dois casos são:

- Consumo maior que a geração: $y = 5997,8x - 5138,5$

- Geração maior que o consumo: $y = 5696,3x - 10012$

Onde a variável y é o eixo vertical do gráfico (VPL) e a variável x é o eixo horizontal do gráfico (Potência).

Considerando um mesmo aumento de potência indicado na Figura 36, o VPL aumenta em torno de 5,99% para a situação que o consumo é maior que a geração. Para a situação que a geração é maior que o consumo, o aumento de VPL é próximo de 5,69%.

Para que seja possível verificar numericamente o que foi afirmado, estimou-se dois valores de potência:

- Consumo maior que geração:

$P1 = 4 \text{ kWh.}$

$$y = 5997,8 \times 4 - 5138,5 = R\$ 18.852,7$$

$P2 = 5 \text{ kWp}$

$$y = 5997,8 \times 5 - 5138,5 = R\$ 24.850,05$$

- Geração maior que consumo:

$P1 = 4 \text{ kWp}$

$$y = 5696,3 \times 4 - 10012 = R\$ 12.773,2$$

$P2 = 5 \text{ kWp}$

$$y = 5696,3 \times 5 - 10012 = R\$ 18.469,5$$

Os resultados apresentados por estas duas estimativas demonstram que os investimentos para as situações que o consumo é maior que a geração tendem a ser mais atrativos que a situação com geração maior que o consumo para a mesma potência considerada.

Um dos objetivos desta monografia é detectar se existe algum valor de potência que torna atrativo o retorno financeiro deste tipo de empreendimento. Desta forma, serão apresentados a seguir gráficos que relacionam o payback com a potência gerada ou consumida, juntamente com suas linhas de tendência. Nesse caso, como os gráficos de payback não foram lineares, pois foram utilizadas as linhas de tendência que melhor adequava aos valores encontrados na Tabela 135. As linhas de tendência foram inseridas selecionando a opção exponencial, que teve seu coeficiente de correlação com um valor aceitável.

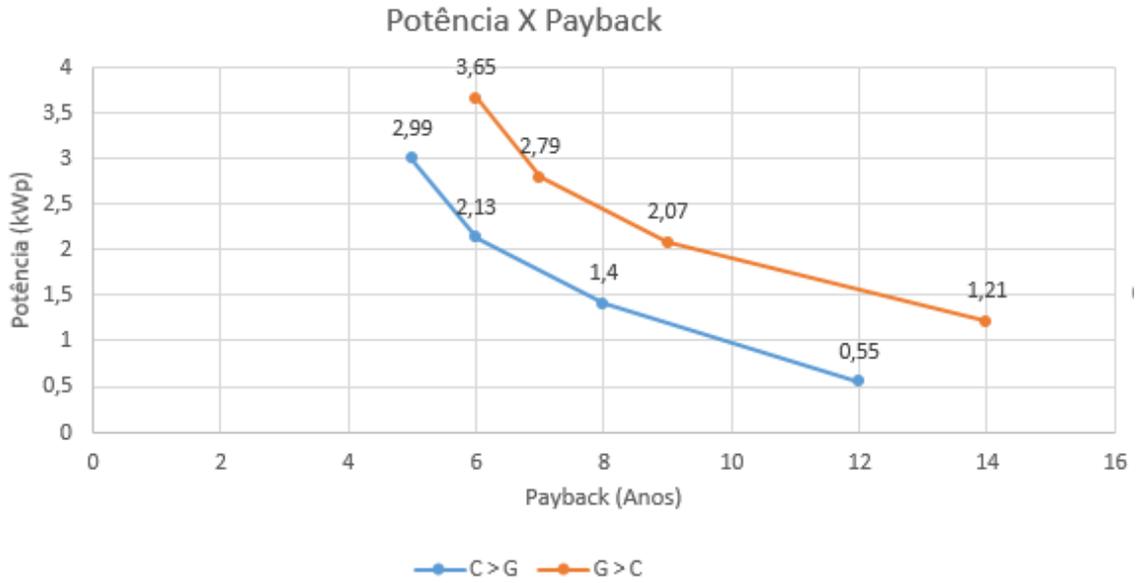


Figura 37: Potência vs Payback (projetos para consumidores monofásicos).
 Fonte: O próprio Autor.

