UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO

FILIPE CABRAL DE QUEIROZ

LEVANTAMENTO JURÍDICO E TÉCNICO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE CONDOMÍNIOS SOLARES

VITÓRIA
2020

FILIPE CABRAL DE QUEIROZ

LEVANTAMENTO JURÍDICO E TÉCNICO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE CONDOMÍNIOS SOLARES

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Filipe Cabral de Queiroz**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos
Coorientadora: Profa. Dra. Jussara Farias Fardin

VITÓRIA
2020

FILIPE CABRAL DE QUEIROZ

LEVANTAMENTO JURÍDICO E TÉCNICO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE CONDOMÍNIOS SOLARES

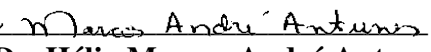
Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Filipe Cabral de Queiroz**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovada em 03 de dezembro de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Profa. Dra. Jussara Farias Fardin
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora



Prof. Dr. Hélio Marcos André Antunes
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Prof. Dr. Augusto César Rueda Medina
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

RESUMO

Devido ao processo exponencial de industrialização ocorrido no mundo atualmente, há uma preocupação latente na exploração dos recursos naturais não-renováveis do planeta. Em relação às fontes de energia, por exemplo, além da característica esgotável dos combustíveis fósseis, há que se ter também um cuidado especial para os diversos impactos na natureza, batalhando para possibilitar balancear o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental. Diante disso, a diversificação da matriz energética tornou-se um tema frequente nos fóruns mundiais, e os governos tem discutido cada vez mais a amplitude de estímulos que se faz necessário para democratizar e descentralizar a energia limpa. Dessa forma, no presente trabalho, estuda-se sobre a energia solar fotovoltaica, apresenta-se a importância dela no Brasil e a disseminação dessa fonte no mundo. Inicialmente, foi feito um levantamento jurídico dos incentivos governamentais e marcos regulatórios nacionais, comparando-os com os internacionais, focando, especificamente, na possibilidade de criação de condomínios solares, que tem em sua essência o objetivo de reduzir o custo desse tipo de geração, visto que o investimento é feito em maior escala e de forma coletiva. Para o embasamento técnico, pesquisou-se os fatores que alteram a eficiência da usina fotovoltaica. Por fim, foi verificada a viabilidade econômica do investimento na geração compartilhada proposta, bem como foram mostradas as principais premissas influenciadoras no modelo de negócio, por meio de uma análise de sensibilidade contrastando os indicadores financeiros.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. Energia distribuída. Energia renovável. Análise de investimento.

ABSTRACT

Due to the exponential process of industrialization that occurs in the world today, there is a latent concern in the exploration of the planet's non-renewable natural resources. On energy sources, for example, beyond the exhaustible characteristics of fossil fuels, special care must be taken to address the various impacts on nature, fighting to make it possible to balance economic development and environmental sustainability. Nonetheless, the diversification of the world energy matrix has become a frequent theme in international forums, bringing governments to increasingly discuss the range of stimuli necessary to democratize and decentralize clean energy. Thus, this work studied photovoltaic solar energy, and it presents its importance in country of Brazil, and the world dissemination of this kind of source. Initially, a legal survey of government incentives and national regulatory frameworks compared to international ones was made, focusing, specifically, on the possibility of creating solar condominiums, which essentially aims to reduce the cost of this type of generation, since the investment is done on a larger scale and collectively. For the technical basis, the issues which interfere in the efficiency of the photovoltaic plant were researched. Finally, the economic viability of the investment in the proposed shared generation was verified, as well as the main influencing premises in the business model, through a sensitivity analysis contrasting the financial indicators.

Palavras-chave: Photovoltaic solar energy. Distributed energy. Renewable energy. Investment analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Média anual da radiação global incidente no plano horizontal no (a) Brasil e na (b) Alemanha 22
Figura 2 – Enquadramento de modalidade no projeto solar FV 27
Figura 3 – Burocracia brasileira em números 34
Figura 4 – Formulário de solicitação de acesso para minigeração distribuída 35
Figura 5 – Oito passos para acessar a rede de distribuição 36
Figura 6 – Funcionamento do painel solar 39
Figura 7 – Composição do painel fotovoltaico 40
Figura 8 – Eficiência energética: sistema de energia FV (módulos) com selo INMETRO 42
Figura 9 – Comparativo entre os principais tipos de painéis solares 44
Figura 10 – Variação da radiação solar média em plano horizontal devido condições climáticas para (a) dia claro, (b) dia com nuvens no período da tarde, (c) dia com muitas nuvens e (d) dia nublado 46
Figura 11 – Sistemas de limpeza de painéis FV 47
Figura 12 – Curvas características (corrente-tensão) de influência da (a) radiação e da (b) temperatura 48
Figura 13 – Curvas características (potência-tensão) de influência da (a) radiação e da (b) temperatura 48
Figura 14 – Curva de determinação de parâmetros feita nas condições padrões de teste 49
Figura 15 – Posicionamento do sol ao longo do ano no hemisfério norte e sul 50
Figura 16 – Ângulos caraterísticos da radiação solar 51
Figura 17 – Eixos do mecanismo de rastreamento solar de (a) 1 eixo e (b) 2 eixos 52
Figura 18 – Bandeiras tarifárias da energia elétrica 58
Figura 19 – Exemplo prático da incidência dos tributos na fatura de energia elétrica 65
Figura 20 – Alíquotas de imposto: lucro real x lucro presumido 66
Figura 21 – Premissas utilizadas para análise de resultado principal 70
Figura 22 – Resultados e indicadores principais 71
Figura 23 – Análise de sensibilidade quanto às regiões 75
Figura 24 – Análise de sensibilidade quanto às classes de consumo 76
Figura 25 – Análise de sensibilidade quanto ao terreno 77
Figura 26 – Análise de sensibilidade quanto à potência instalada 78
Figura 27 – Análise de sensibilidade quanto ao fator de carga e degradação da produção 79

Figura 28 – Análise de sensibilidade quanto à isenção de impostos 80
Figura 29 – Análise de sensibilidade quanto aos juros e à inflação 82
Figura 30 – Análise de sensibilidade quanto ao dólar 83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual líquido de energia renovável adicionado a capacidade de potência instalada na Matriz Elétrica Mundial 16
Gráfico 2 – Percentual de capacidade de potência instalada de energia elétrica renovável em 2018 17
Gráfico 3 – Percentual de potência instalada de energia elétrica renovável 18
Gráfico 4 – Adições anuais de capacidade de instalada de energia renovável por tecnologia 18
Gráfico 5 – Detalhamento da Matriz Energética Brasileira anos 2017/2018 19
Gráfico 6 – Evolução da potência instalada (MW) em microgeração e minigeração distribuída por tipo de fonte 20
Gráfico 7 – Projeção do crescimento da capacidade instalada e custos até 2050 23
Gráfico 8 – Aproveitamento médio de energia da célula fotovoltaica 41
Gráfico 9 – Produção dos painéis solares de silício cristalino por faixa de eficiência (Classe A – INMETRO) 45
Gráfico 10 – Proporção de projetos solares FV em leilão por estrutura suporte 53
Gráfico 11 – Preço de sistemas FV por faixa de capacidade instalada em kWp 54
Gráfico 12 – Eficiência das células FV (1975 – 2020) 55
Gráfico 13 – Custo declarado de módulos FV: projetos habilitados nos leilões (2016 a 2019) 55
Gráfico 14 – Evolução dos preços das fontes nos leilões 56
Gráfico 15 – Menores preços de projetos FV no mundo em 2018 56
Gráfico 16 – Preços dos painéis solares FV e capacidade mundial instalada (1975-2015) 57
Gráfico 17 – Lei de Swanson 58
Gráfico 18 – Histórico do fator de capacidade em leilões de projeto solar FV 61
Gráfico 19 – Lucro líquido 72
Gráfico 20 – Fluxo de caixa descontado 73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Países com maior capacidade FV instalada e acumulada em 2019 20
Quadro 2 – Geração de energia FV por países em 2018 21
Quadro 3 – Comparativo de mecanismos de incentivos mais utilizados por país 29
Quadro 4 – Classificações das células fotovoltaicas 40
Quadro 5 – Classificação por características dos principais tipos de painéis solares FV 43
Quadro 6 – Premissas técnicas e operacionais diretas 62
Quadro 7 – Premissas técnicas e operacionais indiretas 62
Quadro 8 – Premissas jurídicas e tributárias 66
Quadro 9 – Premissas financeiras 68
Quadro 10 – Linhas de financiamento para geração distribuída 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Potencial de geração fotovoltaica em residências por região..... 23
Tabela 2 – Potencial de geração fotovoltaica em residências por UF 24
Tabela 3 – Tarifa de energia (modalidade B1 residencial) por região..... 62
Tabela 4 – Tarifa de energia B1 (TE+TUSD) [R$/MWh]: classe de consumo e região (2019) 63
Tabela 5 – Premissas técnicas regionais - Parte 1 63
Tabela 6 – Premissas técnicas regionais - Parte 2 64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Social
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CIP	Contribuição de Iluminação Pública
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
COFINS	Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social
COPOM	Comitê de Política Monetária
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
DRE	Demonstrativo do Resultado do Exercício
EBTIDA	*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*
EE	Eficiência Energética
EMUC	Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FC	Fluxo de Caixa
FENANCON	Federação Nacional das Empresas de Serviços Contábeis e das Empresas de Assessoramento, Perícias, Informações e Pesquisas
FIT	*Feed-In-Tariff*
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
IBEAS	Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto Sobre Circulação De Mercadorias e Serviços

IEA	*International Energy Agency*
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IoT	*Internet of Things*
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IRENA	*International Renewable Energy Agency*
LAJIDA	Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização
LCOE	*Levelized Cost of Energy*
MM	Milhões
MME	Ministério de Minas e Energia
MPP	*Maximum Power Point*
NREL	*National Renewable Energy Laboratory*
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIS/PASEP	Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional
PROGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PURPA	*Public Utilities Regulatory Policy Act*
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RE	Recurso Extraordinário
REC	*Renewable Energy Credits*
REN	Resolução Normativa
REN21	*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*
ROI	*Return over Investment*
SAC	Sistema de amortização constante
SAM	*System Advisor Model*
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SIN	Sistema Interligado Nacional
STC	*Standard Testing Conditions*
STF	Supremo Tribunal Federal
TE	Tarifa de Energia

TIR	Taxa Interna de Retorno
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TR	Taxa Referencial
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UE	União Europeia
UF	Unidade Federativa
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	*Weighted Average Cost of Capital*

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
C	Celsius
GW	gigawatt
h	hora
kW	quilowatt
m	metro
MW	megawatt
V	Volt
W	Watt

SUMÁRIO

1 IMPORTÂNCIA DA ENERGIA SOLAR PARA O BRASIL 16
1.1 Apresentação da Problemática 16
1.2 Objetivo Geral 26
1.3 Objetivos Específicos 26
1.4 Apresentação das Seções 26
2 LEVANTAMENTO JURÍDICO 27
2.1 Mecanismos de Incentivo 28
2.2 Marcos Regulatórios no Brasil e no Mundo 30
2.2.1 Brasil 30
2.2.2 China 32
2.2.3 EUA 32
2.2.4 Alemanha 33
2.2.5 Índia 33
2.2.6 Japão 33
2.3 Burocracia de Acesso à Rede de Distribuição no Brasil 34
2.4 Comentários Sobre o Levantamento Jurídico 37
3 LEVANTAMENTO TÉCNICO 38
3.1 Histórico da Energia Solar e o Efeito FV 38
3.2 Condições Técnicas de Teste de Eficiência 41
3.3 Fatores Influenciadores na Eficiência do Sistema FV 43
3.3.1 Tipos de Painéis 43
3.3.2 Clima e Sombreamento 45
3.3.3 Irradiância e Temperatura 47
3.3.4 Orientação e Inclinação 49
3.4 Comentários Sobre o Levantamento Técnico 53
4 ANÁLISE ECONÔMICA 54
4.1 Ponderações do Modelo de Negócio 59
4.2 Premissas 60

4.2.1 Premissas Gerais, Técnicas e Operacionais 60
4.2.2 Premissas Jurídicas e Tributárias 64
4.2.3 Premissas Financeiras 67
4.3 Resultados 70
4.4 Análise de Sensibilidade 73
4.4.1 Das Premissas Gerais 73
4.4.1.1 Região 75
4.4.1.2 Classes de consumo 76
4.4.1.3 Terreno 77
4.4.2 Das Premissas Técnicas e Operacionais 78
4.4.2.1 Potência média 78
4.4.2.2 Fator de carga e capacidade e degradação da produção de energia 79
4.4.3 Das Premissas Jurídicas e Tributárias 80
4.4.4 Das Premissas Financeiras 81
4.4.4.1 Juros do financiamento e inflação da tarifa 82
4.4.4.2 Dólar 83
4.5 Comentários Sobre a Análise Econômica 83
5 CONCLUSÕES 84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85
APÊNDICE A – MODELAGEM: INVESTIMENTO, RECEITA E CUSTO 93
APÊNDICE B – MODELAGEM: DRE E FLUXO DE CAIXA LIVRE 94

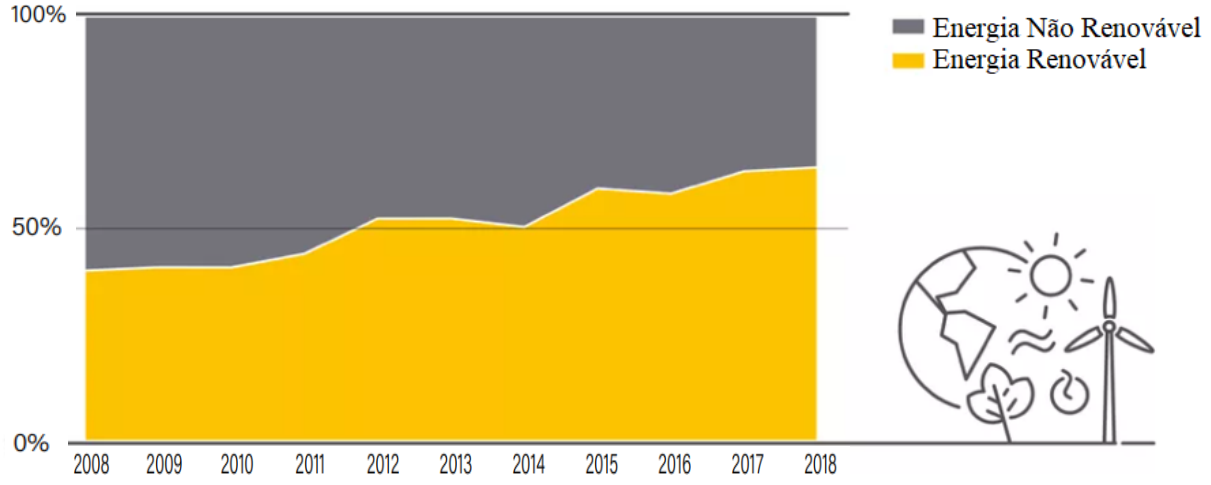
1 IMPORTÂNCIA DA ENERGIA SOLAR PARA O BRASIL

1.1 Apresentação da Problemática

As crises energéticas que o mundo tem enfrentado atualmente, devido ao ritmo acelerado de crescimento proporcionado pela industrialização, além da preocupação constante com a finitude do petróleo e seu efeito poluidor, fez com que nas últimas décadas se desenvolvesse e aprimorasse a geração por diversas fontes renováveis de energia, menos nocivas ao meio ambiente.

Como se pode observar no Gráfico 1, nos últimos dez anos, a energia renovável passou a ser a principal fonte adicionada, ano a ano, à capacidade de potência instalada na matriz elétrica mundial.

Gráfico 1 – Percentual líquido de energia renovável adicionado a capacidade de potência instalada na Matriz Elétrica Mundial

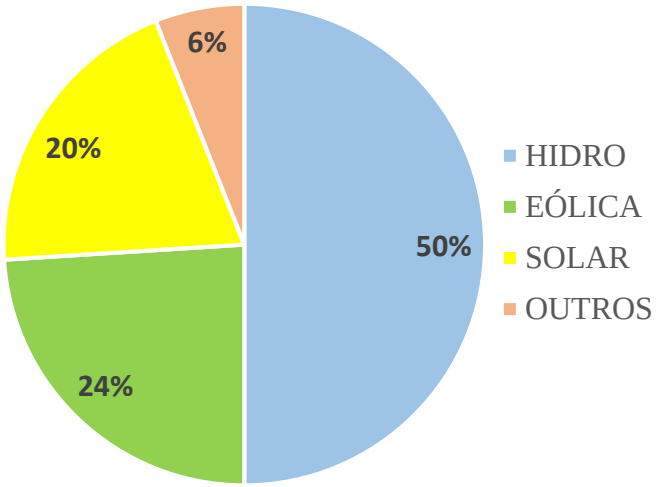


Fonte: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2019).
Nota: Traduzido pelo autor.

Mesmo com todo o investimento e foco nas fontes de energia renováveis ao redor do mundo, o acumulado instalado ainda está longe do potencial e, por isso, é considerado insatisfatório a cada Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, ou Cúpula da Terra, a saber, RIO92, RIO+10 e RIO+20.

De acordo com a *International Renewable Energy Agency* (2019), até o ano de 2018, a capacidade de geração renovável no mundo (hidroelétrica, eólica, solar, bioenergia, geotérmica e maremotriz) era de 2351 GW, dividida conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Percentual de capacidade de potência instalada de energia elétrica renovável em 2018

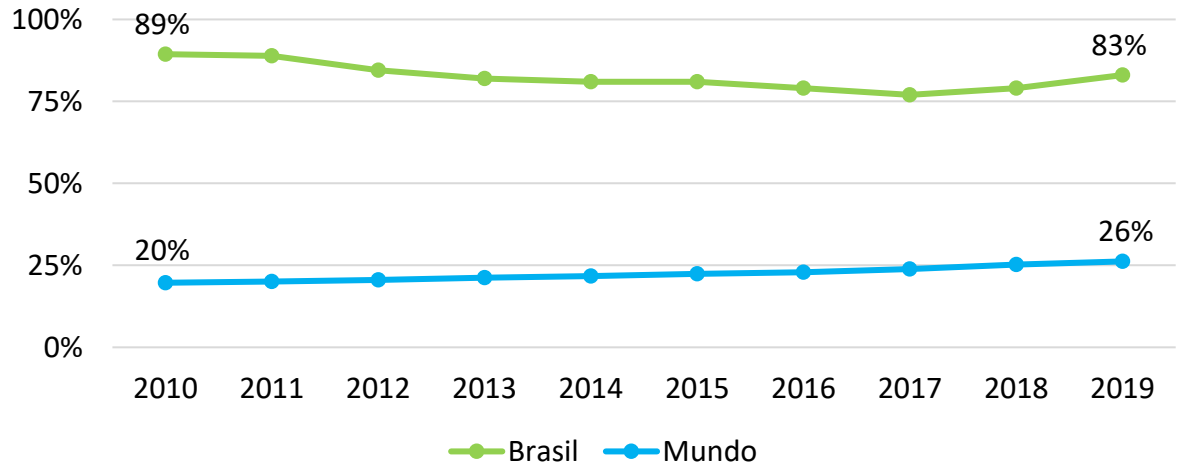


Fonte: International Renewable Energy Agency (2019).
Nota: Adaptado pelo autor.

O Brasil, que possui abundantes recursos hídricos, historicamente utilizou a maior parte de energia proveniente de hidroelétrica, que é uma das mais baratas. Entretanto, com grandes estiagens e falha de planejamento, houve uma demanda maior de termoelétricas. Isso fez com que o país adotasse uma estratégia que vai na contramão do resto do planeta (FORBES, 2019). Enquanto a participação de energia renovável no mundo cresceu 6% na última década, no Brasil caiu 6%, como mostrado no Gráfico 3.

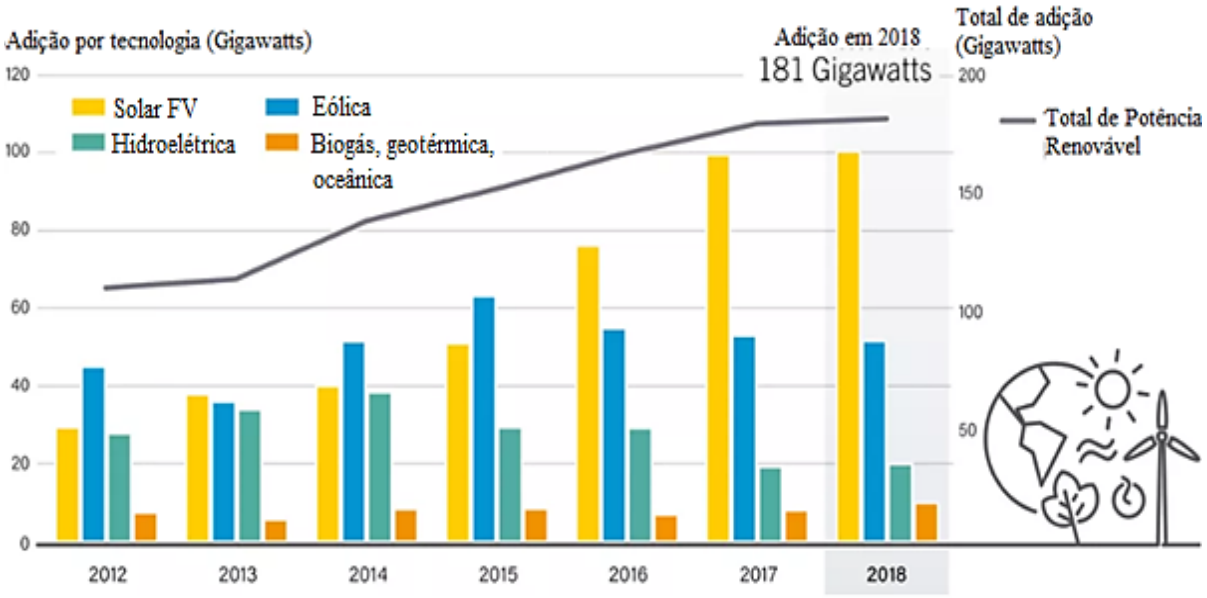
A partir de 2016, dentre as fontes renováveis, a que teve destaque no crescimento foi a solar fotovoltaica (FV), já que nos últimos anos teve uma adição de capacidade de potência instalada no mundo maior que o dobro da segunda colocada, que foi a eólica, como se pode observar no Gráfico 4.

Gráfico 3 – Percentual de potência instalada de energia elétrica renovável



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019a).
Nota: Adaptado pelo autor.

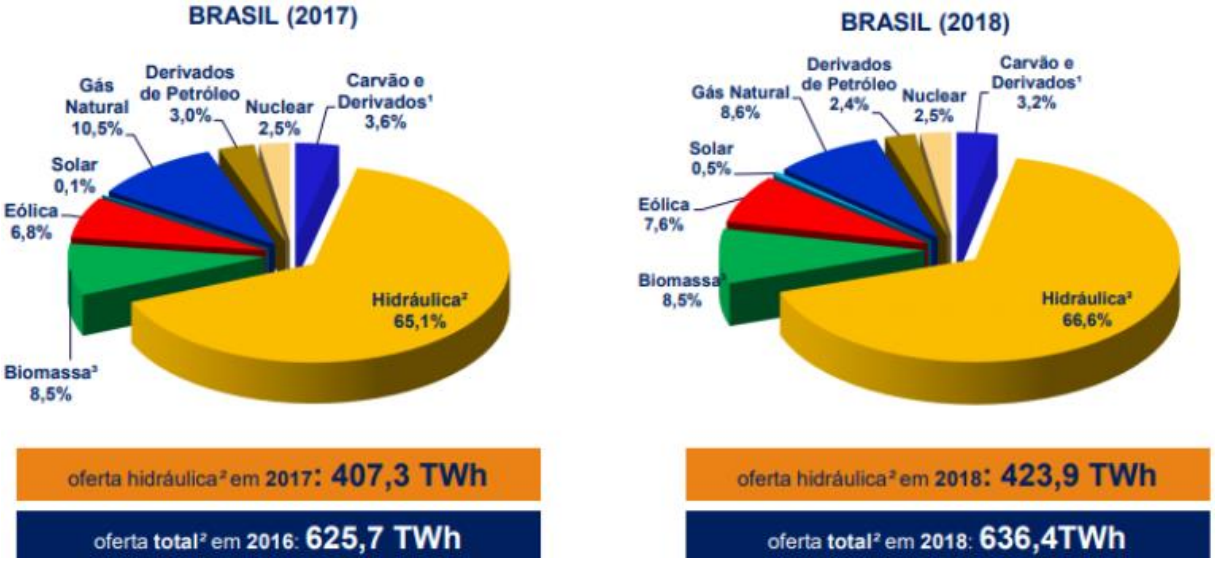
Gráfico 4 – Adições anuais de capacidade de instalada de energia renovável por tecnologia



Fonte: *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (2019).
Nota: Traduzido pelo autor.

No Brasil, se vista separadamente, a tecnologia de geração solar FV também apresenta uma evolução acentuada. A participação dessa matriz saiu de 0,1% em 2017 para 0,5% em 2018, representando um crescimento de, aproximadamente, 400% em um ano. Cabe observar que, frente às outras matrizes, apesar da participação ainda ser discreta, o crescimento é exponencial. A fatia da energia solar aumentou 5 vezes em um ano, de 0,1% para 0,5%, conforme mostra o detalhamento no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Detalhamento da Matriz Energética Brasileira anos 2017/2018

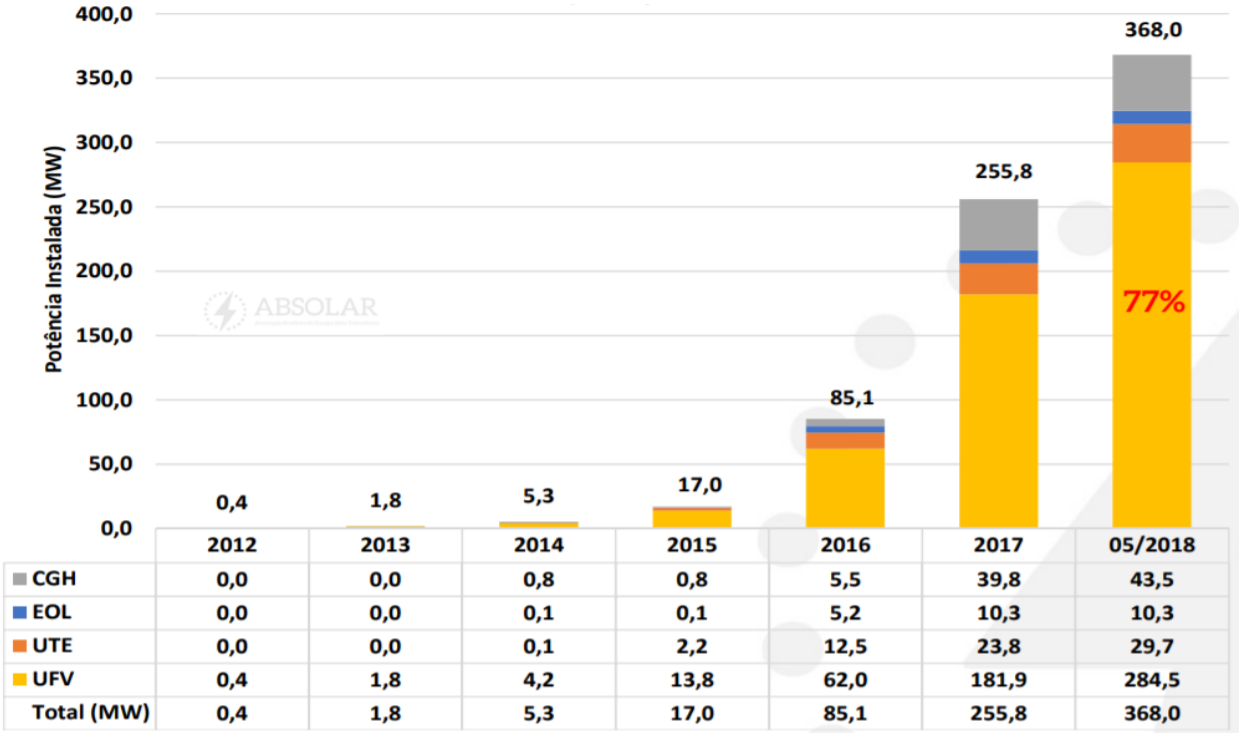


Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019a).
Notas: [1]Inclui gás de coqueria, gás de alto forno, gás de aciaria e alcatrão;
[2]Inclui importação;
[3]Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia, biodiesel e outras fontes primárias.

É importante ressaltar que a participação da microgeração e minigeração distribuída foi imprescindível para que ocorresse essa evolução no Brasil. Um estudo apresentado pela Associação Brasileira de Energia Solar FV (ABSOLAR) no Seminário Internacional de Micro e Minigeração Distribuída (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018) mostra que a matriz solar teve um crescimento exponencial no país, como se pode observar no Gráfico 6. Além disso, segundo um estudo da ABSOLAR, o segmento de microgeração solar poderá gerar 672 mil novos empregos no país até o ano de 2035 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2019).

A energia proveniente do sol representa uma parcela pequena da matriz energética global, mas as perspectivas em relação à exploração são as mais otimistas. Das energias verdes, que são aquelas que consomem recursos renováveis e causam impactos localizados, é uma das mais versáteis quanto à instalação (BRASIL, 2017). A cada ano o seu custo está reduzindo (BUSINESS INSIDER, 2018), e tem grande aproveitamento em até mesmo climas temperados, como os Estados Unidos da América (EUA) e a Alemanha, por exemplo. O Quadro 1 mostra a discrepância da China quando comparada com os demais países, e até mesmo com a União Europeia (UE) (que é composta por 28 países, incluindo o Reino Unido, que saiu em 2020).

Gráfico 6 – Evolução da potência instalada (MW) em microgeração e minigeração distribuída por tipo de fonte



	2012	2013	2014	2015	2016	2017	05/2018
CGH	0,0	0,0	0,8	0,8	5,5	39,8	43,5
EOL	0,0	0,0	0,1	0,1	5,2	10,3	10,3
UTE	0,0	0,0	0,1	2,2	12,5	23,8	29,7
UFV	0,4	1,8	4,2	13,8	62,0	181,9	284,5
Total (MW)	0,4	1,8	5,3	17,0	85,1	255,8	368,0

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2018).

Quadro 1 – Países com maior capacidade FV instalada e acumulada em 2019

Por capacidade instalada			**Por capacidade acumulada**		
Posição	**País**	**(GW)**	**Posição**	**País**	**(GW)**
1	China	30,1	1	China	204,7
(2)	UE	16,0	(2)	UE	131,7
2	EUA	13,3	2	EUA	75,9
3	Índia	9,9	3	Japão	63
4	Japão	7,0	4	Alemanha (UE)	49,2
5	Vietnã	4,8	5	Índia	42,8
6	Espanha (UE)	4,4	6	Itália (UE)	20,8
7	Alemanha (UE)	3,9	7	Austrália	14,6
8	Austrália	3,7	8	Reino Unido (UE)	13,3
9	Ucrânia	3,5	9	Coréia	11,2
10	Coréia	3,1	10	França (UE)	9,9
12	**Brasil**	**2,1**	**16**	**Brasil**	**4,5**

Fonte: *International Energy Agency* (2020).
Nota: Adaptado pelo autor.

Pode-se explorar a energia solar de duas formas distintas: a FV, que é a conversão direta da luz em eletricidade; e a heliotérmica, que é uma forma de geração termelétrica, na qual um fluido é aquecido a partir da energia solar para produzir vapor, que movimenta as turbinas, gerando energia elétrica. Dessas duas tecnologias a primeira representa 98% da capacidade instalada entre as duas fontes (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017).

Inicialmente, a FV começou a ser usada em aplicações espaciais. Na década de 1970, devido à crise do petróleo, passou a ser economicamente viável em áreas isoladas, sendo utilizada desconectada da rede (*off-grid*), com bancos de bateria. No começo do século XXI, alguns países fizeram programas de incentivo à geração conectada à rede. Hoje em dia, a geração distribuída FV apresenta crescimento exponencial, e a centralizada FV teve expansão tão rápida que, no Chile, por exemplo, em alguns períodos gera-se mais energia que a demanda, e como não há armazenamento, o consumidor usufrui gratuitamente (EXAME, 2017).

No Quadro 2, mostra-se os 10 países com maior geração de energia solar em 2018. É interessante notar a ausência do Brasil na mesma. Com condições favoráveis de vastidão territorial e beneficiado por estar próximo à linha do Equador, que faz com que haja pouca variação da incidência solar, o país não se destaca nesse tipo de geração e, mesmo entre os da América Latina, ocupa apenas o segundo lugar (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020).

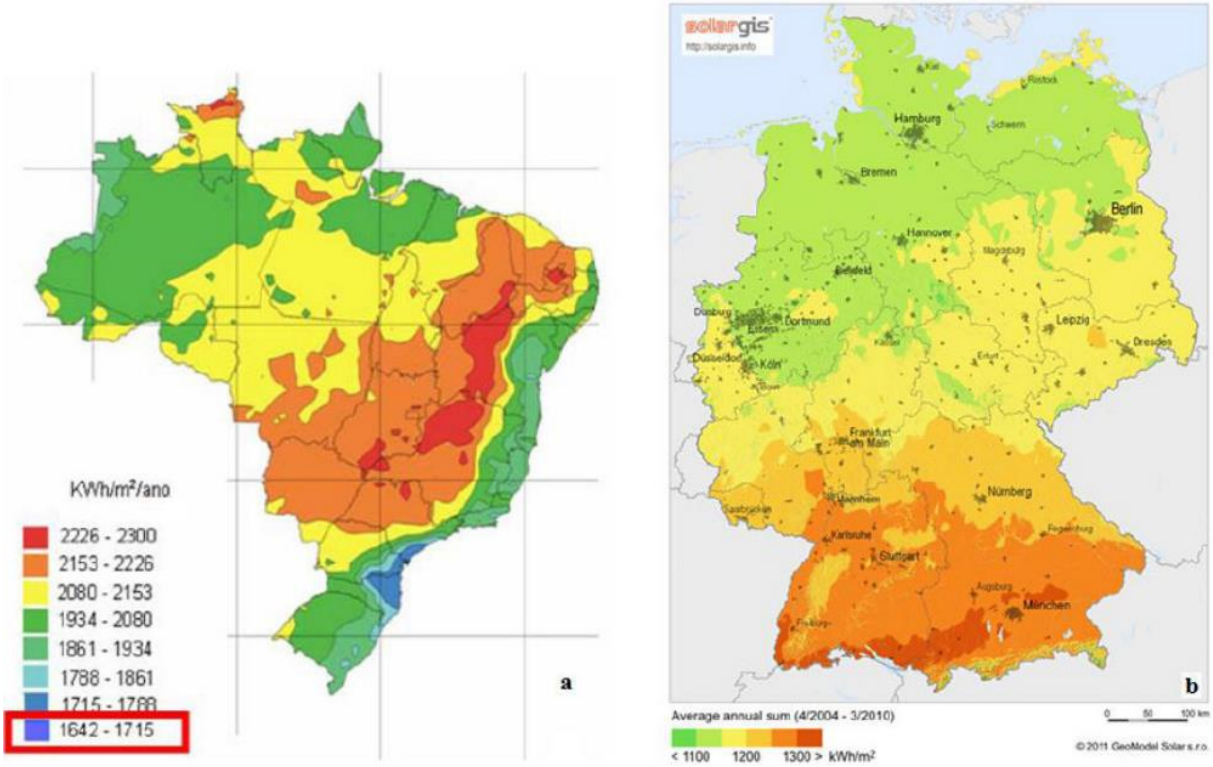
Quadro 2 – Geração de energia FV por países em 2018

Posição	**País**	**Eletricidade gerada (GWh)**
1	China	178
2	EUA	81
3	Japão	63
4	Alemanha	46
5	Índia	31
6	Itália	23
7	Reino Unido	13
8	França	11
9	Austrália	10
10	Coréia	9

Fonte: *International Renewable Energy Agency* (2020).

A Alemanha, como mostrado no Quadro 1, é o 4º país na lista de capacidade FV instalada, sendo que possui em sua região mais ensolarada cerca de 80% da irradiação da região brasileira menos ensolarada (INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 2013), como visto no comparativo da Figura 1.

Figura 1 – Média anual da irradiação global incidente no plano horizontal no (a) Brasil e na (b) Alemanha



(a) (b)

Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (2013).

Para se ter uma dimensão do potencial da energia solar no Brasil, analisando o estudo da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014a) na Tabela 1, observa-se que a região Sul, com menor potencial FV, tem a capacidade de atender 230% da demanda residencial apenas com a energia FV. E, na Tabela 2, o mesmo estudo, porém por Unidade Federativa (UF), observa-se que o Espírito Santo poderia atender 236% da demanda de energia, se as casas tivessem geração FV.

Para corroborar com a tendência da disseminação da energia solar, pode-se observar no Gráfico 7 elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (2014a), a partir de dados da *International Energy Agency* (IEA), a projeção até o ano de 2050 da capacidade instalada frente ao

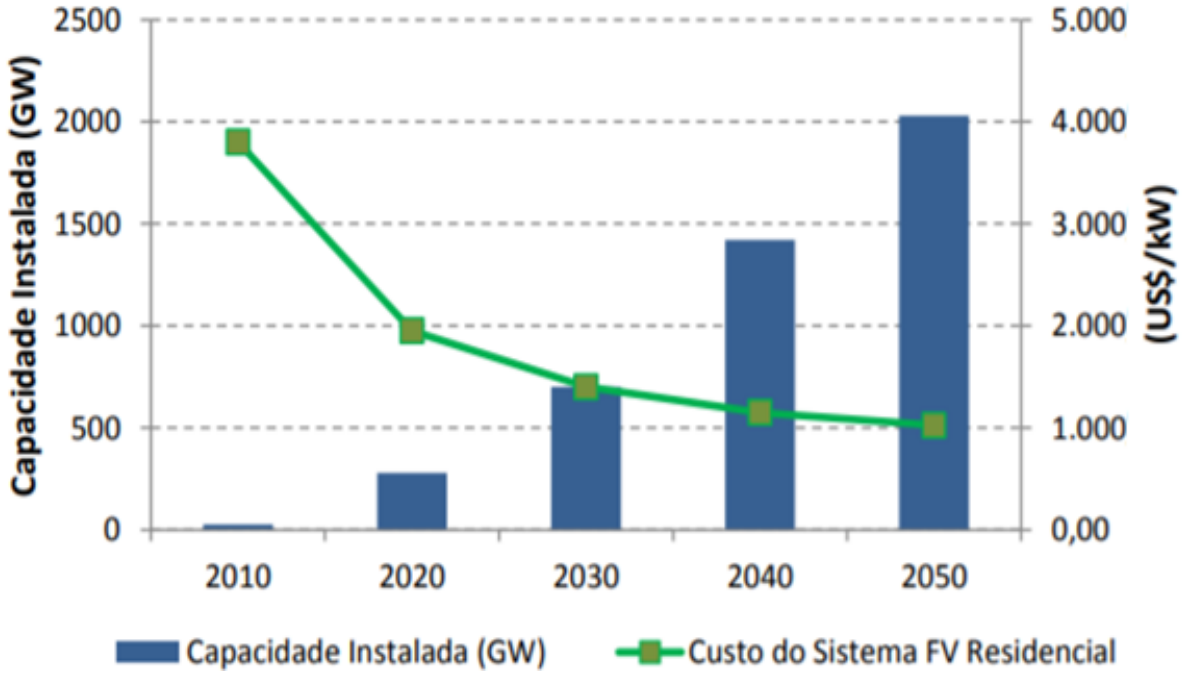
decréscimo do custo do sistema FV no mundo, cenário que tende a fomentar ainda mais o tema, ajudando no crescimento exponencial.