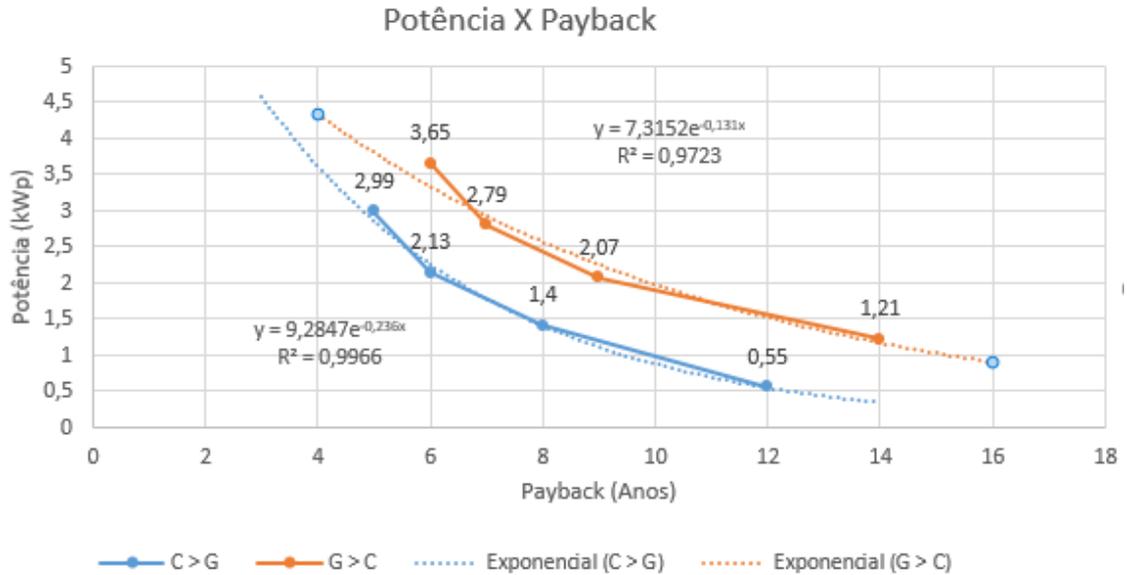


Figura 38: Linha de tendência exponencial (projetos para consumidores monofásicos).

Fonte: O próprio Autor.

As equações para os dois casos são:

- Consumo maior que a geração: $y = 9,2847e^{-0,236x}$

- Geração maior que o consumo: $y = 7,3152e^{-0,131x}$

Onde a variável y é o eixo vertical do gráfico (Potência) e a variável x é o eixo horizontal do gráfico (Payback).

Assumiu-se um *payback* de dois anos para realizar a demonstração dos valores de potência necessárias para ter um ótimo retorno financeiro. Em outras palavras, deseja-se estimar uma potência ótima que vale o investimento para os dois tipos de projetos. .

- Consumo maior que geração:

Payback = 2 anos

$$y = 9,2847e^{-0,236 \times 2} = 5,79 \text{ [kWp]}$$

- Geração maior que consumo:

Payback = 2 anos

$$y = 7,3152e^{-0,131 \times 2} = 5,62 \text{ [kWp]}$$

Sendo assim, a potência exata para se obter um retorno financeiro de dois anos para os casos de consumo maior que geração e geração maior que consumo são 5,62 [kWp] e 5,79 [kWp] ,respectivamente, para os consumidores com ligações monofásicas. Estes resultados demonstram que não existe uma grande diferença de valores, provavelmente porque o valor do custo de disponibilidade para consumidores monofásicos é de apenas 30 kWh/mês.

- BIFÁSICAS

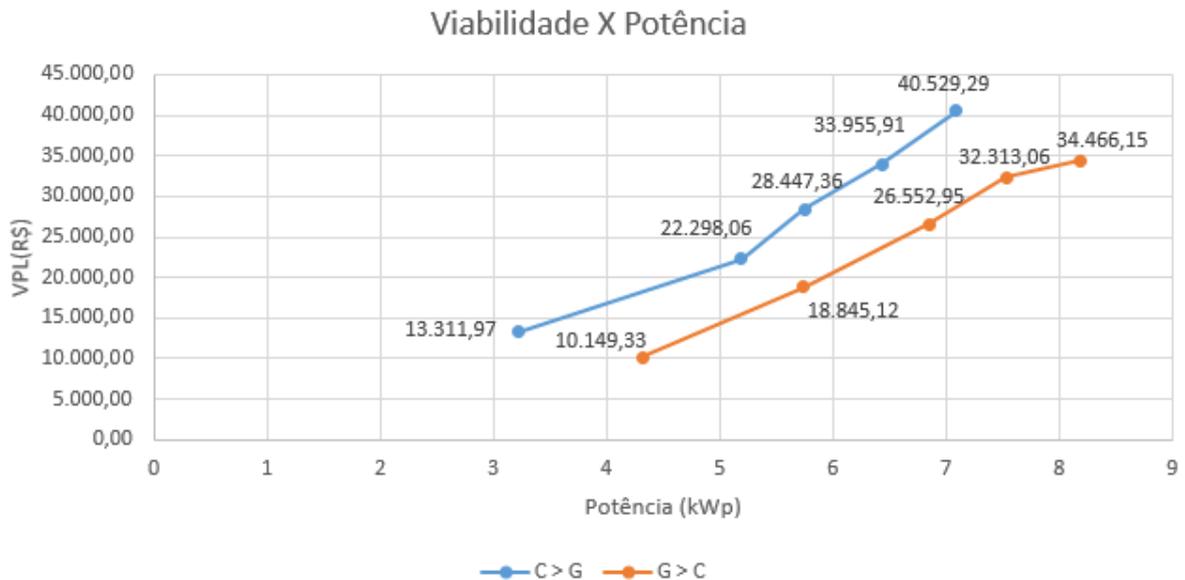


Figura 39: Viabilidade vs Potência (projetos para consumidores bifásicos)
Fonte: O próprio Autor.