Tabela 1 – Potencial de geração FV em residências por região

Região	Potencial FV Residencial (MW)	Potencial FV Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	Potencial FV/ Consumo Residencial
Nordeste	1.042	9.127	2.842	325%
Norte	340	2.978	1.080	251%
Centro-Oeste	676	5.924	2.476	236%
Sudeste	3.514	30.781	15.987	224%
Sul	1.668	14.615	6.557	220%
BRASIL	32.820	287.505	124.896	230%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2014a).
Nota: Adaptado pelo autor.

Gráfico 7 – Projeção do crescimento da capacidade instalada e custos até 2050



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2014b).

Tabela 2 – Potencial de geração FV em residências por UF

UF	Potencial FV Residencial (MW)	Potencial FV Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	Potencial FV/ Consumo Residencial
PI	555	4862	1328	366%
AL	505	4424	1227	361%
PB	655	5738	1603	358%
MA	1020	8935	2563	349%
PA	1020	8935	2632	339%
BA	2360	20674	6144	337%
CE	1430	12527	3751	334%
TO	255	2234	695	321%
MG	3675	32193	10118	318%
SE	350	3066	979	313%
MS	505	4424	1571	282%
PE	1410	12352	4563	271%
GO	1220	10687	3958	270%
RN	555	4862	1805	269%
AC	110	964	373	258%
PR	1960	17170	6986	246%
ES	595	5212	2213	236%
MT	570	4993	2182	229%
RS	1970	17257	7750	223%
RO	265	2321	1084	214%
AM	420	3679	1784	206%
SC	1075	9417	4935	191%
RJ	2685	23521	12833	183%
RR	65	569	345	165%
DF	410	3592	2191	164%
SP	7100	62196	38783	160%
AP	80	701	500	140%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2014a).
Nota: Adaptado pelo autor.

Portanto, diante da perspectiva futura da energia FV no mundo e do potencial brasileiro, é de suma importância o investimento em pesquisa e desenvolvimento. Assim, a discussão do tema nas Universidades é condição primordial para que se possa desenvolver capital intelectual e tecnológico nacionais e fomentar a criação de patentes.

Além disso, assim como o horário de verão serve para minimizar a sobrecarga de consumo durante picos diários, eximindo o governo de investir em um sistema elétrico mais robusto apenas para atender a população em um curto intervalo de tempo, a geração distribuída também poderia contribuir nesse papel (CICLO VIVO, 2019). Para estimular, o governo poderia estudar possibilidades de incentivos para as indústrias do ramo, como a redução de impostos ou o crédito com juros mais baixos. Dessa forma, a compensação de energia na forma de condomínio solar, cerne desse trabalho, é uma importante alternativa para facilitar os projetos de geração distribuída, já que o fato de ser um empreendimento coletivo diminui o investimento necessário, facilitando sua implementação.

Atualmente, a geração de energia solar FV já é realidade para as maiores potências mundiais. Contudo, a estratégia da política brasileira tem mitigado o investimento nacional. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estuda formas de taxar os consumidores que optarem pela microgeração, para que a conta da distribuição não fique apenas para aqueles que não investirem em geração de energia renovável (SOUZA 2020). Por isso, é interessante a comparação com modelos de sucessos internacionais, para que se desenvolva no Brasil também.

Com a crise dos últimos anos, o governo brasileiro chegou a ter taxa de juros de dois dígitos com o intuito de diminuir a inflação, o que tornou mais difícil o investimento de pessoa física para geração distribuída. Cenário esse que se reverteu no último ano, deixando o mercado mais otimista (PORTAL SOLAR, 2019).

Por isso, diante da conjuntura brasileira, faz-se necessário investimento do setor privado na modalidade de pessoa jurídica. Porém, como noticiado na revista Exame (2017), de acordo com a pesquisa da consultoria *Grant Thornton*, o Brasil aparece em segundo lugar na lista dos empresários mais preocupados com a burocracia. Logo, é importante que haja um estudo criterioso dos riscos para o investidor, pois a questão prejudica a estabilidade econômica das empresas distribuidoras de energia, e o poder financeiro delas lhes dá a capacidade de mudar as leis. Então, há que se ter clareza tanto no âmbito técnico e econômico quanto no jurídico.

1.2 Objetivo Geral

No presente trabalho, tem-se como objetivo identificar os fatores preponderantes para a viabilidade financeira e econômica da geração solar FV compartilhada, em formato de condomínio solar.

1.3 Objetivos Específicos

- Analisar e comparar aspectos jurídicos e incentivos governamentais, no Brasil e no mundo.
- Mapear os fatores técnicos que alteram a eficiência e o custo da energia solar FV.
- Identificar as premissas mais importantes para cálculo de viabilidade financeira e econômica do projeto solar FV.

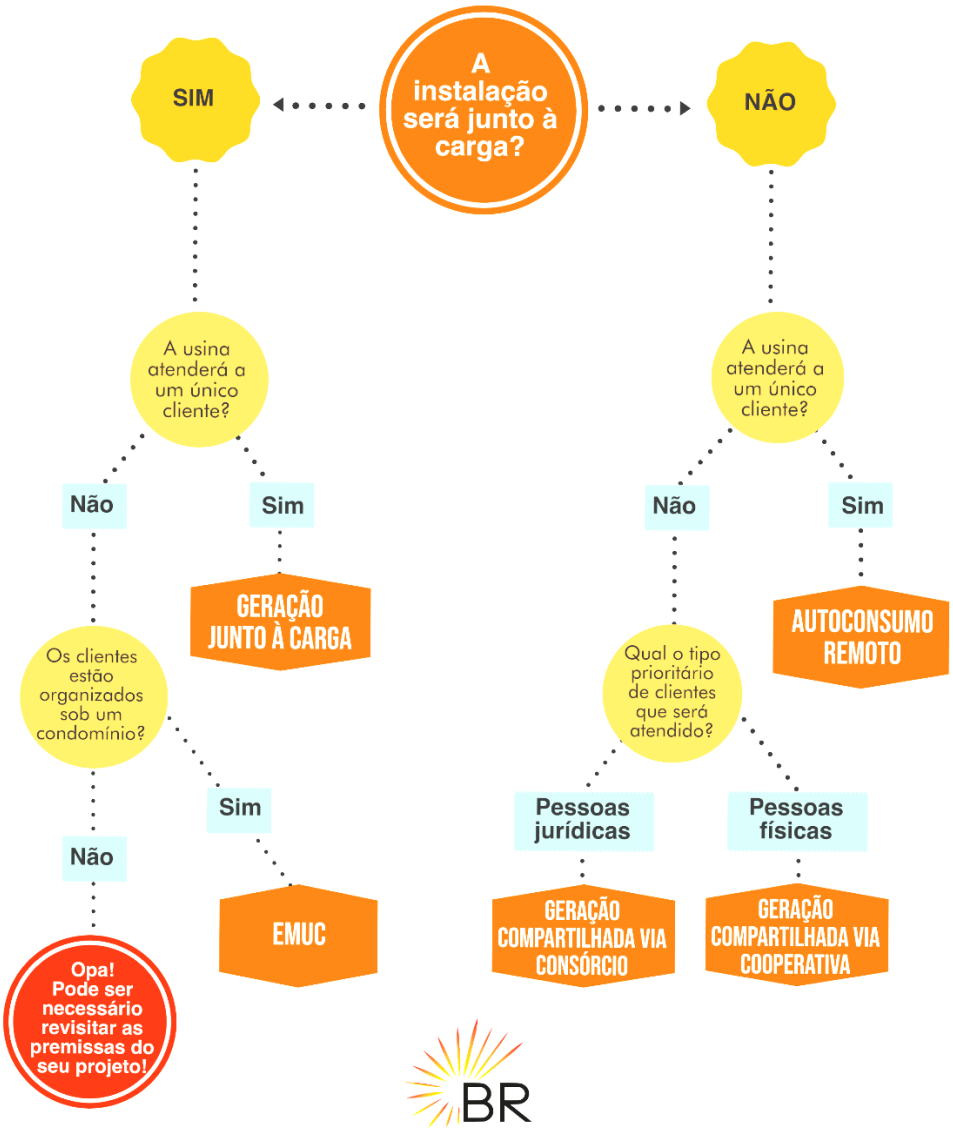
1.4 Apresentação das Seções

Para além da introdução, com a apresentação da importância da energia solar no Brasil, este trabalho contém mais 4 seções. Na Seção 2, discute-se os aspectos regulatórios, já que as leis são os primeiros entraves para o empreendedor. Na Seção 3, descreve-se o estado da arte, com foco na eficiência, e aborda questões que podem impactar na viabilização do projeto. Na Seção 4, tem-se o levantamento das premissas para modelagem do projeto, que é feita no programa *Microsoft Excel*, assim calcula-se a viabilidade econômica, analisa-se a sensibilidade da variação dos fatores considerados. Na Seção 5, são feitas conclusões acerca do objetivo proposto, e demais considerações sobre desenvolvimentos futuros.

2 LEVANTAMENTO JURÍDICO

Primeiramente, no âmbito jurídico, é importante classificar as possíveis modalidades de compensação de energia previstas pela ANEEL na Resolução Normativa (REN) nº 482, que será detalhada na Seção 2.2.2 sobre marcos regulatórios no Brasil. Nela, são estruturados cinco possíveis enquadramentos, que podem ser melhor entendidos pelo fluxograma da Figura 2. Caso a instalação seja junto à carga, e atenda dois ou mais clientes, organizados sob um condomínio, é categorizado como Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras (EMUC), mais conhecido como Condomínio Solar, seja ele vertical ou horizontal, e comercial ou residencial.

Figura 2 – Enquadramento de modalidade no projeto solar FV



Fonte: *Bright Strategies* (2019).

2.1 Mecanismos de Incentivo

Como visto na Seção 1, a geração mundial de energia por sistemas FV cresceu exponencialmente na última década. Isso foi possibilitado graças aos inúmeros incentivos governamentais. Para competir com o preço das fontes convencionais de energia, houve também investimento massivo em pesquisa e desenvolvimento para baratear a produção. Dessa forma, é importante listar os principais mecanismos governamentais para incentivar a geração distribuída de energia FV (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2016):

i. **Tarifa-prêmio:** também conhecida como *feed-in-tariff* (FIT), é a aquisição pela distribuidora da energia a uma tarifa superior à paga pelo consumidor. Geralmente, é utilizada em conjunto com o sistema de compensação de energia elétrica. Este incentivo é subsidiado pelo governo e repassado aos demais consumidores;
ii. **Subsídio ao investimento inicial:** subsídio direto à aquisição do sistema FV. Pode abranger desde apenas alguns equipamentos específicos até o investimento total necessário para implantação do sistema;
iii. **Incentivo à aquisição de eletricidade renovável provinda de sistemas FV:** permite que o consumidor escolha por utilizar eletricidade gerada apenas em sistemas FV, ao invés de fontes hidráulicas ou não renováveis. Apesar de estimular a energia FV, a tarifa a ser paga nesse sistema de incentivo é geralmente maior que a tarifa convencional;
iv. **Dedução no Imposto de Renda:** dedução no imposto de renda de parte ou todo o investimento realizado em sistemas FV;
v. **Obrigatoriedade de aquisição de energia FV pela concessionária:** instrumento que obriga as concessionárias distribuidoras a adquirirem determinado valor de energia gerada a partir de sistemas FV dentro do portifólio das energias renováveis. (Semelhante a utilização de cota, que é quantia mínima obrigatória de energia gerada a partir de fontes renováveis, normalmente utilizadas em leilões de reserva);
vi. **Fundos de investimentos para sistema FV:** oferta de ações em fundos privados de investimentos;
vii. **Compensação de energia:** dá a possibilidade do consumidor que gerar energia em excesso, abater da conta de luz em um mês subsequente (prazo de acordo com o país);
viii. **Ações voluntárias de bancos comerciais:** concessão preferencial de hipotecas para construções que possuam sistemas FV e empréstimos para instalações destes sistemas;

ix. **Ações voluntárias de distribuidoras:** mecanismos de suporte à aquisição de energia renovável pelos consumidores, instalação de plantas FV centralizadas, financiamento de investimentos e modelos de aquisição de eletricidade FV;

x. **Padrões em edificações sustentáveis:** determinação de padrões de desempenho para edificações novas e já existentes. Esses padrões favorecem a adoção de sistemas FV pelas edificações.

Incentivar a geração distribuída, especificamente a FV, é um tema muito debatido atualmente, devido à preocupação com os danos causados pelo homem ao meio ambiente. Novos programas estão sempre sendo desenvolvidos. Os EUA despontam como país com grande número de mecanismos, como mostrado no Quadro 3. Países como Alemanha e Japão, apesar de apresentarem um menor número, são agressivos naqueles que se propõe. Já o Brasil, em comparação com os outros países referência no setor, demonstra que ainda há um longo caminho a ser percorrido, como descrito nos próximos capítulos, e no Quadro 3.

Quadro 3 – Comparativo de mecanismos de incentivos mais utilizados por país

MECANISMOS	Brasil	EUA	Alemanha	Japão	Espanha	Itália	França
i. **Tarifa-prêmio**		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ii. **Subsídio ao investimento inicial**	✓	✓		✓		✓	✓
iii. **Incentivo à aquisição da energia produzida**		✓					
iv. **Dedução no imposto de renda**		✓					✓
v. **Obrigatoriedade de aquisição da energia pela concessionária**	✓	✓		✓	✓		
vi. **Fundos de investimentos para sistemas FV**		✓	✓		✓		
vii. **Compensação de energia**	✓	✓					
viii. **Ações voluntárias de bancos comerciais**		✓	✓	✓		✓	
ix. **Ações voluntárias de distribuidoras**		✓	✓	✓	✓		
x. **Padrões em edificações sustentáveis**			✓		✓		
TOTAL	3	9	5	5	5	3	3

Fonte: *International Energy Agency* (2019).
Nota: Adaptado pelo autor.

2.2 Marcos Regulatórios no Brasil e no Mundo

2.2.1 Brasil

Em 1994, o Brasil criou um programa de incentivo chamado de PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios), voltado à aquisição de sistemas FV para geração de energia elétrica para as comunidades isoladas, atendendo a 7.000 comunidades (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2009). Já em 2015, foi criado o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) para incentivo à produção energética por meio de painéis FV nas residências, podendo ser compartilhada com o sistema das distribuidoras de energia (FARIELLO, 2019). De acordo com o Ministério de Minas e Energia, é previsto um potencial de investimentos de R$ 100 bilhões nessas tecnologias e que 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão aderir ao programa até 2030 (BRASIL, 2015).

Outro fator que tem contribuído para o investimento em energia solar no Brasil foi a aprovação da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, em 17 de abril de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece as condições gerais para o acesso à micro e minigeração distribuída, permitindo a instalação de geração distribuída em local diferente do ponto de consumo, regulamentando o sistema de compensação de energia elétrica. Assim, os consumidores podem produzir sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, bem como fazer uso de créditos de energia caso algum excedente seja fornecido à rede de distribuição. Duas categorias de geração distribuída foram definidas, quais sejam:

- **Microgeração distribuída:** central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW.
- **Minigeração distribuída:** central geradora com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW, ou 3 MW para fonte hídrica.

Assim como a Resolução Normativa nº 482, outras medidas foram importantes para galgar o caminho e, direta ou indiretamente, beneficiar o mercado FV, a saber:

- **Resolução Normativa nº 77/2004 da ANEEL:** estabeleceu procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos com base em fonte solar, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição seja menor ou igual a 30 MW.
- **Resolução Normativa nº 247/2006 da ANEEL:** estabeleceu as condições para a comercialização de energia elétrica oriunda de empreendimentos de geração, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, e que utilizem fontes primárias incentivadas, que são oriundas da natureza em sua forma direta, como petróleo, xisto, carvão mineral, gás natural, resíduos animais e vegetais, energia eólica e solar.
- **Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL:** revisou a REN nº 482/2012, que começou a valer em 1º de março de 2016, e estabeleceu critérios de acesso a micro e minigeração distribuída. Nos casos em que a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor passou a ter o prazo 60 meses (anteriormente era 36 meses) para que possa utilizar os créditos para abater em fatura (*net-metering*), inclusive em outro endereço, desde que seja na mesma área de atuação da distribuidora de energia. A REN também regulamentou a possibilidade de fazer o rateio da energia gerada de formas coletivas. Existe a modalidade de cooperativa (para pessoa física) ou consórcio (para pessoa jurídica), o que viabilizou a criação de condomínios. Foco deste trabalho, representa um dos passos iniciais que o Estado pode fazer - devido à facilidade de implementação - para fomentar a geração distribuída.

Além disso, no Brasil, existe o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e gerenciado pela Eletrobras, que tem como objetivo ser um instrumento para diversificar a matriz energética nacional. Isso pode ser feito por meio de cotas, específicas para FV, em leilões de energia, que servem para elevar a segurança no fornecimento pelo Sistema Integrado Nacional (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019).

2.2.2 China

Em 2003, foi implantada uma política que contribuiu muito para a expansão da energia renovável, a *Preferential Tax Policies for Renewable Energy*. Esta passou por algumas alterações durante o decorrer dos anos, possibilitando a redução de imposto de renda em investimentos em conservação de energia e fontes renováveis, além da isenção de impostos para produtores e consumidores de energia renovável, assim como a redução de tarifas de importação de equipamentos. Três anos depois, foi promulgada a Lei de Energias Renováveis, que estabeleceu a utilização do mecanismo de tarifa prêmio, privilegiando as fontes FV e eólica. A partir do segundo semestre de 2017, diante de um ajuste de FIT e vários incentivos provinciais e locais, a China superou todas as expectativas, adicionando mais capacidade FV solar (quase 53,1 GW) do que foi adicionado mundialmente em 2015 (51 GW), superando a meta mínima do governo para 2020. Pela primeira vez, a energia solar FV foi a principal fonte de energia elétrica da China. Por outro lado, de acordo com uma pesquisa feita pela revista *Nature Energy* (SWEERTS et al., 2019), o mercado chinês de energia chegou a um ponto em que a energia solar gerada em casa é mais barata do que a eletricidade gerada pela rede nacional.

2.2.3 EUA

O primeiro programa federal que impôs às concessionárias de energia elétrica a produção ou compra de energia renovável para oferta aos consumidores finais, iniciado em 1978, foi o *Public Utilities Regulatory Policy Act* (PURPA), trazendo a primeira forma de tarifa prêmio estabelecida no mundo. Outro mecanismo regulatório bastante difundido foi o *Renewable Portfolio Standard* (RPS), do governo federal, que autoriza os legisladores estaduais a determinar que certa porcentagem de energia fornecida aos consumidores deve ser proveniente de fontes renováveis. Esta pode ser atendida pelo fornecimento direto de energia a partir de fontes renováveis, ou pela compra de energia renovável de produtores independentes, usando para isso os *Renewable Energy Credits* (RECs), que servem como créditos no mercado, indicando que a energia comprada provém de fontes alternativas (MARTINS, 2010; BATISTA et al., 2018).

2.2.4 Alemanha

Os principais incentivos dados pelo governo alemão para o uso da energia FV foram o subsídio de investimento e o empréstimo a juros reduzidos, proporcionado pelo banco de desenvolvimento do país. Além disso, o acelerado desenvolvimento da tecnologia FV nas últimas décadas reduziu o preço do sistema em 52% entre os anos 2006 e 2011, entretanto, a maioria dos novos investimentos no setor FV ainda é obtida por meio do apoio governamental (ELGAMAL; DEMAJOROVIC; AUGUSTO, 2015).

2.2.5 Índia

A Índia foi o segundo maior mercado da Ásia no ano passado, acrescentando 10,8 GW, totalizando cerca de 32,9 GW. Entre 2014 e 2018, ela aumentou sua capacidade de geração solar em oito vezes, um feito considerado impossível por muitos céticos no Ocidente. Em 2010, o Governo lançou a Missão Solar Nacional de Jawaharlal Nehru com o objetivo de expandir a capacidade solar conectada à rede do país, para 20 GW até 2022. Criou também um mercado comercializável de créditos de geração de energia solar para fornecer um mecanismo de mercado entre estados (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, 2019).

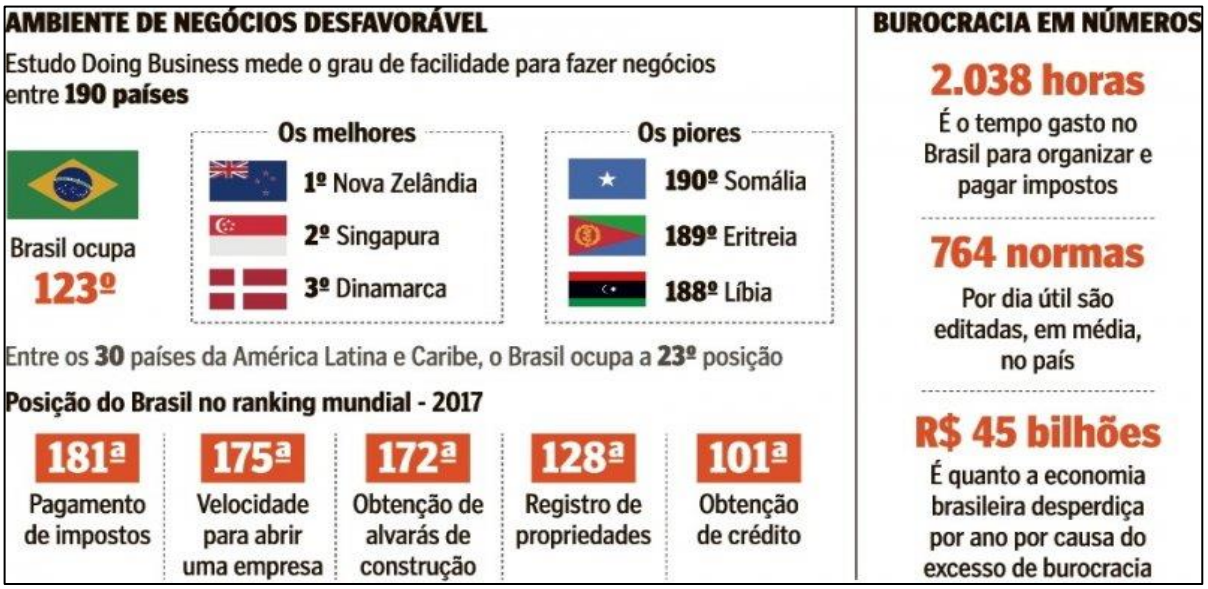
2.2.6 Japão

O Japão é um dos cinco países com maior capacidade de geração de energia renovável. O desenvolvimento dessas tecnologias deu início no país depois de duas crises de petróleo, principal fonte na década de 70. Com o objetivo de diminuir a dependência dessa fonte de energia, lançou-se o Programa Luz do Sol para diversificação da matriz energética. Porém, foi em 1980 que governo intensificou os esforços com a Lei de Energia Alternativa, que possuía um orçamento da ordem de 6 bilhões de dólares para o desenvolvimento da tecnologia solar FV. E, alguns anos depois, iniciou-se a criação da indústria FV local e do mercado interno. Após uma redução de instalações, em decorrência da diminuição de investimentos do governo, em 2012 o Japão deu um novo salto na capacidade de geração de energia solar FV devido, principalmente, ao generoso mecanismo FIT criado pelo governo japonês. O marco legal obrigava as distribuidoras a comprar energia produzida de fontes renováveis pagando tarifas-prêmio estabelecidas (NASCIMENTO, 2017).

2.3 Burocracia de Acesso à Rede de Distribuição no Brasil

A burocracia é sem dúvida um dos maiores entraves para o desenvolvimento econômico no Brasil. O país é um dos líderes mundiais nesse desprestigioso quesito (FEDERAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS CONTÁBEIS E DAS EMPRESAS DE ASSESSORAMENTO, PERÍCIAS, INFORMAÇÕES E PESQUISAS, 2018), como se pode ver na Figura 3.

Figura 3 – Burocracia brasileira em números



Fonte: Gazeta Online (2019).

Porém, para o consumidor que quer ser microgerador de energia, a espera entre a solicitação e o acesso do sistema individual à rede caiu. Antes da REN nº 482, o tempo médio era 82 dias, e depois a espera passou a ser de 34 dias (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2018). Prazo que poderia ainda ser menor, não fossem os inúmeros atrasos causados pela falta de eficiência no setor.

Entretanto, o motivo da falta de eficiência é um pouco mais complexo do que uma burocracia generalizada. Há, na verdade, um forte *lobby* das distribuidoras de energia no Congresso Nacional, impulsionadas pelo investimento vindo da China (CARTA CAPITAL, 2020). A explicação é simples, a não taxação da energia Solar - como a retirada do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) - implica no incentivo à geração distribuída, o que tem como consequência direta o decremento de receita das distribuidoras e transmissoras de energia (AMBIENTE E ENERGIA, 2018).

As empresas nacionais de distribuição e transmissão tentam se antecipar de maneira não inteligente ao futuro próximo e inevitável. Conforme o portal Ambiente e Energia exemplificou, na Califórnia (EUA), os investimentos da população em geração distribuída e eficiência energética trouxeram uma economia de US$ 2,6 bilhões aos californianos, com o cancelamento de vinte projetos de transmissão e redução de vinte e um projetos de reforço de rede (AMBIENTE E ENERGIA, 2018).

Atualmente, para o consumidor iniciar o processo de acesso à rede, ele deve entregar um formulário para distribuidora encontrado nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) da ANEEL, como mostrado na Figura 4, que terá um prazo de 15 dias para microgeração e 30 dias para minigeração.

Figura 4 – Formulário de solicitação de acesso para minigeração distribuída

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC
Código da UC: Grupo B ☐ Grupo A ☐ Classe:
Titular da UC :
Rua/Av.: Nº: CEP:
Bairro: Cidade:
E-mail:
Telefone: ( ) Celular: ( )
CNPJ/CPF:
2 - Dados da Unidade Consumidora
Localização em coordenadas: Latitude: Longitude:
Potência instalada (kW): Tensão de atendimento (V):
Tipo de conexão: monofásica ☐ bifásica ☐ trifásica ☐
Transformador particular (kVA): 75 ☐ 112,5 ☐ 225 ☐ outro:
Tipo de instalação: Posto de transformação ☐ cabine ☐ subestação ☐
Tipo de ligação do transformador:
Impedância percentual do transformador:
Tipo de ramal: aéreo ☐ subterrâneo ☐
3 - Dados da Geração
Potência instalada de geração (kW): Tipo da Fonte de Geração: Hidráulica ☐ Solar ☐ Eólica ☐ Biomassa ☐ Cogeração Qualificada ☐ Outra (especificar):
4 - Documentação a Ser Anexada
1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de minigeração ☐ 2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo ☐ 3. Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão ☐ 4. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção ☐ 5. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede. ☐ 6. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg ☐ 7. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012 ☐ 8. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver) ☐ 9. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver) ☐
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)
Responsável/Área: Endereço: Telefone: E-mail:
6 - Solicitante
Nome/Procurador Legal: Telefone: E-mail: _____ ____/____/____ _____ Local Data Assinatura do Responsável

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2016).

O processo inteiro de acesso à rede de energia possui oito passos, conforme Figura 5.

Figura 5 – Oito passos para acessar a rede de distribuição

Fonte: *Epowerbay* (2019).

2.4 Comentários Sobre o Levantamento Jurídico

Como apresentado no comparativo de mecanismos de incentivos mais utilizados por país (Quadro 3), o Brasil adota apenas 3 dos 10 incentivos listados. Poderia alavancar ainda mais o crescimento da geração de energia distribuída, se tivesse uma política mais agressiva nesse setor. Vale ressaltar que a Resolução Normativa nº 482 tem sido discutida paulatinamente no Congresso brasileiro, o que gera uma incerteza no curto prazo para o empreendedor. Porém, como mostrado na Seção 2.3, a burocracia e os entraves de acesso à rede tem diminuído nos últimos anos, o que é um importante ponto positivo para dar confiança aos investidores.

3 LEVANTAMENTO TÉCNICO

3.1 Histórico da Energia Solar e o Efeito FV

As partículas de luz que viajam do Sol à Terra a cada dia são chamadas de fótons. Os fótons levam cerca de 8 minutos e 20 segundos para percorrer esse trajeto. A Terra chega a receber 1410 W/m² de energia. Disso, aproximadamente 19% é absorvida pela atmosfera e 35% é refletida pelas nuvens (DESSBESELL; GOMES, 2014).

Segundo o professor Mehran Moalem, se apenas 1,2% do território do deserto do Saara fosse coberto por painéis solares, iria conseguir abastecer o consumo de energia do mundo todo (ECODEBATE, 2019). Para atingir esse patamar de excelência no aproveitamento da energia solar – pela voz do professor Moalem – alguns passos foram percorridos durante os últimos 2 séculos (desconsiderando o uso da energia solar direta, em forma de calor, mas em forma de luz):

i. **Ano de 1839 – O efeito FV:** Alexandre Edmund Becquerel expôs uma célula eletrolítica (composta por cloreto de prata em uma solução ácida conectada em eletrodos de platina) à luz solar, produzindo certa tensão e corrente.
ii. **Ano de 1873 – O selênio é fotocondutivo:** Willoughby Smith colocou o selênio em caixas escuras embaixo da água, e descobriu que o elemento reagia não ao calor do sol, e sim à luz solar.
iii. **Ano de 1876 – Eletricidade vinda da luz:** William Grylls Adams usando as barras de selênio de Smith, comprovou que o selênio poderia produzir eletricidade quando exposto ao sol.
iv. **Ano de 1883 – As primeiras células de Selênio:** Charles Fritts criou a primeira célula, e o primeiro sistema instalado em Nova York em 1884.
v. **Ano de 1905 – O efeito fotoelétrico:** Albert Einstein formula a teoria do fóton elétrico, que diz que a luz pode liberar elétrons em uma superfície metálica.
vi. **Ano de 1954 – A primeira célula solar viável:** cientistas do laboratório Bell desenvolveram o primeiro painel solar utilizando células de silício, que contava com uma eficiência de 6%.
vii. **Ano de 1955 – Painéis comerciais:** como eram ainda muito caros, começaram a ser usados apenas pela indústria aeroespacial.

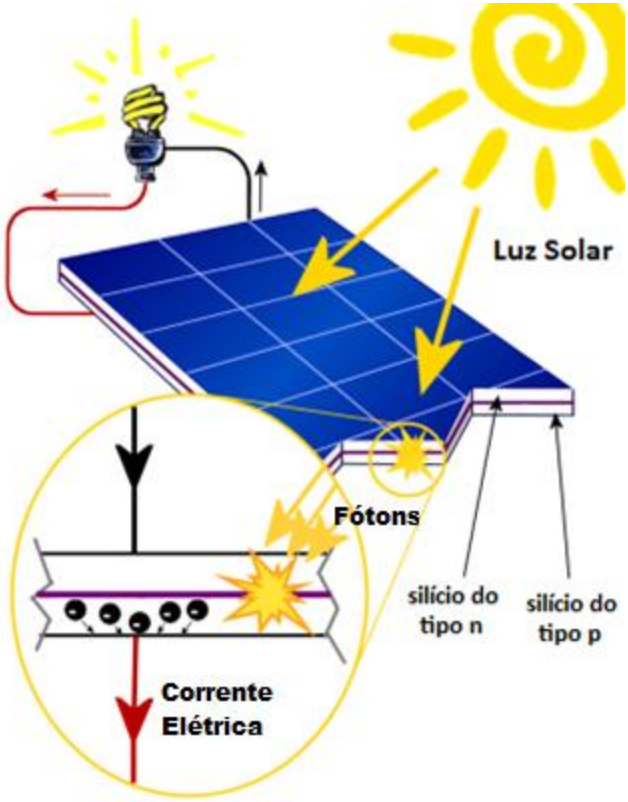
viii. **Ano de 1960 – Aumento da eficiência:** a empresa *Hoffman Electronics* conseguiu chegar a 14% de eficiência, mais que o dobro da 1ª versão.

ix. **Ano de 1970 – Diminuição do preço:** a Exxon financiou um projeto que reduziu o custo de produção do painel solar em 80%.

x. **Ano de 1970 – Primeira usina:** foi construída na Califórnia, com potência instalada de 1 MW.

O efeito funciona da seguinte forma: quando os fótons atingem as células FV, eles fazem com que alguns dos elétrons que circundam os átomos se desprendam. Esses elétrons livres vão migrar, através da corrente elétrica, para a parte da célula de silício que está com ausência de elétrons. Os elétrons irão fluir em uma direção constantemente, deixando átomos e preenchendo lacunas em átomos diferentes. Este fluxo de elétrons cria uma corrente elétrica contínua (CC), e então é enviada ao inversor FV, que converte para corrente alternada (CA), conforme mostra de forma simplificada a Figura 6.

Figura 6 – Funcionamento do painel solar



Fonte: *Central Electrica* (2011).
Nota: Traduzido pelo autor.

Atualmente, há em fase de pesquisa e desenvolvimento diversos modelos de células FV. Porém, as células mais utilizadas são divididas em 3 gerações, de acordo com a tecnologia utilizada, como pode-se ver no Quadro 1 (KLEPA et al., 2016).

Quadro 4 – Classificações das células FV

1ª GERAÇÃO	2ª GERAÇÃO	3ª GERAÇÃO
Silício Monocristalino (mc-Si) e silício Policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado, por ser considerada uma tecnologia consolidada, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível.	Comercialmente denominada de filmes finos é dividida em três cadeias produtivas: Silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Possui menor eficiência quando comparada a primeira geração associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio por ser tóxico.	Em fase de P&D, testes e produção em pequena escala, dividida em três cadeias produtivas: célula FV multijunção e célula FV para concentração (CPV – *Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (DSSC – *Dye-Sensitized Solar Cell*) e células orgânicas ou poliméricas (OPV – *OrganicPhotovoltaics*). A tecnologia CPV demonstrou um potencial para produção de módulos com alta eficiência, embora com um custo ainda não competitivo com as tecnologias que dominam o mercado.

Fonte: KLEPA e outros (2016).

Os painéis FV feitos com silício são os mais usados no mundo devido à boa relação custo-benefício da eficiência com o preço, e hoje representam aproximadamente 80% do mercado. Vale destacar que a célula FV tem uma eficiência maior que a do painel solar, pois quando ela é "encapsulada" em um painel solar, durante o seu processo de fabricação, há uma perda de eficiência. Na Figura 7 pode-se ver a composição padrão de um painel genérico.

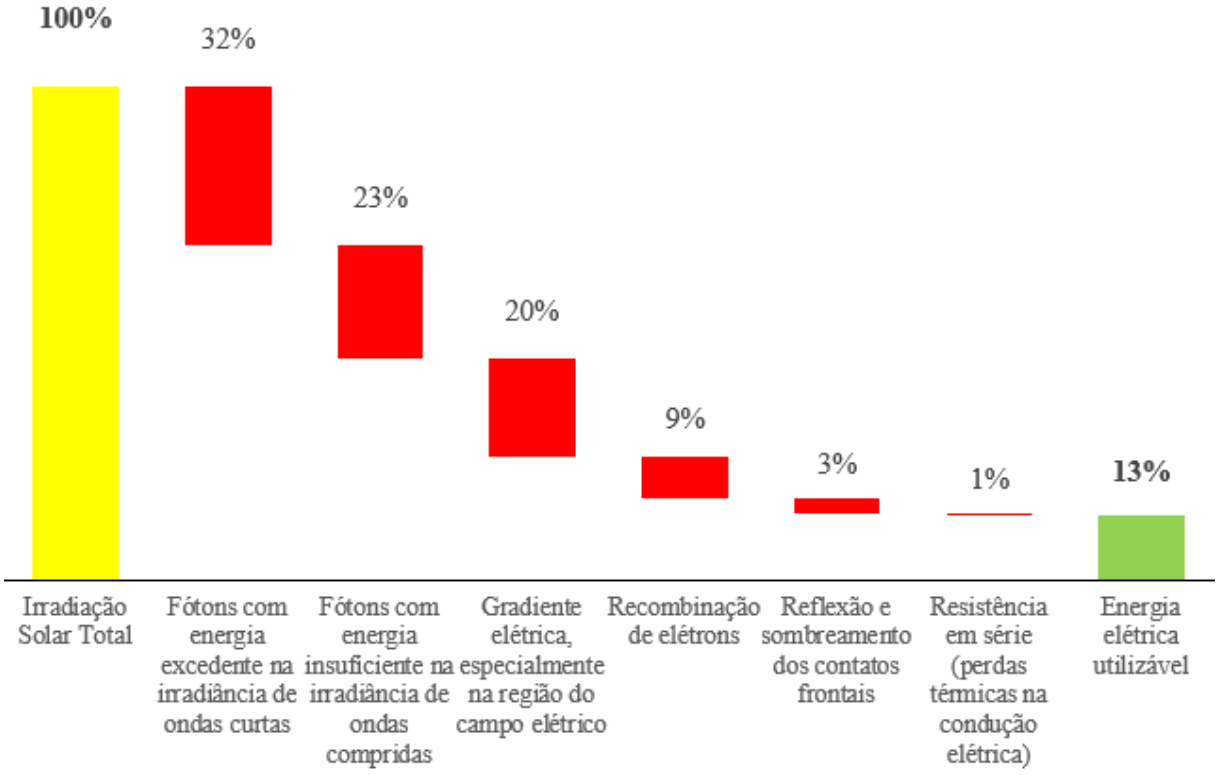
Figura 7 – Composição do painel FV

Fonte: Portal Solar (2019).

3.2 Condições Técnicas de Teste de Eficiência

Os painéis FV tem diferentes aspectos construtivos, e cada modelo de painel possui sua eficiência característica, dependendo do tipo de célula que é utilizada. A eficiência da célula é medida pelo aproveitamento da irradiação solar convertida em energia elétrica, conforme mostrado no Gráfico 8 a seguir.