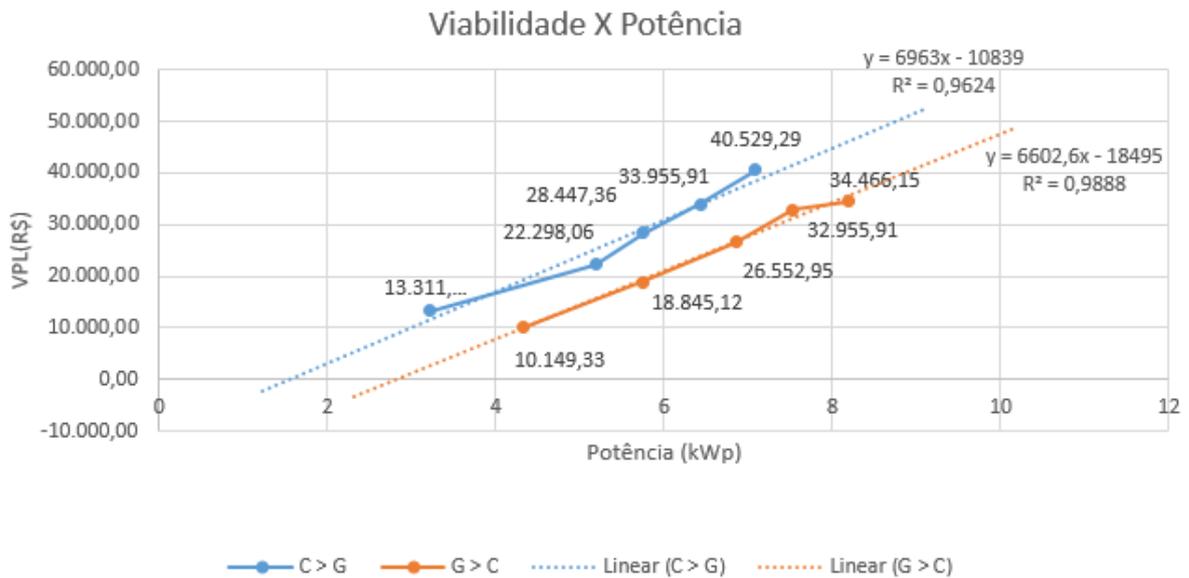


Figura 40: Linha de tendência de linear (projetos para consumidores bifásicos)
Fonte: O próprio Autor.

O valor do coeficiente de correlação da Figura 40 foi de $R^2 = 0,9624$ para consumo maior que geração e de $R^2 = 0,9888$ para geração maior que o consumo, que está dentro do aceitável de acordo com os estudos realizados. O valor das variáveis cresceram em relação as variáveis anteriores, ou seja, existe uma correlação positiva.

As equações da reta para os dois casos são:

- Consumo maior que a geração: $y = 6963x - 10839$

- Geração maior que o consumo: $y = 6602,6x - 18495$

Onde a variável y é o eixo vertical do gráfico (VPL) e a variável x é o eixo horizontal do gráfico (Potência).

Considerando um mesmo aumento de potência indicado na Figura 40, o VPL aumenta em torno de 6,96% para a situação que o consumo é maior que a geração. Para a situação que a geração é maior que o consumo, o aumento de VPL é próximo de 6,6%.

Para que seja possível verificar numericamente o que foi afirmado, estimou-se dois valores de potência:

- Consumo maior que geração:

P1 = 8 kWh.

$$y = 6963 \times 8,5 - 10839 = R\$ 48.346,5$$

P2 = 9 kWp

$$y = 6963 \times 9,5 - 10839 = R\$ 55.053,00$$

- Geração maior que consumo:

$$P1 = 8 \text{ kWp}$$

$$y = 6602,6 \times 8 - 18495 = R\$ 34.325,58$$

$$P2 = 9 \text{ kWp}$$

$$y = 6602,6 \times 9 - 18495 = R\$ 40.478,4$$

Os resultados apresentados por estas duas estimativas demonstram que os investimentos para as situações que o consumo é maior que a geração tendem a ser mais atrativos que a situação com geração maior que o consumo para a mesma potência considerada.

Serão apresentados a seguir gráficos que relacionam o *payback* com a potência gerada ou consumida, juntamente com suas linhas de tendência. Assim como ocorreu para as residências monofásicas, as linhas de tendência foram inseridas selecionando a opção polinomial e utilizando as informações encontradas na Tabela 135.

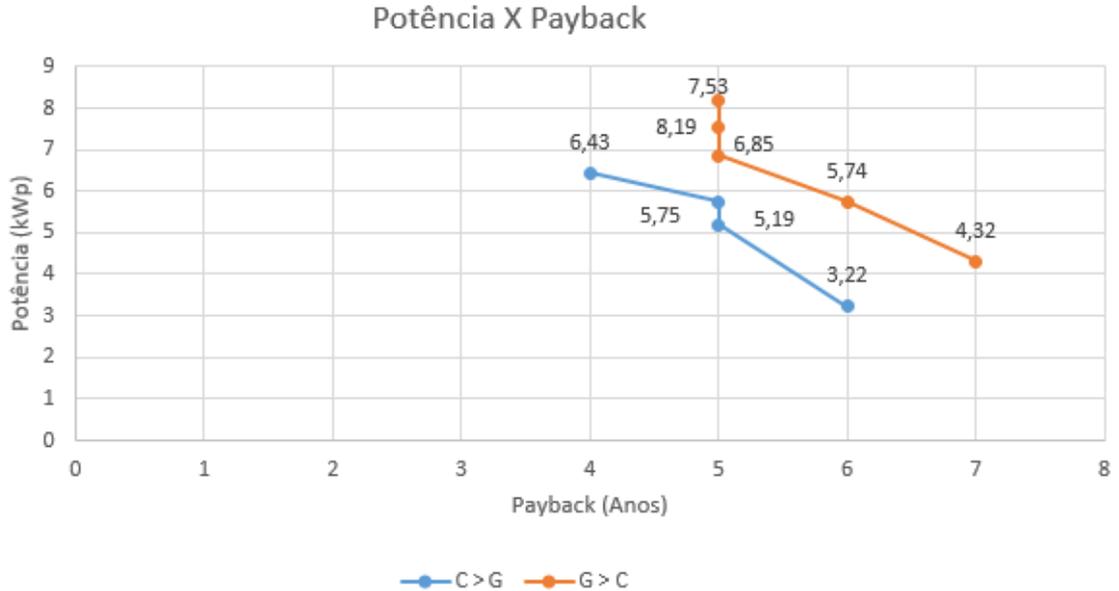


Figura 41: Potência vs Payback (projetos para consumidores bifásicos).
Fonte: O próprio Autor.