Gráfico 8 – Aproveitamento médio de energia da célula FV



Fonte: *Blue Sol* (2017).
Nota: Adaptado pelo autor.

A eficiência dos painéis é determinada pelas suas dimensões e pela potência-pico que consegue fornecer. Essa medida é feita em condições de laboratório, chamadas de *Standard Testing Conditions* (STC), que é o padrão definido pela indústria solar no qual o painel deve ser testado. Ao utilizar um conjunto fixo de condições, todos os painéis podem ser comparados de forma mais precisa. São 3 (três) as condições padrões de teste:

i. Temperatura da célula = 25°C. Temperatura da célula solar em si – não a temperatura do ambiente – na qual o painel deve permanecer durante o teste.

ii. Irradiância solar = 1000 Watts/m². Esse número refere-se à quantidade de energia que incide sobre uma determinada área em um determinado momento: essa quantidade de energia é a média da quantidade de luz solar que incide na superfície terrestre.

iii. Massa de ar = 1,5. Refere-se à quantidade de luz que tem que passar pela atmosfera terrestre antes que possa tocar a superfície da Terra. Sendo assim, quanto maior o ângulo do sol em relação a um eixo vertical sobre a terra, maior resistência de massa de ar a luz terá.

O módulo do sistema FV tem sua eficiência energética (EE) dada pela porcentagem da potência de saída pela potência de entrada, conforme a Equação (1), onde EE (%) é a eficiência energética em porcentagem, $Pout$ é a potência de saída do módulo FV e Pin, a potência de incidência de irradiação solar no módulo FV.

$$\text{EE}\ (\%) = \frac{Pout}{Pin} * 100 \tag{1}$$

Para saber a eficiência energética nos módulos FV, pode-se verificar o índice classificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Na Figura 8, apresenta-se a quantidade de módulos homologados pelo INMETRO, classificados de acordo com a faixa de eficiência energética (EE) no ano de 2016.

Figura 8 – Eficiência energética: sistema de energia FV (módulos) com selo INMETRO

CLASSES	ÍNDICE DE MÓDULO		SILICIO CRISTALINO		FILMES FINOS	
	SILICIO CRISTALINO	FILMES FINO	TOTAL	%	TOTAL	%
A	EE > 13,5	EE > 9,5	442	85,5	6	37,5
B	13,5 >= > 13,0	9,5 >= > 7,5	23	4,4	2	12,5
C	13,0 >= EE > 12,0	7,5 >= EE > 6,5	27	5,2	1	6,25
D	12,0 >= EE > 11,0	6,5 >= EE > 5,5	8	1,5	3	18,75
E	EE < 11,0	EE < 5,5	17	3,3	4	25,0
			517	100	16	100

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2016).

3.3 Fatores Influenciadores na Eficiência do Sistema FV

3.3.1 Tipos de Painéis

Os tipos de painéis mais difundidos comercialmente são os de silício cristalino (mono e poli) e de filme fino, por terem melhor custo benefício. A seguir, tem-se, no Quadro 2, a classificação por características.

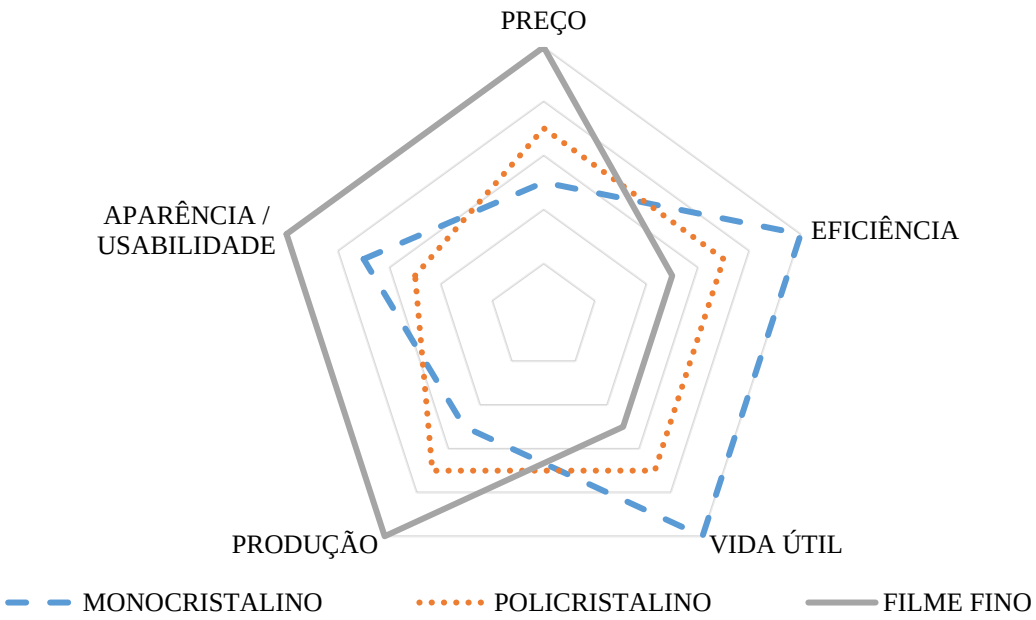
Quadro 5 – Classificação por características dos principais tipos de painéis solares FV

	PREÇO	**EFICIÊNCIA**	**VIDA ÚTIL**	**PRODUÇÃO**	**APARÊNCIA / USABILIDADE**
MONO CRISTALINO	**3º.** São os mais caros, grande parte devido ao processo de produção que gera desperdícios.	**1º.** Possuem a eficiência mais alta dentre as tecnologias viáveis comercialmente. Em condições de pouca luz funcionam melhor que o poli.	**1º.** A vida útil é maior que 30 anos e eles vem com garantia de 25 anos.	**3º.** O processo de produção resulta em grandes lingotes cilíndricos, que são cortados para fazer as lâminas de silício, gerando desperdício.	**2º.** Ocupam menos espaço (uma vez que possuem uma eficiência maior).
POLI CRISTALINO	**2º.** Tendem a ser um pouco mais baratos que os painéis solares monocristalinos.	**2º.** A eficiência baixa é devida principalmente a menor pureza do poli silício.	**2º.** A vida útil é maior que 30 anos e eles vem com garantia de 25 anos.	**2º.** A quantidade de silício residual gerado durante o processo de corte das células FV é menor em comparação com monocristalino.	**3º.** Precisa de uma área maior para gerar a mesma quantidade de Watts/m² que o painel mono.
FILME FINO	**1º.** A produção é mais simples, o que o faz potencialmente mais baratos de fabricar do que as células solares de base cristalinas.	**3º.** Menos eficiência significa que o seu custo com estrutura de instalação, mão-de-obra e cabeamento tende a aumentar. Pouco usado em residências.	**3º.** Tendem a degradar mais rapidamente do que os painéis cristalinos. Vem geralmente com garantia mais curta.	**1º.** A produção em massa é simples em comparação com a tecnologia cristalina.	**1º.** Sua aparência homogênea é esteticamente bonita. Pode ser feito flexível, o que abre um leque de aplicações. Resiste a alta temperatura.

Fonte: Portal Solar (2019).
Nota: Adaptado pelo autor.

Na Figura 9 tem-se um resumo comparativo baseado na classificação feita no Quadro 2, para facilitar a visualização: quanto mais próximo da borda, melhor é o tipo de painel para o quesito em questão.

Figura 9 – Comparativo entre os principais tipos de painéis solares



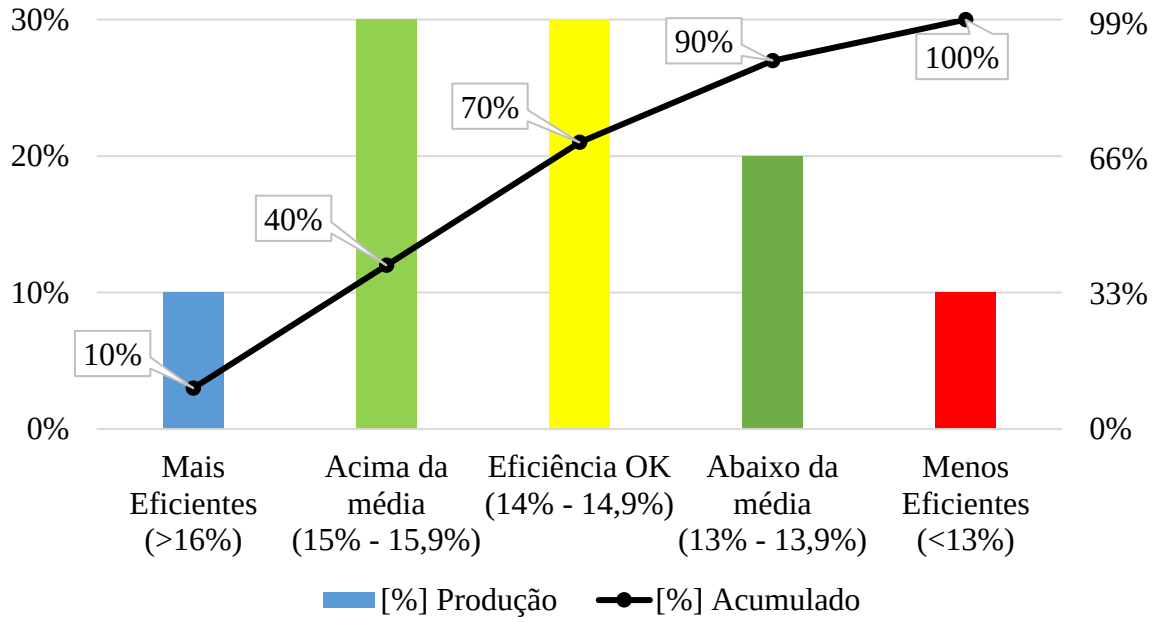
Fonte: Produção do próprio autor.

Apesar da melhor aparência do painel de filme fino, e do preço mais acessível devido à facilidade de produção, ele não é tão difundido quanto os cristalinos, que possuem maior eficiência e durabilidade.

Conforme mostrado na Figura 7, 85,5% dos modelos de módulos de silícios cristalinos foram creditados pelo INMETRO com a Classe A, que demonstra nível de eficiência energética satisfatório de acordo com o Instituto. Entretanto, para se fazer um projeto de energia solar que apresente o menor tempo de retorno do investimento, é necessário fazer uma busca mais assertiva, com um recorte mais detalhado da produção dos painéis nessa faixa de eficiência.

Dessa forma, pode-se observar no Gráfico 9, que 40% dos painéis homologados pelo Instituto estão acima da média da faixa, com eficiência até 20% maior do que a necessária para que se tenha a Classe A, tornando importante não só a verificação dele, como também uma busca minuciosa dentre eles.

Gráfico 9 – Produção dos painéis solares de silício cristalino por faixa de eficiência (Classe A – INMETRO)



Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2016).
Nota: Adaptado pelo autor.

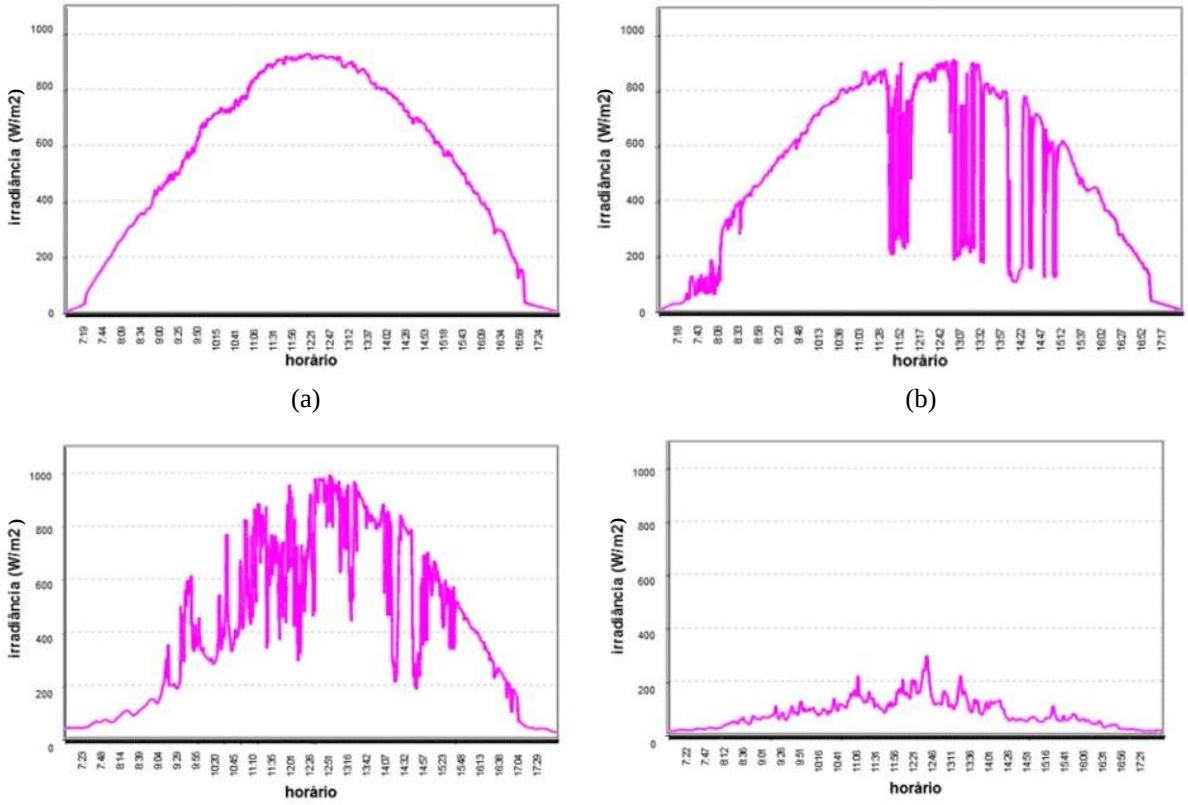
3.3.2 Clima e Sombreamento

A energia emanada do sol por radiação, ao atravessar a atmosfera terrestre, é atenuada pela reflexão, pela absorção por parte de gases do efeito estufa, tais como o dióxido de carbono, vapor de água, metano, e pela dispersão. Um dos problemas que mais afeta a produção de energia por um sistema FV é o fenômeno de reflexão por parte das nuvens, que apesar de esporádico, causa consequências significativas.

A intensidade da reflexão depende da espessura, estrutura e constituição das nuvens, podendo chegar a 90%. A componente de absorção pelas nuvens é pequena, atingindo no máximo os 7%. Estima-se que exista uma redução da produção FV em cerca de 20% em dias parcialmente nublados e de 75% em dias de céu coberto, comparativamente com o seu potencial máximo.

Os picos e vales de irradiância provocados no painel causam flutuações na tensão, que se não forem tratados podem gerar problemas para o operador da rede. A Figura 10 ilustra as variações das condições climáticas ao longo do ano, e mostra como isso altera a captação da irradiação solar pelos painéis.

Figura 10 – Variação da irradiância solar média em plano horizontal devido condições climáticas para (a) dia claro, (b) dia com nuvens no período da tarde, (c) dia com muitas nuvens e (d) dia nublado



Fonte: Solar Brasil (2019).

O sombreamento do módulo FV afeta a sua curva característica, causando um desvio no seu Ponto de Máxima Potência (MPP, do inglês *Maximum Power Point*). As nuvens são agentes causadoras inevitáveis desse sombreamento transitório. Porém há outros tipos de sombreamentos, como as sombras das árvores e de prédios no entorno, ou até mesmo outros painéis, que podem ter seu efeito nocivo evitado com uma boa concepção de projeto.

A área da célula sombreada age como um resistor, e dissipa a corrente de entrada, com isso ela aquece, causando os chamados *hot-spots* ou pontos quentes. Dessa forma, pode-se introduzir os diodos *bypass*, que permitem a passagem de corrente sem danificar a célula. Além disso, para mitigar o impacto do sombreamento, nesse caso, é necessário também distribuir as sombras igualmente entre as *strings* e os módulos, tornando-os independentes. Normalmente esse cálculo é feito em programas de simulação.

Outro aspecto para considerar quanto ao sombreamento são os agentes como poeira, folha de árvore, neve e dejeto de animais. Nesse caso, o sistema de autolimpeza pode aumentar a eficiência entre 2% e 5%. Ele consiste na instalação do painel solar com um grau de inclinação superior a 25º. Isso facilita a limpeza do painel com o aumento da velocidade de escorrimento da água da chuva.

Há que se ponderar, no projeto, se é necessário também a instalação de sistemas automáticos de limpeza – ou até mesmo limpeza manual – se o entorno apresentar muita poluição, além de pouca ocorrência de chuva. Sendo necessário cálculos para comprovação do retorno desse investimento. Na Figura 11, há um exemplo de equipamento automático instalado em cada fileira de painéis de uma usina na Califórnia (GIZMODO, 2019).

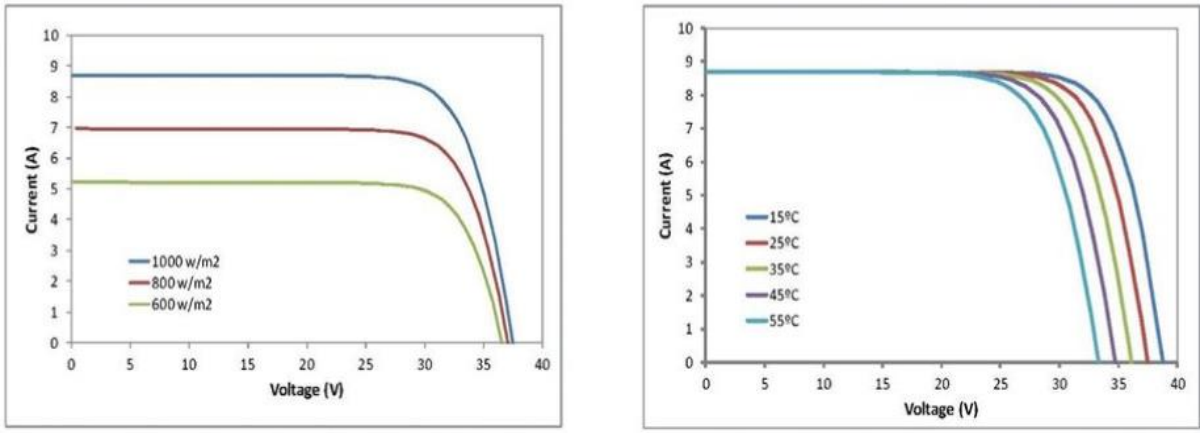
Figura 11 – Sistemas de limpeza de painéis FV

Fonte: Gizmodo (2019).

3.3.3 Irradiância e Temperatura

A produção FV é realizada, fundamentalmente, devido ao efeito FV, ou seja, através da luz, e não do calor. Mesmo assim, o calor traz o aumento de temperatura, que restringe a tensão (V) do painel solar, operando idealmente em torno de 25ºC. Com isso, torna-se importante também a medição da potência incidente nos painéis, cuja magnitude por área incidente é denominada irradiância, que agirá diretamente na corrente no painel, atingindo seu pico às 12 horas da manhã. As duas curvas características, feitas em laboratório, são mostradas na Figura 12.

Figura 12 – Curvas características (corrente-tensão) de influência da (a) irradiância e da (b) temperatura



(a) (b)

Fonte: Solar Brasil (2019).

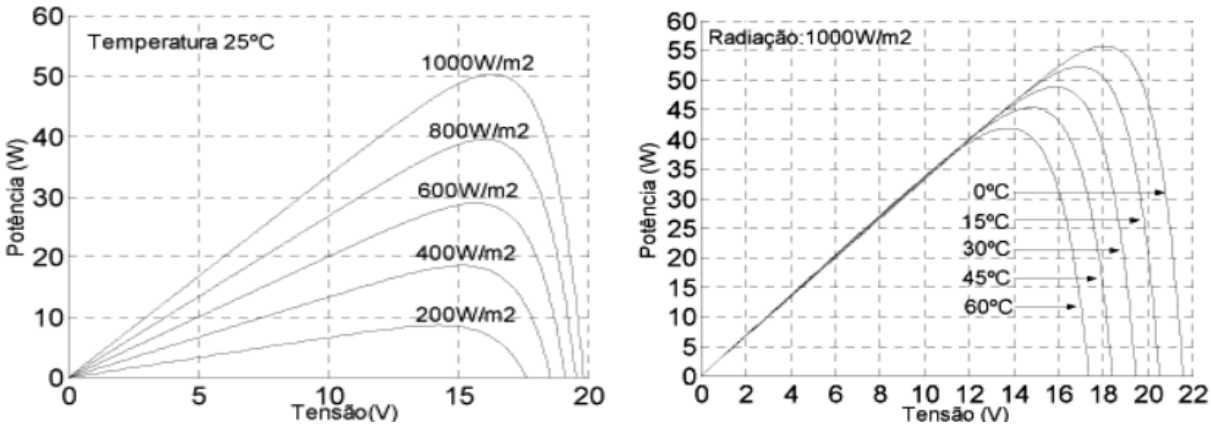
Cada painel FV tem sua curva característica, que dependerá do material do qual é constituído. O projetista escolherá o mais adequado. Obtém-se a maior eficiência, conforme Equação (2).

$$\eta = \frac{V.I}{Is.A}.100 \tag{2}$$

Onde: η = rendimento; V = tensão (V); I = corrente (A); Is = irradiância solar global (W.m^{-2}); A = área útil (m^2).

Fazendo os testes em diferentes condições de temperatura e irradiância, traçam-se as curvas características do painel para conhecimento do seu comportamento, como visto na Figura 13.

Figura 13 – Curvas características (potência-tensão) de influência da (a) irradiância e da (b) temperatura

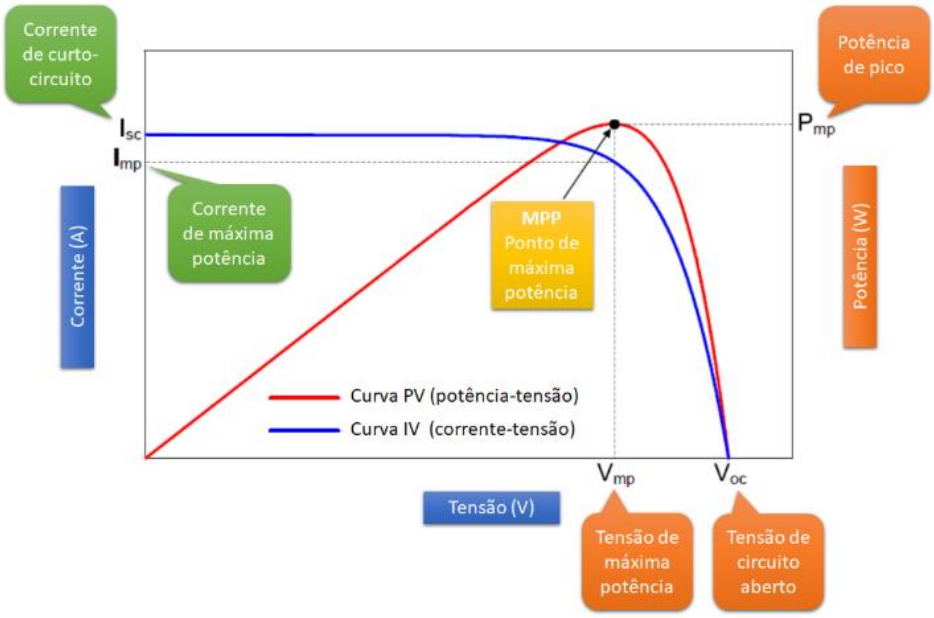


(a) (b)

Fonte: Leva e outros (2019).

Finalmente, observa-se, na Figura 14, o MPP, que é a região cujas condições ambientes do painel deverão ser mantidas, para que se possa extrair o máximo rendimento.

Figura 14 – Curva de determinação de parâmetros feita nas condições padrões de teste



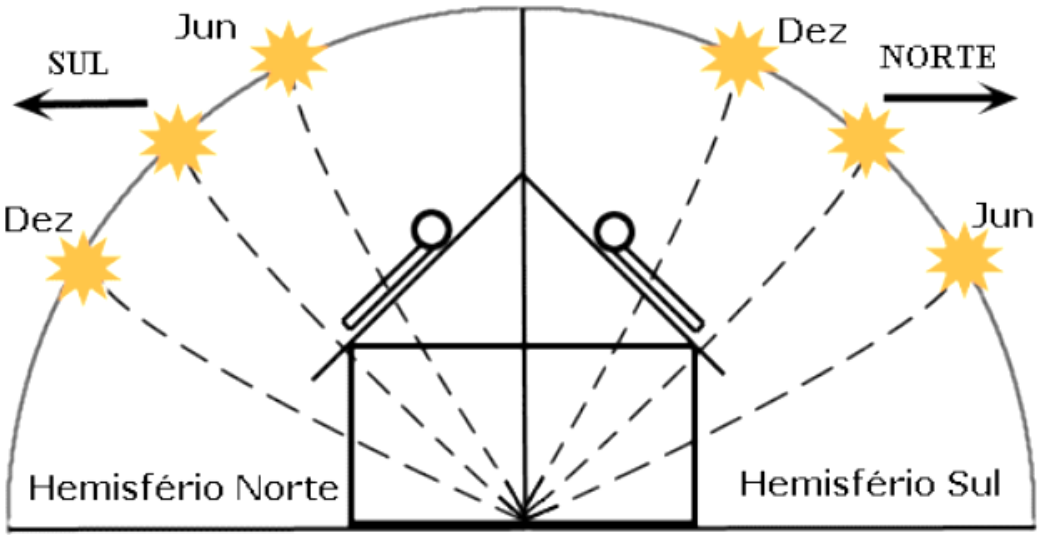
Fonte: Villalva (2019).

Com os testes em laboratório, é possível chegar no coeficiente de temperatura, que influenciará na eficiência, e no coeficiente de corrente de curto-circuito, que devem sempre ser informados na folha técnica do painel solar. Os coeficientes de temperatura ideais para os painéis solares cristalinos vão de 0,3% até 0,5% para cada 1°C acima 25°C, enquanto os de corrente são entre +0,03% e 0,04%.

3.3.4 Orientação e Inclinação

As mudanças do trajeto do Sol durante o ano, devido à inclinação da Terra, alteram os valores de irradiação e, consequentemente, a eficiência do painel solar FV. Por isso, é essencial saber o posicionamento geográfico do projeto, latitude e longitude, para determinar a orientação e a inclinação dos painéis. O posicionamento do Sol ao longo do ano é ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Posicionamento do sol ao longo do ano no hemisfério norte e sul



Fonte: Sultherm (2019).

Para que a eficiência seja otimizada, é necessário que o ângulo de incidência da luz solar seja o mais perpendicular possível em relação ao painel. Para isso, começa-se calculando o ângulo δ_s da declinação solar, que é formado pela linha Terra-Sol, ao meio dia solar, com o plano do Equador. Encontra-se, assim, o ângulo de declinação solar com o auxílio da Equação (3), parametrizado de acordo com o período do ano.

$$\delta_s = \mathrm{P}.\,\mathrm{sen}\left[\frac{360(n-81)}{365}\right] \tag{3}$$

Onde: n é o número do dia do ano; δ_s é a declinação solar; P varia com o período (+23º27' Solstício de Inverno; 0º Equinócio de Primavera ou Outono; -23º27' Solstício de Verão).

Outro ponto determinante para se obter o ângulo ótimo de inclinação do painel é a altura solar, que é o ângulo compreendido entre o raio solar e a sua projeção sobre o plano horizontal. Pode ser calculado a partir do ângulo de declinação e o valor de latitude do local. Quanto mais próximo do polo da Terra, menor será a altura solar. O ângulo horário solar (h_s) é dado (em graus) pela Equação (4).

$$\mathrm{sen}\,\gamma_s = \mathrm{sen}\,\varphi\,.\,\mathrm{sen}\,\delta_s + \cos\varphi\,.\cos\delta_s\,.\cos h_s \tag{4}$$

Onde: γ_s – altura solar; δ_s – declinação solar; h_s – ângulo horário sol–r; φ - latitude do local.

Tem-se também o ângulo azimute, formado pela projeção horizontal da linha perpendicular à superfície receptora e a linha que passa por esta e o sul geográfico, conforme (5). Ele define a direção do movimento do Sol e permite saber qual a melhor orientação para o painel.

$$\operatorname{sen}\psi_s = \frac{\cos\delta_s \,.\, \operatorname{sen} h_s}{\cos\gamma_s} \tag{5}$$

Onde: ψ_s– azimute solar; δ_s – declinação solar; h_s – ângulo horário solar; γ_s – altura solar.

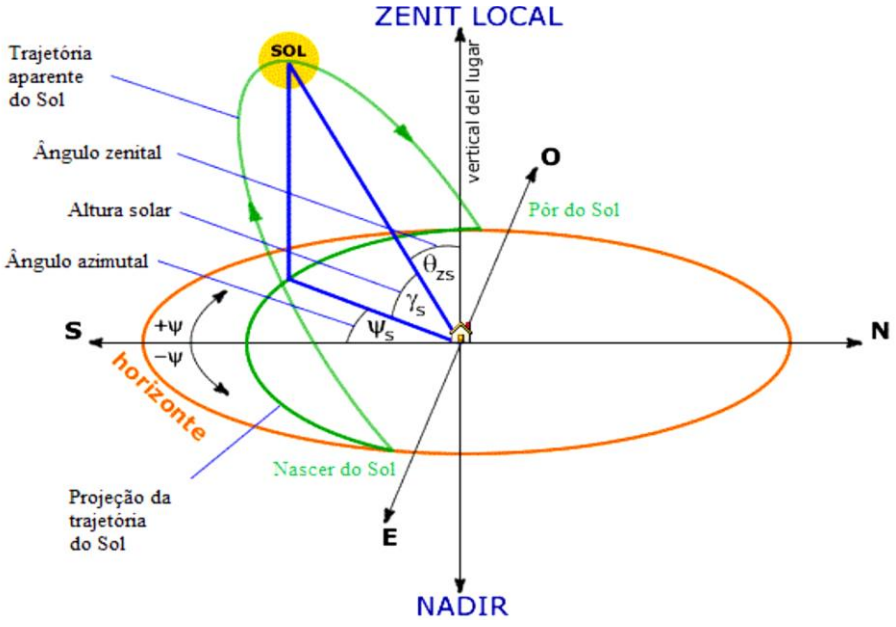
O ângulo de incidência, formado pela radiação direta sobre a superfície receptora e a perpendicular a essa mesma superfície (Zenit local) pode ser calculado por meio da Equação (6).

$$\cos\beta = \operatorname{sen}\delta_s \,.\, \operatorname{sen}\varphi \,.\, \operatorname{sen}\alpha \tag{6}$$

Onde: β – ângulo de incidência; δ_s – declinação solar; φ - latitude; α – inclinação do painel.

A representação desses ângulos abordados encontra-se na Figura 16.

Figura 16 – Ângulos caraterísticos da radiação solar

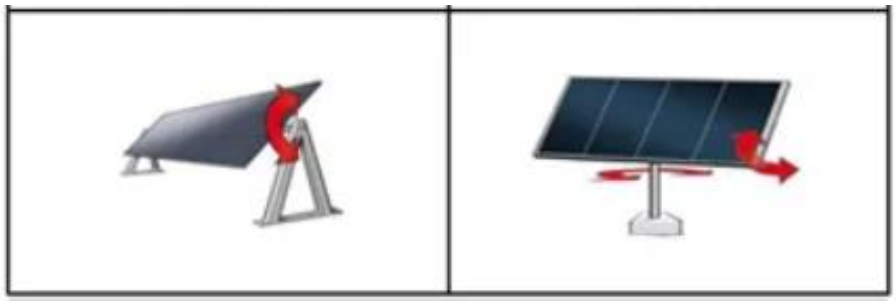


Fonte: Fernandes (2014).

O ângulo de incidência, ou *zenit*, representa o valor médio da inclinação ótima ao longo do ano, pois, conforme mencionado, a inclinação dependerá do posicionamento do Sol. Por isso, uma opção para melhorar a eficiência de um projeto com inclinação fixa, é a instalação de suportes com inclinações diferentes, que podem ser alterados manualmente, a depender das estações do ano.

Há também a possibilidade de instalar um mecanismo automático, apelidado de Girassol, que fará a otimização segundo a segundo. Este poderá ainda ter a opção de seguir o Sol em dois eixos, conforme Figura 17.

Figura 17 – Eixos do mecanismo de rastreamento solar de (a) 1 eixo e (b) 2 eixos



(a) (b)

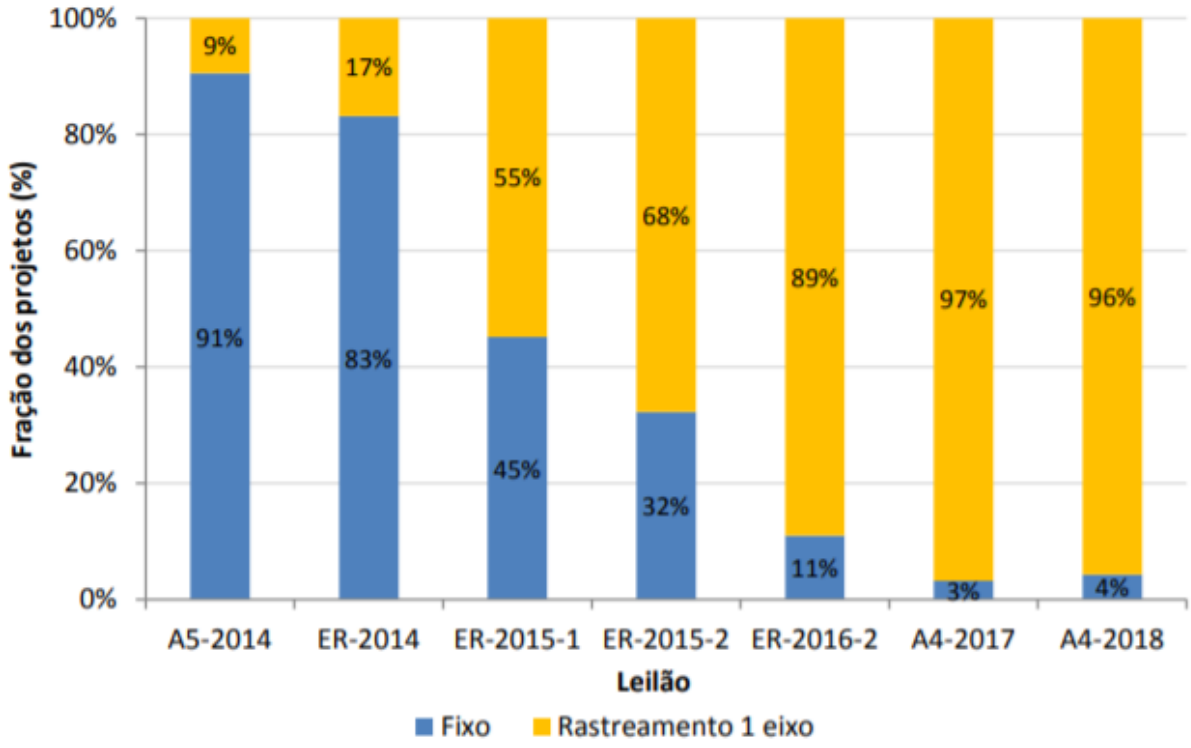
Fonte: Infosolaris (2019).

O sistema de rastreamento de um eixo segue o sol de leste a oeste durante o dia, sendo uma boa opção para pequenas centrais FV, pois possuem valor mais acessível, tornou-se predominante nos leilões do Brasil (Gráfico 10). Quanto maior a latitude, maior a influência, podendo aumentar a eficiência em até 20%, comparado aos sistemas fixos.

Já o sistema de dois eixos, que possibilita também seguir o sol durante as estações do ano, pode incrementar em até mais 10% a eficiência do sistema, porém, devido à sua maior complexidade, muitas vezes não compensa, sendo menos difundido.

Além disso, há que se ponderar sobre o clima do local. Em países de clima temperado, com dias essencialmente nublados, a influência da irradiação solar é menor, tornando mais difícil o retorno sobre o investimento no sistema Girassol. Esse cálculo pode ser feito por *softwares* específicos de simulação de projetos solares, como PVsyst ou PV*SOL, por exemplo.

Gráfico 10 – Proporção de projetos solares FV em leilão por estrutura suporte



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).

3.4 Comentários Sobre o Levantamento Técnico

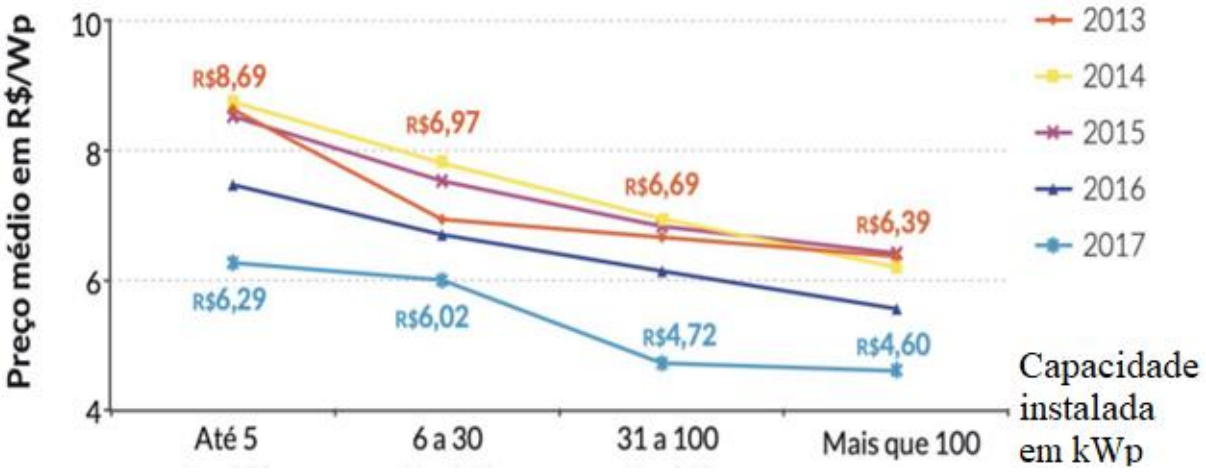
Como pode-se ver na Seção 3, são muitos os motivos que alteram a eficiência na geração de energia solar FV. O critério e o cuidado ao analisar todos os fatores dependerão do porte do investimento. Além disso, do ponto de vista do consumidor, comercialmente falando, ele não precisará se preocupar com todas as variáveis apresentadas. É importante, sim, saber distinguir os fornecedores. Instaladores de painéis com conhecimento técnico irão levar em conta esses fatores na prospecção, enquanto os instaladores inexperientes podem até entregar uma economia inicial, porém, para o modelo de negócio, o longo prazo é preponderante.