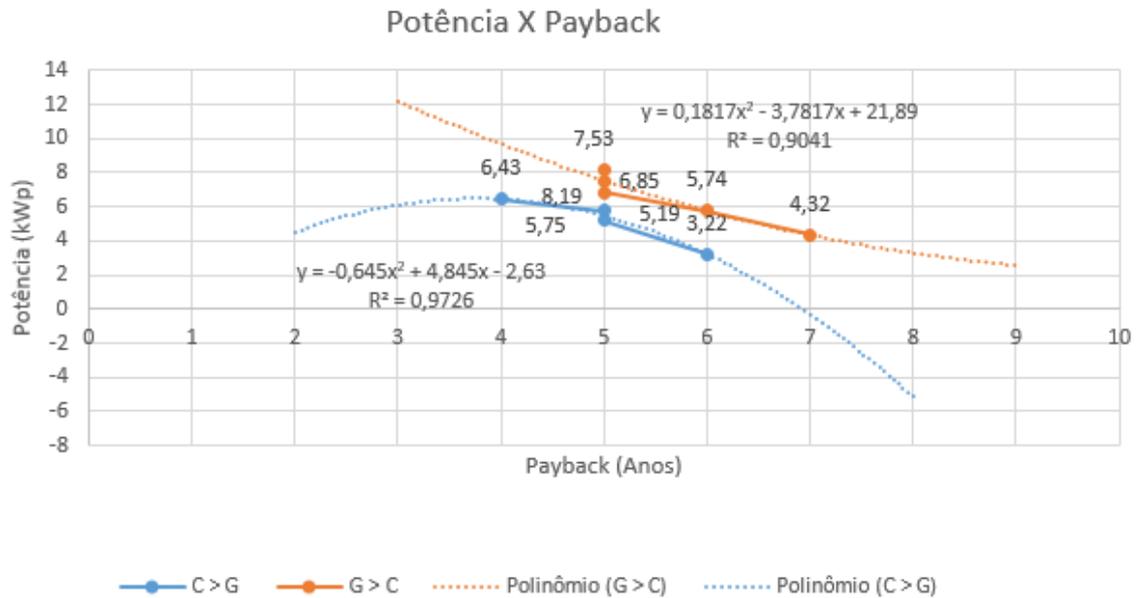


Figura 42: Linha de tendência polinomial (projetos para consumidores monofásicos).
Fonte: O próprio Autor.

As equações para os dois casos são:

- Consumo maior que a geração: $y = -0,645x^2 + 4,845x - 2,63$

- Geração maior que o consumo: $y = 0,1817x^2 - 3,7817x + 21,89$

Onde a variável y é o eixo vertical do gráfico (Potência) e a variável x é o eixo horizontal do gráfico (Payback).

Assumiu-se um payback de dois anos para estimar uma potência ótima que vale o investimento para os dois tipos de projetos.

- Consumo maior que geração:

Payback = 2 anos

$$y = -0,645 \times 2^2 + 4,845 \times 2 - 2,63 = 4,49 \text{ [kWp]}$$

- Geração maior que consumo:

Payback = 2 anos

$$y = 0,1817 \times 2^2 - 3,7817 \times 2 + 21,89 = 15,05 \text{ [kWp]}$$

Sendo assim, a potência exata para se obter um retorno financeiro de dois anos para os casos de consumo maior que geração e geração maior que consumo são 4,49 [kWp] e 15,05 [kWp], respectivamente. Estes valores encontrados apresentam uma razoável diferença, o que deixa claro que projetos que consumem mais do que geram necessitam de menor potência instalada para se ter um ótimo retorno financeiro se comparados com a situação que se gera

mais do que se consome. Aqui observa-se também a influência do valor do custo de disponibilidade nos resultados, algo que não foi encontrado para os consumidores com ligações monofásicas, que apresentam um pequeno valor de custo de disponibilidade.

- TRIFÁSICAS

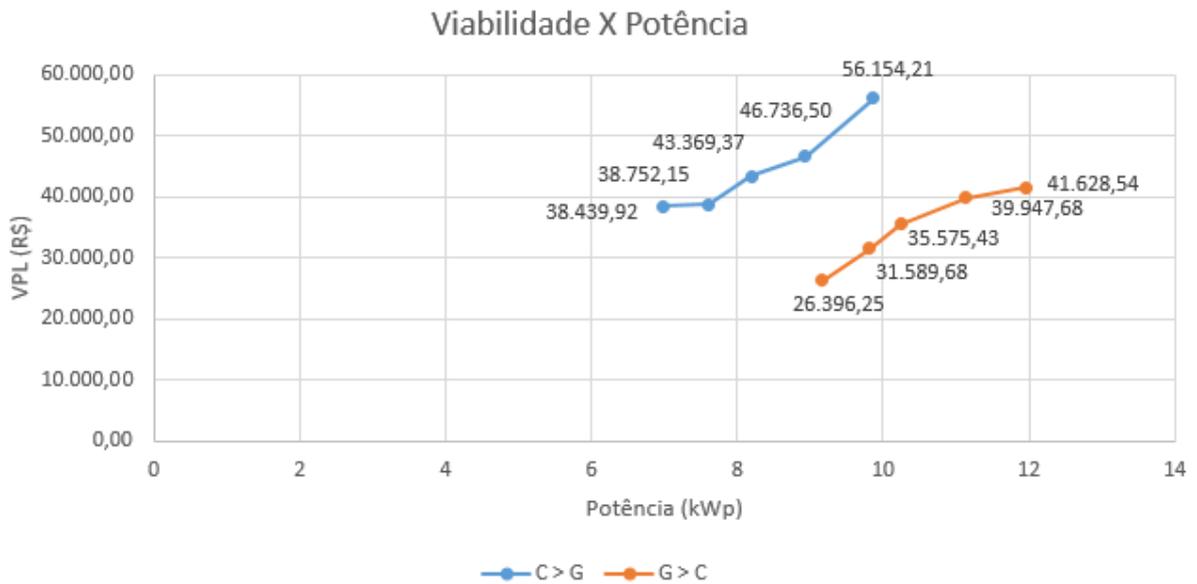


Figura 43: Viabilidade vs Potência (projetos para consumidores trifásicos)
 Fonte: O próprio Autor.

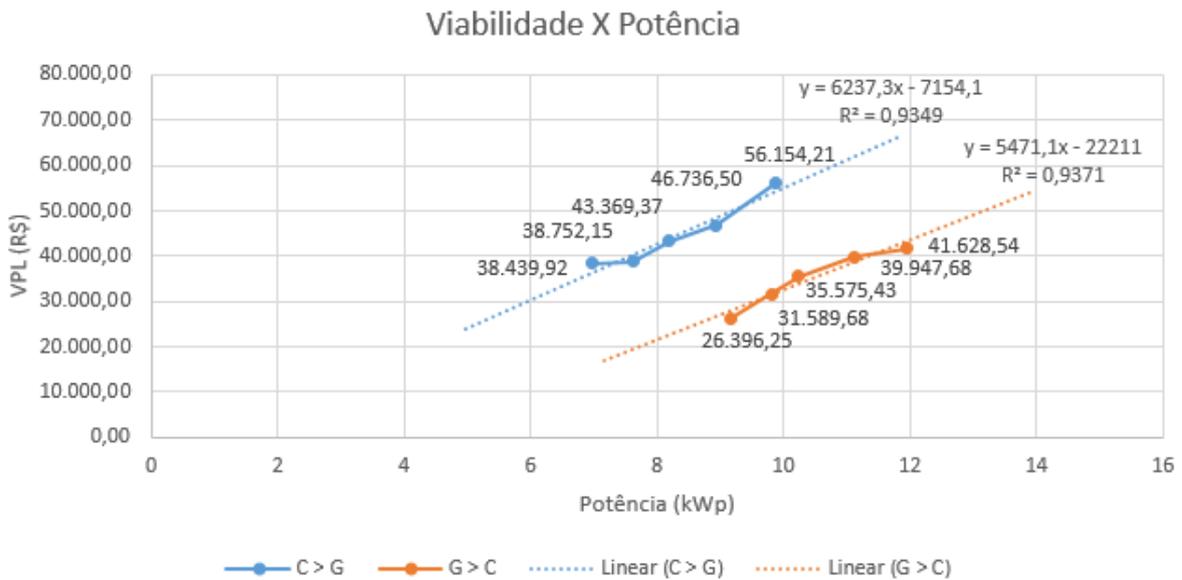


Figura 44: Linha de tendência linear (projetos para consumidores trifásicos)
 Fonte: O próprio Autor.

O valor de do coeficiente de correlação da Figura 44 foi de $R^2= 0,9349$ para consumo maior que geração e de $R^2=0,9371$ para geração maior que o consumo, que está dentro do aceitável de acordo com os estudos realizados. O valor das variáveis cresceram em relação as variáveis anteriores, ou seja, existe uma correlação positiva.

As equações da reta para os dois casos são:

- Consumo maior que a geração: $y = 6237,3x - 7154,1$

- Geração maior que o consumo: $y = 5471,1x - 22211$

Onde a variável y é o eixo vertical do gráfico (VPL) e a variável x é o eixo horizontal do gráfico (Potência).

Considerando um mesmo aumento de potência indicado na Figura 44, o VPL aumenta em torno de 6,23% para a situação que o consumo é maior que a geração. Para a situação que a geração é maior que o consumo, o aumento de VPL é próximo de 5,3%.

Para que seja possível verificar numericamente o que foi afirmado, estimou-se dois valores de potência:

- Consumo maior que geração:

$P1 = 10,5 \text{ kWh.}$

$$y = 6237,3 \times 10,5 - 7154,1 = R\$ 58.328,55$$

$P2 = 11,5 \text{ kWp}$

$$y = 6237,3 \times 11,5 - 7154,1 = R\$ 64.574,85$$

- Geração maior que consumo:

$P1 = 10,5 \text{ kWp}$

$$y = 5471,1 \times 10,5 - 22211 = R\$ 35.235,55$$

$P2 = 11,5 \text{ kWp}$

$$y = 5471,1 \times 11,5 - 22211 = R\$ 40.706,65$$

Os resultados apresentados por estas duas estimativas demonstram que os investimentos para as situações que o consumo é maior que a geração tendem a ser mais atrativos que a situação com geração maior que o consumo para a mesma potência considerada.