4 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica de um projeto de engenharia consiste no estudo da viabilidade financeira na implementação, levando-se em conta os prazos e riscos da empreitada. Para um projeto de geração de energia elétrica pela fonte FV, a viabilidade acontece quando o investimento para aquisição e manutenção do sistema é inferior ao custo da compra de energia direto da concessionária distribuidora durante a vida útil dos componentes de geração.

A proposta deste trabalho sobre condomínio solar é devida ao fato de o custo para aquisição de materiais de uma mini unidade geradora ser mais atrativo do que um investidor individual teria acesso. Como pode-se ver no Gráfico 11, no qual se tem o preço médio do sistema FV por faixa de capacidade instalada.

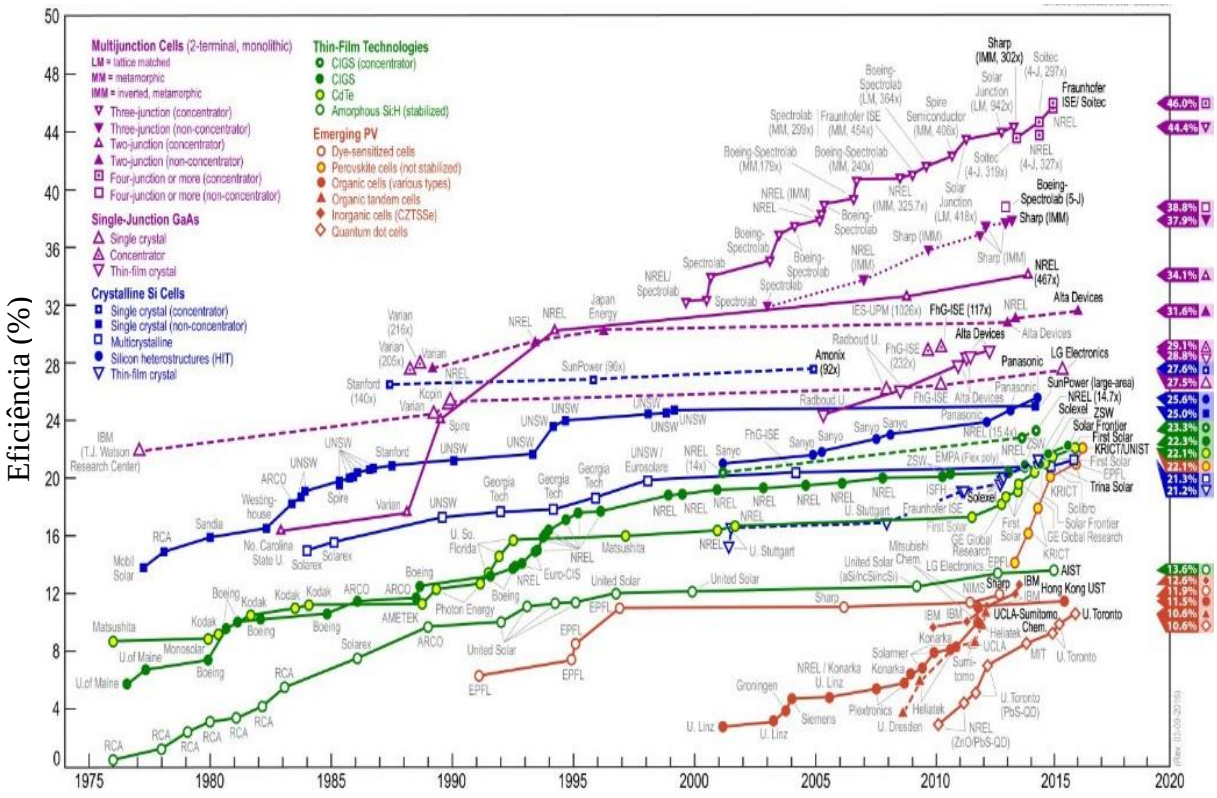
Gráfico 11 – Preço de sistemas FV por faixa de capacidade instalada em kWp



Fonte: Instituto Ideal (2018).

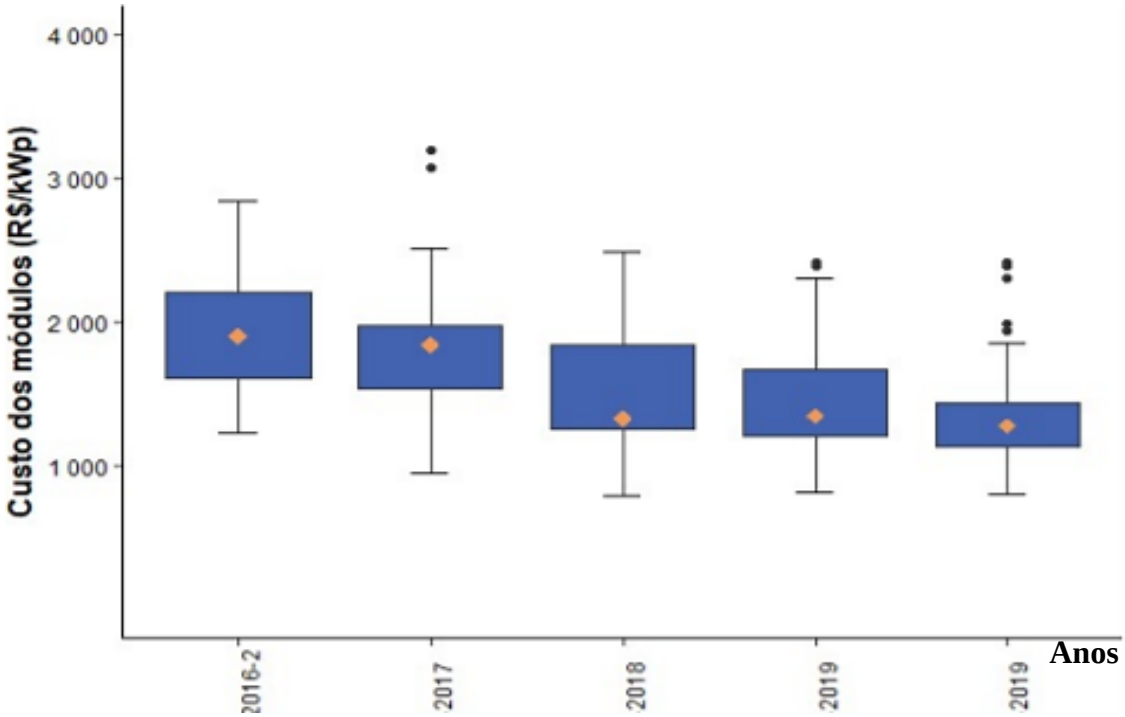
Conforme já mencionado, a eficiência das células FV é maior ano a ano (Gráfico 12), enquanto o custo dos módulos tem apresentado uma queda de preço gradual (Gráfico 13). Com isso, a fonte solar FV se tornou mais barata que as outras principais fontes de mini unidades geradoras, como: Pequena Central Hidrelétrica (PCH), eólica e biomassa (Gráfico 14). É importante destacar que no ano de 2018 o Brasil atingiu um recorde histórico de menor preço de projeto FV no mundo, o que coloca o país na lista do mais competitivos no setor (Gráfico 15) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019b).

Gráfico 12 – Eficiência das células FV (1975 – 2020)



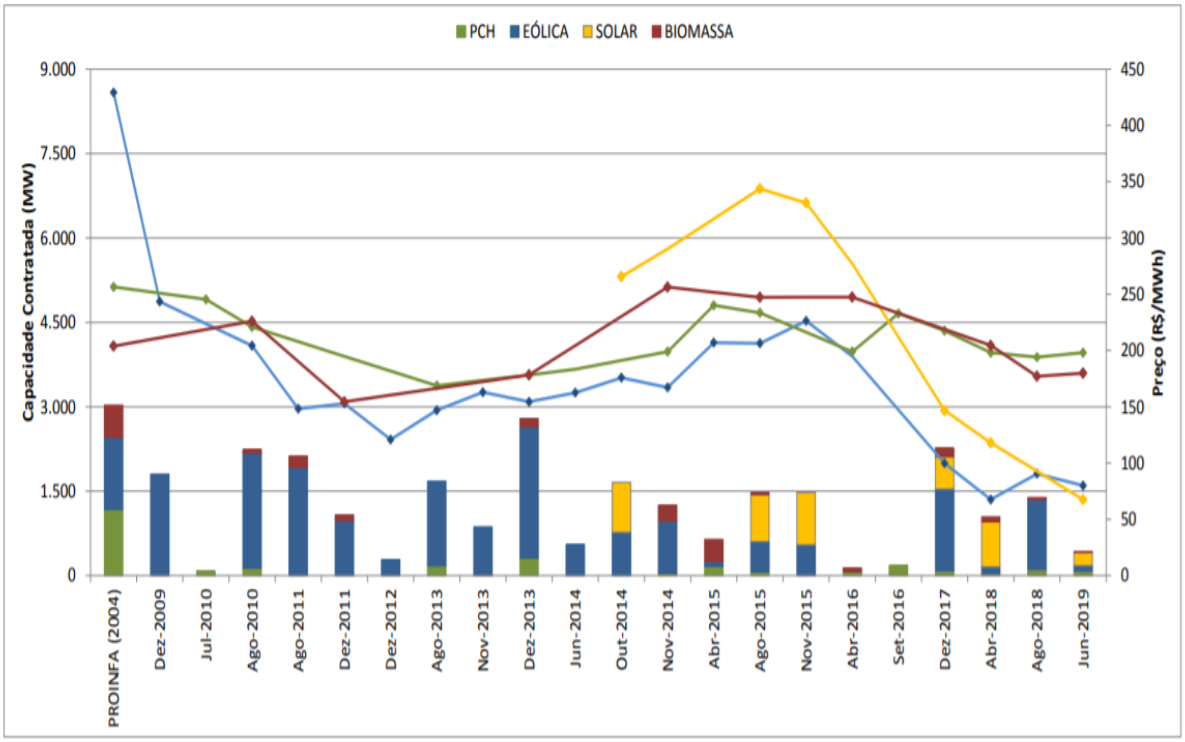
Fonte: *National Renewable Energy Laboratory* (2019).

Gráfico 13 – Custo declarado de módulos FV: projetos habilitados nos leilões (nos anos 2016 a 2019)



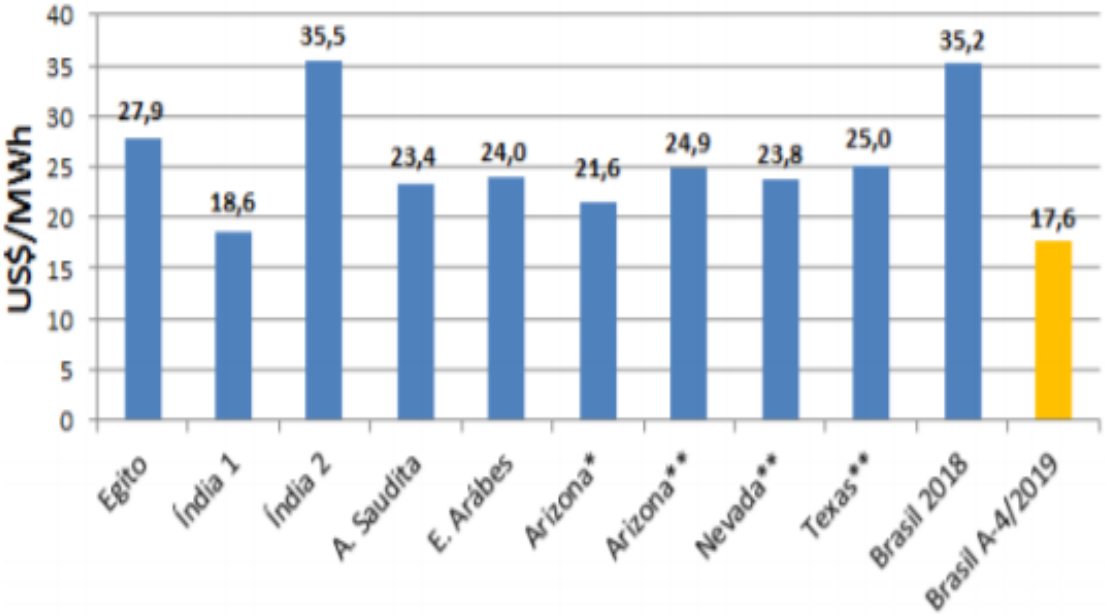
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).

Gráfico 14 – Evolução dos preços das fontes nos leilões



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).

Gráfico 15 – Menores preços de projetos FV no mundo em 2018

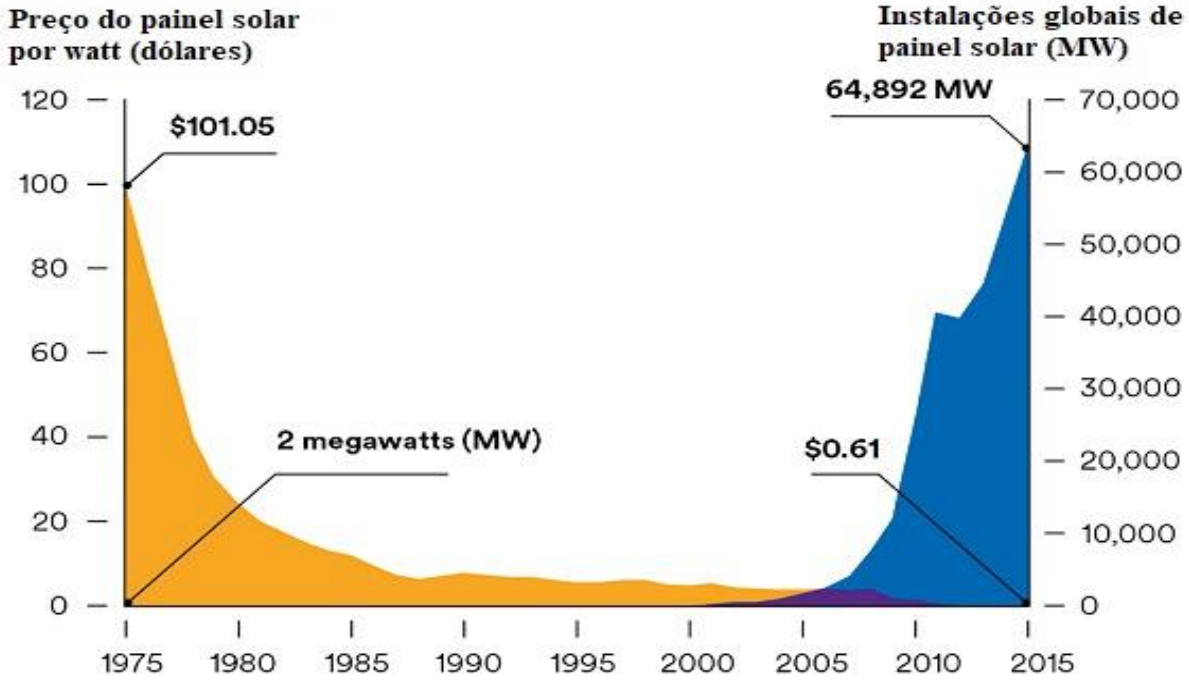


Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).
Notas: * PPA com taxa de financiamento incentivada e reajuste anual de 2,5%;
** PPA com taxa de financiamento incentivada;
Para o Brasil foi considerado o preço médio dos leilões.

Apesar do painel solar ser fabricado no Brasil, a célula FV ainda não é. Com isso, outro fator a ser considerado é a cotação do dólar (premissa financeira). Como parâmetro, a célula representa 65% do custo do painel. Além disso, a cotação do dólar também influencia, em efeito cascata, na forma de importação dos equipamentos, no valor do frete, no desembaraço e nos impostos (custo Brasil).

Em 1975, o preço do painel solar (por Watt) - dado em dólar (U$) - era quase trezentas vezes maior que o praticado em 2019 (Gráfico 16). Atualmente, o preço é menos da metade do que era praticado há 10 anos atrás. Um exemplo da evolução do preço e da produção global de painéis pode ser observado no Gráfico 16.

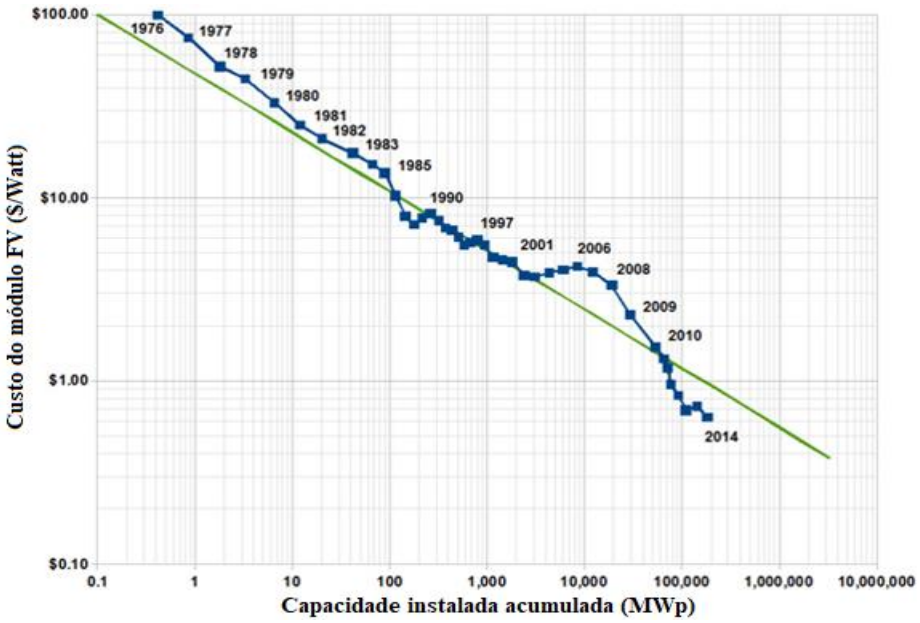
Gráfico 16 – Preços dos painéis solares FV e capacidade mundial instalada (1975-2015)



Fonte: *Schroders* (2019).

Em 2012, a *The Economist* publicou sobre a aplicação da curva de aprendizado sobre os preços de geração solar FV (THE ECONOMIST, 2012). A publicação apontava uma relação intrínseca entre o custo unitário e a produção da tecnologia, descrita pela Lei de Swanson, que diz que o preço da tecnologia é reduzido em 20% à medida que a produção da tecnologia duplica. Em 1977, o preço da tecnologia caía pela metade com a instalação de 1 MW. Atualmente, para isso acontecer, seria necessário instalar a capacidade de 300 MW apenas no Brasil. A representação da curva está no Gráfico 17.

Gráfico 17 – Lei de Swanson



Fonte: *Solar Cell Central* (2019).
Nota: Traduzido pelo autor.

Já um fator que influenciaria no modelo de negócio positivivamente, pois aumentaria a economia de energia gerada pelo condomínio solar, seria levar em conta as bandeiras tarifárias, vigentes desde 2015. Apesar de não serem consideradas neste trabalho, vale ressaltar que elas têm a função de repassar para o consumidor o aumento do custo de energia nos tempos de estiagem, nos quais os manaciais perdem recursos - diminuindo a capacidade de geração das hidrelétricas - sendo necessário ligar as termelétricas para atender a demanda. Na Figura 18 são apresentados os incrementos de tarifa de energia feito pelas bandeiras.

Figura 18 – Bandeiras tarifárias da energia elétrica

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz (2019).