Serão apresentados a seguir gráficos que relacionam o payback com a potência, juntamente com suas linhas de tendência. As linhas de tendência foram inseridas selecionando a opção linear, pois foi o tipo de função que teve o seu coeficiente de correlação sendo o mais aceitável. É importante enfatizar que as potências dos consumidores trifásicos foram estimadas e não se tratam de valores reais, devido a

quantidade pequena de consumidores trifásicos residenciais inseridos nos sistemas de distribuição de energia elétrica. Provavelmente se fosse possível utilizar dados reais, talvez a linha de tendência do tipo logarítmica, utilizada para consumidores monofásicos e bifásicos, também poderia ser a mais apropriada para os consumidores trifásicos (ou até mesmo um outro tipo de linha de tendência).

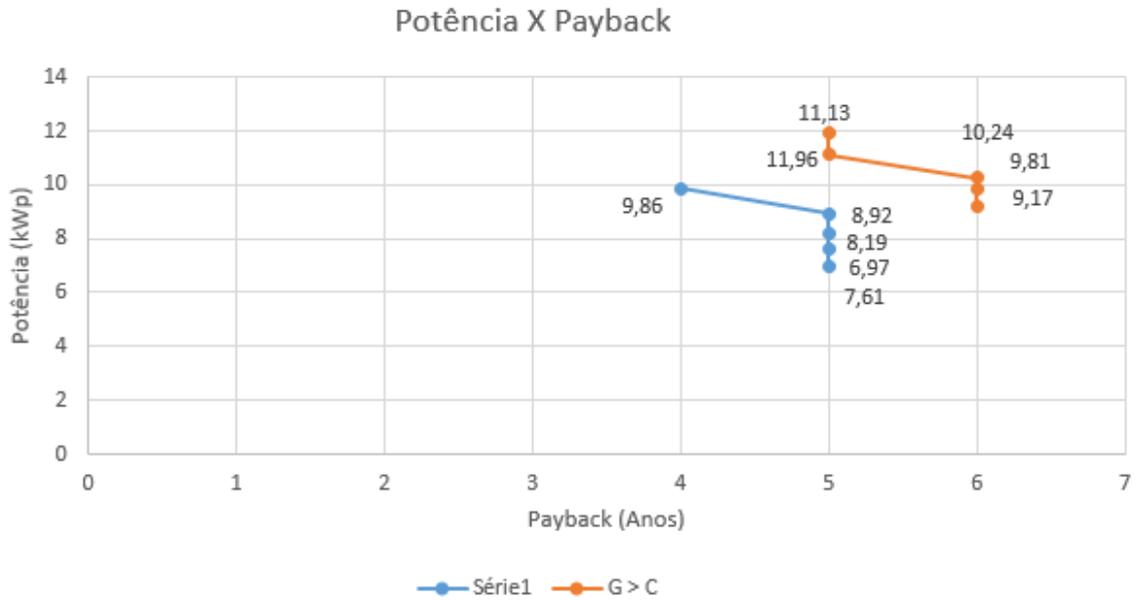


Figura 45: Potência vs Payback (projetos para consumidores trifásicos).
 Fonte: O próprio Autor.

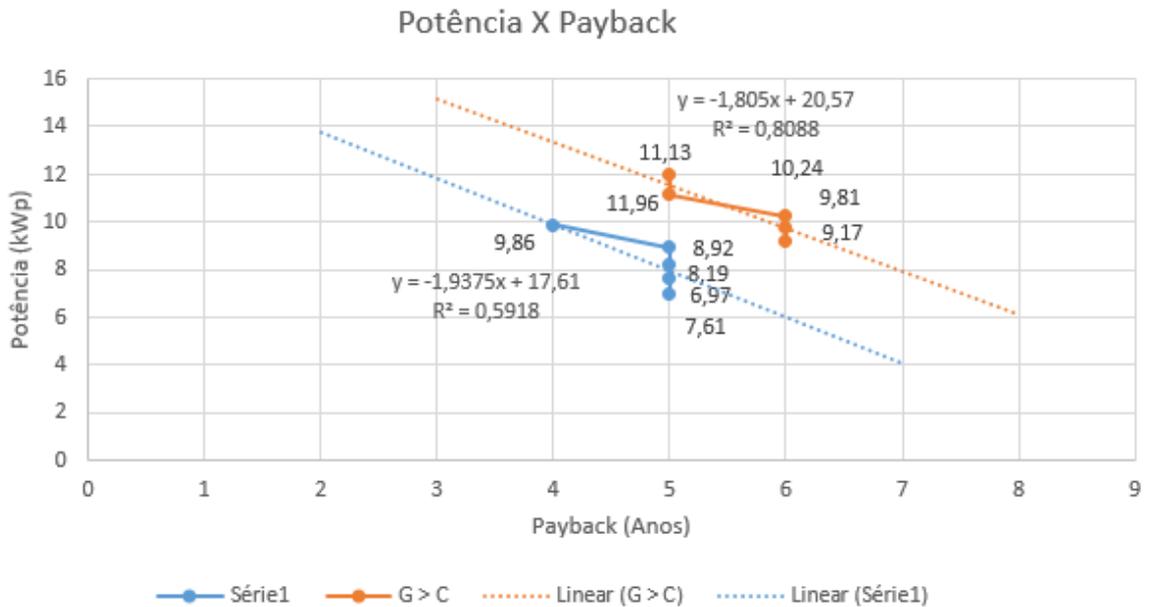


Figura 46: Linha de tendência linear (projetos para consumidores monofásicos).

Fonte: O próprio Autor.

As equações para os dois casos são:

- Consumo maior que a geração: $y = -1,9375x + 17,61$

- Geração maior que o consumo: $y = -1,805x + 20,57$

Onde a variável y é o eixo vertical do gráfico (Potência) e a variável x é o eixo horizontal do gráfico (Payback).

Assumiu-se um payback de dois anos para realizar a estimativa de uma potência ótima que vale o investimento para os dois tipos de projetos.

- Consumo maior que geração:

Payback = 2 anos

$$y = -1,9375 \times 2 + 17,61 = 13,73 \text{ [kWp]}$$

- Geração maior que consumo:

Payback = 2 anos

$$y = -1,805 \times 2 + 20,57 = 16,96 \text{ [kWp]}$$

Sendo assim, a potência exata para se obter um retorno financeiro de dois anos para os casos de consumo maior que geração e geração maior que consumo são 13,73 [kWp] e 16,96 [kWp], respectivamente. Estes valores encontrados apresentam uma razoável diferença, o que deixa claro que projetos que consomem mais do que geram necessitam de menor potência instalada para se ter um ótimo retorno financeiro se comparados com a situação que se gera mais do que se consome. Aqui observa-se também a influência do valor do custo de disponibilidade nos resultados, algo que não foi encontrado para os consumidores com ligações monofásicas, que apresentam um pequeno valor de custo de disponibilidade

Os gráficos plotados para todas as propriedades monofásicas, bifásicas e trifásicas mostram, que, se aumentado 2 períodos no gráfico, conseqüentemente a potência consumida aumenta significativamente, e conseqüentemente o retorno do investimento também. Pode-se observar também que o VPL para o caso do consumo maior que a geração é maior, o que prova mais um vez que é mais viável financeiramente realizar um projeto fotovoltaico consumindo mais do que gera dentro da faixa do custo de disponibilidade.

6. CONCLUSÃO

A partir da realização dos projetos fotovoltaicos nesse trabalho, foi possível concluir que quanto maior o consumo de energia elétrica em uma propriedade urbana, mais rápido é o retorno do capital investido, melhor é a taxa interna de retorno e o payback.

Pode-se concluir também que a possibilidade de descartar a existência de créditos, que é a situação que o consumo é maior que a geração estando dentro da faixa do custo de disponibilidade, é algo bem atrativo para o consumidor se comparado com a situação que a geração é maior que o consumo. Neste sentido, pode-se propor como trabalhos futuros analisar se a situação de geração maior que o consumo não seja apenas interessante para a situação de geração distribuída compartilhada.

Por fim, espera-se que esta monografia sirva de sugestão para profissionais que atuem com a instalação de placas solares. Em um mercado tão competido, um projeto mais barato é aquele que apresenta um menor investimento inicial e atrai mais consumidores/investidores. Assim, opção de consumir mais do que o valor gerado, estando dentro da faixa do custo de disponibilidade, pode ser uma boa alternativa quando existe concorrência de projetos entre profissionais que ofertam este tipo de serviço.

6.1 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, propõe-se questionar se de fato projetos que geram mais do que o valor consumido apenas podem ser benéficos para o consumidor se existir a utilização de geração distribuída compartilhada.

Outro ponto que pode ser abordado é a influência da implementação das propostas definidas pela Audiência Pública 01/2019 da ANEEL em todos os resultados apresentados por esta monografia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Perguntas e Respostas sobre aplicação da Resolução Normativa nº482/2012.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/FAQ+-V3_20170524/ab9ec474-7dfd-c98c-6753-267852784d86>. Acesso em: 18 de julho de 2019.

ANEEL. **Geração distribuída.** 2015. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/geracao-distribuida-ultrapassa-20-mil-conexoes/656877>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

ANEEL. **Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída.** Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/18485189/6+Modelo+de+AIR+-+SRD+-+Gera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida.pdf/769daa1c-51af-65e8-e4cf-24eba4f965c1>>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

ANEEL. **Sistema de compensação de energia elétrica.** Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=15056099&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=sistema-de-compensacao-de-energia-eletrica&inheritRedirect=true>. Acesso em: 29 de julho de 2019.

ANEEL. **Tarifa Branca.** Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em: 18 de maio de 2018. BRITO, M.C. 2006. **História da Energia Solar, como tudo começou.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-da-energia-solar-como-tudo-comecou.html>>. Acesso em: 21 de Maio de 2019.

BLUE SOL, 2017. **Célula Fotovoltaica: O guia técnico absolutamente completo.** Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/celula-fotovoltaica-guia-completo/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2019.

CALILI, R.F. **Estudo da tarifa branca para classe residencial pela medição de consumo de energia e de pesquisas de posse de hábitos.** XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 2014. Salvador-Bahia.

CAMARGO, I. M. T. **Comparação de custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2006. Brasília-Distrito Federal.

CAVALCANTI, 2019. **Criação de gráficos com linhas de tendência estatística.** Disponível em: < <http://www.cavalcanteassociados.com.br/article.php?id=442>>. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

CERQUEIRA, G. A. et al. **A Crise Hídrica e suas Consequências.** Brasília: Núcleo de Estudos

e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em: 06 de agosto de 2019.

CPFL ENERGIA. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeira-tarifaria/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 04 de setembro de 2019.

CRESESB. **Potencial Solar - SunData**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

EPE, 2019. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 04 de Setembro de 2019.

EXAME. **Como o aquecimento global pode mudar nossa economia**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/como-o-aquecimento-global-pode-mudar-nossa-economia/>>. Acesso em: 06 de Agosto de 2019.

FIGUEIRA, Fabio Fernandes. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para Alimentar a Sala de Computação da Escola Municipal Tenente Antônio João**. Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, 2014.

GAZOLI, Jonas Rafael. **Sistemas isolados conectados a rede**. 2012. 1ª Ed. – Editora Ética Ltda. São Paulo-Sp.

G1. **Aneel anuncia bandeira vermelha e taxa extra de R\$ 3,50 nas contas de luz em outubro**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/aneel-anunciabandeira-vermelha-e-taxa-extra-de-r-350-nas-contas-de-luz-em-outubro.ghtml>>. Acesso em: 18 de Maio de 2019.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 8ª edição. São Paulo: Harbra, 2002.

GUERRA, F. **Matemática Financeira através da HP12C**. 3ª edição. Florianópolis: UFSC, 2006.

INMETRO. **Proposta de Regulamento Técnico Metrológico que estabelece os requisitos técnicos que devem ser atendidos pelos medidores eletrônicos de energia elétrica.** 2011. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001738.pdf>> . Acesso em: 17 de outubro de 2019.

INPE. **Atlas Brasileiro de Energia Solar ganha nova edição após dez anos.** Disponível em: <<http://www.inpe.br/informativo/08/nota03>>. Acesso em: 21 de maio 2019.

LEITE, A.D. **Considerações sobre Energia Elétrica no Brasil.** Texto de Discussão do Setor Elétrico, nº30, Rio de Janeiro, Brasil 2011. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/14_TDSE30ok.pdf>. Acesso: 18 de maio 2019.

LIMBERGER, M.A.C. **Estudo da tarifa branca para classe residencial pela medição de consumo de energia e de pesquisas de posse de hábitos.** XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 2014. Salvador-Bahia.

MARTINS, F.C. **Análise de Viabilidade Econômica e Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede: Estudo de Caso.** Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Formiga – Formiga, Minas Gerais, 2016.

MELO, N. R. **Dimensionamento e simulação de uma micro-rede em um condomínio residencial utilizando geração eólica e solar.** 2016. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG. Formiga, 2016

MINHA CASA SOLAR. **Painel Solar de 330Wp Canadian Solar - CS6U-330P.** Disponível em: < <https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-330w-canadian-solar-cs6u-330p-79230>>. Acesso em 13 de março de 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015. Brasil lança programa de geração distribuída com destaque para energia solar. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-

distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030> . Acesso em: 16 de outubro de 2019.

MIRANDA, A. B. C. M. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. Projeto de Graduação–UFRJ/Escola Politécnica/Curso de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

NASCIMENTO, C.A. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. 2004. Monografia (Pós-Graduação em Fontes alternativas de energia). Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras, 2004.

NEOSOLAR. **Painel Solar de 275Wp Sinosola – SA275-60P**. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-sinosola-sa275-60p-275wp>>. Acesso em 13 de março de 2019.

NUNES, Otacilio José de Macêdo. **Estudo da viabilidade da eletrificação alternativa de uma unidade de consumo residencial de Fortaleza-CE a partir de um sistema fotovoltaico**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual do Ceará.

OFFICE, 2019. **Escolher a melhor linha de tendência para seus dados**. Disponível em: <<https://support.office.com/pt-br/article/escolher-a-melhor-linha-de-tend%C3%Aancia-para-seus-dados-1bb3c9e7-0280-45b5-9ab0-d0c93161daa8>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

OLIVEIRA, M.A.G. **Comparação de custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2006. Brasília-Distrito Federal.

O ECONOMISTA. **Crise hídrica afeta distribuição de água e energia elétrica no país**. Disponível em: <<https://www.oeconomista.com.br/crise-hidrica-afetadistribuiacao-de-agua-e-energia-eletrica-no-pais/>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

PEREIRA, R. 2013. **Orçado em R\$16 bilhões, custo da Usina de Belo Monte já supera os R\$30 bilhões**. Disponível em <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,orcado-em-r-16-bilhoes-custo-da-usina-de-belo-monte-ja-supera-os-r-30-bilhoes,153398e>>. Acesso em: 16

de outubro de 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia solar fotovoltaica.** Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br>>. Acesso em: 21 de maio 2019.

RUY, F. 2018. **Efeito Fotoelétrico e Efeito Fotovoltaico: Entenda qual é a geração de energia elétrica para seu imóvel.** Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

SHAYANI, R.A. **Comparação de custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2006. Brasília-Distrito Federal.

SILVA, J.A. 2006. **História da Energia Solar, como tudo começou.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-da-energia-solar-como-tudo-comecou.html>>. Acesso em: 21 de Maio de 2019.

SILVA, T. 2019. **Tudo sobre energia solar, tipos de sistemas on grid, off grid e híbrido.** Disponível em: < <https://blog.silvatronics.com.br/tudo-sobre-energia-solar/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

SIQUEIRA, L.M. **Estudo do dimensionamento e da viabilidade econômica de microgerador solar fotovoltaico conectado à rede elétrica.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora.

SOUZA, R.C. **Estudo da tarifa branca para classe residencial pela medição de consumo de energia e de pesquisas de posse de hábitos.** XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 2014. Salvador-Bahia.

SOLIS ENERGIA, 2019. **Como funciona o medidor bidirecional da energia solar?.** Disponível em: < <https://solisenergia.com.br/como-funciona-o-medidor-bidirecional-da-energia-solar/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2019.

TURELLA, R. **As bandeiras tarifárias atualizado 2018**. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/bandeiras-tarifarias-2018/>>. />. Acesso em: 18 de maio de 2019.

VILLALVA, Marcelo Gadelha. **Sistemas isolados conectados a rede**. 2012. 1ª Ed. – Editora Ética Ltda. São Paulo-Sp.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. [S.l.]: São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.