4.1 Ponderações do Modelo de Negócio

A primeira dúvida que um investidor tem é quanto de benefício financeiro o empreendimento vai lhe trazer. Porém, imediatamente, surgem outros questionamentos, como do risco envolvido, por exemplo, ou do custo mínimo e do prazo para retorno. Por outro lado, há que se entender também as justificativas do projeto, para saber se durante a sua vida útil o investimento ainda fará sentido. Dessa forma, as principais ponderações para o modelo de negócio são detalhadas a seguir.

i. **Razão:** pode-se elencar as razões para execução de um projeto de geração distribuída em três âmbitos, quais sejam: técnico; socioeconômico e ambiental. As razões macro foram amplamente discutidas nesse trabalho: técnicas, como a postergação de investimento público no investimento em geração de energia, redução nas perdas de distribuição e transmissão, além da diminuição no custo de aquisição e operação pelo fato do condomínio solar ser um investimento coletivo de maior porte; ambientais, como o aproveitamento de uma fonte renovável de energia, com impacto reduzido frente a fonte hidroelétrica e a economia no consumo de combustíveis fósseis, diminuindo a poluição; socioeconômicas, como a geração de emprego e renda para a população. Entretanto, do ponto de vista do investidor, o esperado é o lucro do projeto, além de uma eventual resiliência em tempos de crise macroeconômica.
ii. **Benefício:** o benefício esperado de um projeto de condomínio solar é uma margem de 20% a 30% em relação ao custo original de energia elétrica advindo diretamente da distribuidora, para que se tenha uma elasticidade nos risos envolvidos do projeto.
iii. **Contra benefício:** um contra benefício de fazer esse projeto é a responsabilidade da administração e monitoramento, que pode ser terceirizada em detrimento da margem do negócio.
iv. **Prazo:** o prazo de execução do projeto é curto em comparação com sua longevidade. O projeto de uma microgeradora pode ficar pronto de 1 a 3 meses e funcionar durante 25 anos.
v. **Custo:** os custos medidos do modelo de negócio vão desde o investimento inicial ao cálculo de: *Return over investment* (ROI) ou Retorno sobre investimento; Taxa Interna de Retorno (TIR); *Payback* (Tempo de Retorno de Investimento); *Levelized Cost of Energy* (LCOE) ou Custo Nivelado de Energia Elétrica; *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) ou Custo Médio de Capital Ponderado, também conhecido como Taxa

Mínima de Atratividade (TMA); *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation And Amortization* (EBTIDA) ou Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (LAJIDA).

vi. **Risco:** O risco de um projeto de condomínio solar vai desde os intemperismos físicos e químicos, como incêndio e corrosão do equipamento, a roubo de ferramentas. Esse risco pode ser mitigado através de investimento em prevenção, ou eliminado através de investimento em seguros, porém com diminuição da margem de lucro.

4.2 Premissas

As premissas utilizadas nessa modelagem de negócio tiveram como base todas as fontes supracitadas nesse trabalho, bem como as notas técnicas e os resultados dos leilões de geração de usinas FV, consolidados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Essas premissas foram divididas em: gerais, técnicas e operacionais; jurídicas e tributárias; financeiras. Há que se considerar também, na modelagem deste trabalho, a obrigatoriedade de aquisição da energia pela concessionária, e o consumo da produção líquida anual integralmente dentro do prazo estabelecido.

4.2.1 Premissas Gerais, Técnicas e Operacionais

O porte do condomínio solar, para efeito da análise, será de uma miniunidade geradora, com potência instalada entre 0,075 MW e 5 MW de pico. Serão adotados os valores das premissas técnicas encontrados no estudo da EPE (EPE, 2019b), que utilizou o *software System Advisor Model* (SAM), desenvolvido pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) e disponível gratuitamente. O estudo da EPE é feito para subsidiar a regulamentação para a revisão anual dos montantes de garantia física de energia dos empreendimentos de fonte solar FV (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019b). No mais recente, feito em 2019, foram geradas 100 séries de 20 anos para 15 localidades diferentes no Brasil, de forma a representar o efeito probabilístico na variabilidade interanual de irradiância e eficiência dos equipamentos.

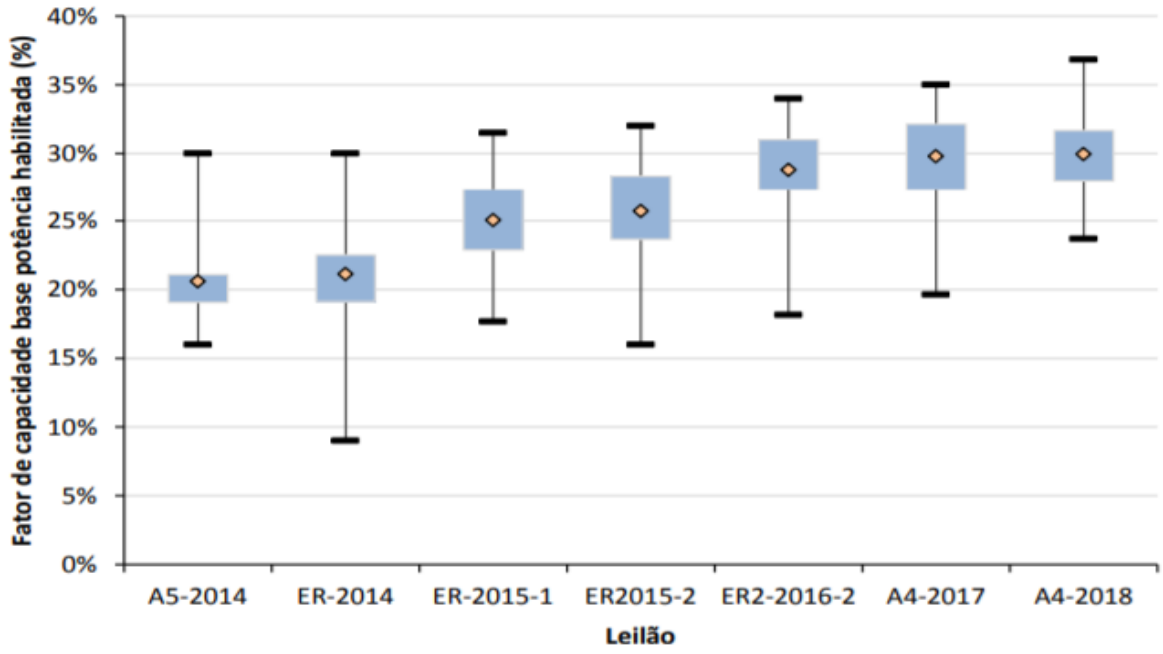
Para o objetivo deste trabalho serão expostos os itens influenciadores no modelo de negócio, sendo que a variação dos valores de preço médio e energia gerada já têm embutidas as características estudadas neste trabalho, na Seção 3 do levantamento técnico, como: tipos de

painéis; clima e sombreamento; irradiância e temperatura; orientação e inclinação (sistema girassol).

Para a modelagem do projeto será considerado o gasto com a contratação de seguro operacional como um percentual da receita bruta gerada. Da mesma forma será calculado o custo de operação e manutenção (O&M) da miniusina, como uma taxa sobre a receita bruta anual, dependente da região de instalação. Devido ao reinvestimento necessário no projeto para que se compense a degradação de produção de energia dos painéis, e assim atenda ao mesmo número de famílias para o qual foi projetado no seu primeiro ano de funcionamento, a taxa de O&M crescerá ano a ano proporcionalmente à taxa de degradação considerada.

E, para se chegar na geração anual média, foi considerado o fator de carga e capacidade – que é o percentual de tempo, do período considerado (8760 horas no ano), no qual a usina operou a plena carga - variando entre 15% e 30%, para prever cenários mais pessimistas (Gráfico 18).

Gráfico 18 – Histórico do fator de capacidade em leilões de projeto solar FV



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).

Compilando-se as informações dos Gráficos 13, 14 e 15 já expostos, bem como pesquisas de mercado para diferenciar os aspectos regionais brasileiros (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019b; SALARIOMETRO, 2019), as premissas técnicas foram divididas em: diretas (Quadro 6); indiretas (Quadro 7); tarifárias (Tabelas 3 e 4); regionais (Tabelas 5 e 6).

Quadro 6 – Premissas técnicas e operacionais diretas

PREMISSAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS DIRETAS	UNIDADE DE MEDIDA	VARIAÇÃO	
		MIN	MAX
Potência média	MWp	1	5
Fator de Carga e Capacidade	%	15	30
Degradação da Produção de Energia	% anual	0,3	0,7
Preço médio Instalação	R$/kW	3.000,00	7.000,00
Geração Anual média	MWh/ano	1399	2799
Operação e Manutenção (O&M)	% receita/ano	0,7	1,5
Seguro operacional	% receita/ano	0,3	1

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).
Nota: Adaptado pelo autor.

Quadro 7 – Premissas técnicas e operacionais indiretas

PREMISSAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS INDIRETAS	UNIDADE DE MEDIDA	VARIAÇÃO	
		MIN	MAX
Irradiação Solar Global diária (Brasil)	MJ/m.dia	16	24
Insolação diária média mensal (Brasil)	horas	3	10
Custo de Terreno	m²/MW	20.000	30.000
Salário médio Téc. Eletricista (BR)	R$ (júnior a sênior)	2000	7000
Vida útil do projeto	anos	20	30
Custo médio da Energia gerada	R$/MWh	67,00	209,00
Consumo por família brasileira	kWh/família/mês	300	500
Demanda por família brasileira	kWp/família/mês	3	4

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2008; 2019b) e Salariometro (2019).
Nota: Adaptado pelo autor.

Para efeito de comparação com o que seria gasto caso o consumo de energia não fosse por geração própria, será usado o valor por classe de consumo, conforme a Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010, como apresentado na Tabela 11, classificado por região, e ainda indicando o valor a ser pago de ICMS e o perfil de autoconsumo de geração própria.

Tabela 3 – Tarifa de energia (modalidade B1 residencial) por região

Região	Tarifa Convencional de Energia B1 (TE+TUSD) [R$/MWh]	Percentual do TUSD na Tarifa Convencional	Percentual do TE na Tarifa Convencional
Centro-Oeste	572,71	55,1%	44,9%
Norte	615,97	60,3%	39,7%
Nordeste	557,91	55,8%	44,2%
Sul	549,59	54,2%	45,8%
Sudeste	556,05	52,8%	47,2%
Brasil	570,45	55,7%	44,3%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).

Nota: Adaptado pelo autor.

Tabela 4 – Tarifa de energia B1 (TE+TUSD) [R$/MWh]: classe de consumo e região (2019)

CLASSE DE CONSUMO	Brasil	1º Sul	2º Centro-Oeste	3º Sudeste	4º Nordeste	5º Norte	ICMS	Perfil de Auto-consumo
Comercial, Serviços e Outras	524,88	511,60	527,50	520,01	499,78	610,74	18%	Médio
Consumo Próprio	531,62	506,44	542,22	524,88	512,79	636,07	0%	Baixo
Iluminação Pública	308,70	286,93	311,10	314,39	298,95	360,14	0%	Baixo
Industrial	465,09	462,04	453,28	476,36	419,80	518,92	18%	Médio
Poder Público	528,97	526,61	542,99	521,57	501,29	603,01	25%	Alto
Residencial	533,85	517,41	555,06	538,83	500,12	621,50	25%	Baixo
Rural	385,77	361,13	405,00	394,10	381,13	449,72	18%	Alto
Rural Aquicultor	259,95	294,30	276,38	374,29	249,09	480,13	18%	Alto
Rural Irrigante	300,38	343,91	387,09	315,54	243,05	358,79	18%	Alto
Serviço Público I*	393,57	390,94	407,47	398,19	369,66	463,16	0%	Alto
Serviço Público II*	420,51	475,55	524,82	442,37	344,84	426,53	0%	Alto
TOTAL POR REGIÃO	498,70	453,23	486,27	489,87	522,94	539,65	25%	Médio

Fonte: Brasil (2018).
Notas: Adaptado pelo autor. *I: água, esgoto e saneamento. II: tração elétrica.
**Perfil de autoconsumo direto da energia gerada: 100 % Alto; 60% Médio; 30% Baixo

Tabela 5 – Premissas técnicas regionais - Parte 1

Região	Irradiação Global Média [kWh/m²]	O&M [%receita/ ano]	Seguro [%receita/ ano]	Salário médio técnico eletricista [R$]	Custo de Terreno Relativo	Geração [MWh/ ano] por MW instalado
Nordeste	5,90	1,1%	0,8%	3.600,00	95%	2.107,48
Centro-Oeste	5,70	1,2%	0,6%	4.300,00	80%	2.036,04
Sudeste	5,60	0,9%	0,7%	5.700,00	125%	2.000,32
Norte	5,50	1,3%	1,0%	3.500,00	85%	1.964,60
Sul	5,00	0,8%	0,4%	5.300,00	115%	1.786,00
Brasil	5,54	1,1%	0,7%	4.480,00	100%	1.978,88

Fonte: EPE (2019).

Tabela 6 – Premissas técnicas regionais - Parte 2

Região	Preço Médio de Instalação [R$/kW] *		
	0,075 a 0,5MW	0,5 a 1MW	1 a 5MW
Nordeste	5.630,36	5.067,32	3.941,25
Centro-Oeste	5.639,73	5.075,76	3.947,81
Sudeste	6.783,48	6.105,13	4.748,44
Norte	5.446,88	4.902,19	3.812,81
Sul	6.499,55	5.849,60	4.549,69
Brasil	6.000,00	5.400,00	4.200,00

Fonte: EPE (2019).
Notas: Adaptado pelo autor. *(25% Custo fixo + 25% Atrelado ao dólar (R$4,00) + 25% Custo de terreno + 25% Custo de mão de obra).

4.2.2 Premissas Jurídicas e Tributárias

As premissas jurídicas e tributárias são importantes para serem consideradas, principalmente quando se leva em conta os possíveis incentivos, discutidos na Seção 4 deste trabalho. Para essa análise, foi considerado um sistema ligado à rede (*grid-tie*) e com compensação de energia elétrica (*net metering*).

Um dos incentivos mais difundidos no Brasil é a isenção do ICMS. Entretanto, uma isenção pouco usada é a de Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Na Bahia, por exemplo, há faixas de desconto de acordo com o percentual de consumo de energia solar FV (LEIS MUNICIPAIS, 2018).

Outro desconto possível, conforme § 6º do art. 15 da Lei nº 9.074/95 (BRASIL, 1995), é sobre a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). Definida pela ANEEL, essa tarifa é aplicada aos consumidores, geradores e distribuidores para utilização do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Para este trabalho serão aplicadas as seguintes isenções: Imposto sobre circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS); Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP); Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social (COFINS). Já o desconto na TUSD (80% nos dez primeiros anos e 50% posteriormente), que será calculado de forma simplificada, com valor médio de redução de R$ 12/kW/mês.

Na Figura 19 é apresentado um exemplo prático da incidência de tributos de um consumidor residencial de Vila Velha/ES (referente a outubro de 2020), da chamada cobrança “por dentro”. Vale ressaltar que a forma de cálculo da tarifa de energia foi alterada no Recurso Extraordinário (RE) 574.706 pelo Supremo Tribunal Federal (STF) em 2019, já que antes o cálculo do ICMS era feito junto com o PIS e o COFINS, gerando uma bitributação (SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL, 2020). As equações (7), (8) e (9) são utilizadas para apuração do valor total cobrado.

$$PIS + COFINS = (AP + AC).\frac{C\ .T}{1-(AP+AC)} \tag{7}$$

Onde: AP = Alíquota PIS (%); AC = Alíquota COFINS (%); C = Consumo (kWh); T = Tarifa (R$/kWh).

$$ICMS = AI.\frac{C\ .T}{[1-(AP+AC)].[1-AI]} \tag{8}$$

Onde: AI = Alíquota ICMS (%).

$$Valor\ Total\ a\ Pagar = C.T + ICMS + PIS + COFINS + CIP + Outros \tag{9}$$

Onde: CIP = Contribuição de iluminação pública (R$); Outros = Juros, multa ou doações (R$).

Figura 19 – Exemplo prático da incidência dos tributos na fatura de energia elétrica

Detalhes de Faturamento

Descrição	Quantidade	X	Tarifa(R$)		Total (R$)
Fornecimento de energia elétrica					171,75
Consumo	223,00 KWH		0,55700000		124,21
Tributos	**B. Cálculo**		**Alíquota**		
PIS	128,81	X	0,64%	=	0,83
COFINS	128,81	X	2,93%	=	3,77
ICMS	171,75	X	25,00%	=	42,94
DOA LBV TEL.08000555099					35,00
Contribuição de Ilum. Pública - Lei Municipal 72/2019					18,60
Seguro 0800 725 8654					6,71

Aviso

Débito automático

Valor Total a Pagar

R$ 232,06

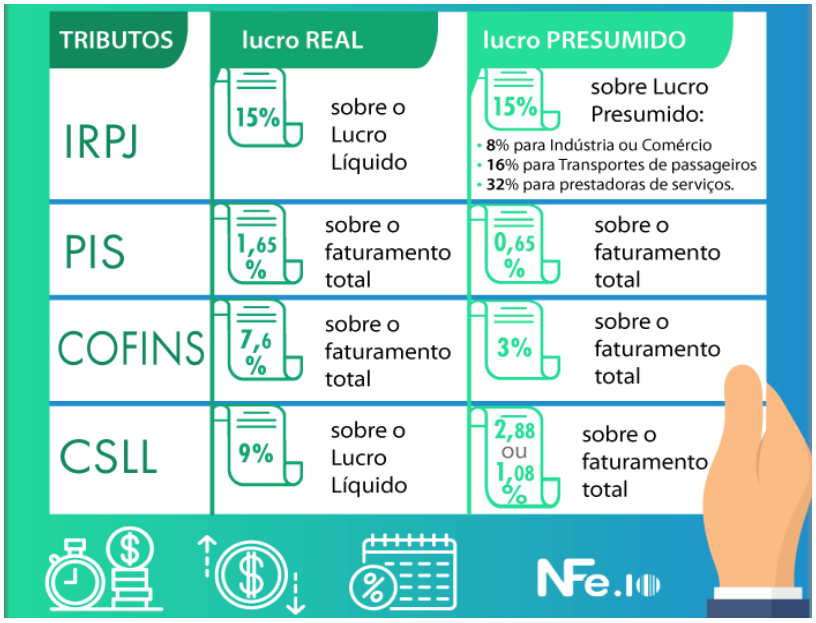
Consumo mês / kWh

223

Fonte: Energias de Portugal (2020).
Nota: Adaptado pelo autor.

Devido ao porte do empreendimento, há dois tipos de regime tributário possíveis, mostrados na Figura 20, quais sejam: lucro real que tributa a receita menos despesa e custo, sendo vantajoso para empresas com margem de lucro pequena ou com prejuízos; e lucro presumido que tributa a receita com percentuais menores que lucro real.

Figura 20 – Alíquotas de imposto: lucro real x lucro presumido



Fonte: Notas Fiscais Eletrônicas (2019).

O lucro real ainda tem um fator de complexidade a mais, que é a apuração mensal. Além disso, possui a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), cerca de quatro vezes maior que no lucro presumido. Dessa forma, o regime escolhido será de lucro presumido. Resumindo, as premissas jurídicas e tributárias utilizadas nesta análise podem ser vistas no Quadro 8.

Quadro 8 – Premissas jurídicas e tributárias

PREMISSAS JURÍDICAS E TRIBUTÁRIAS	**UNIDADE DE MEDIDA**	**VARIAÇÃO**	
		MIN	**MAX**
TUSD (com desconto por decênio: 80% / 50%)	R$/kW/mês	2,4	6
Regime tributário	tipo / lucro	Real	Presumido
PIS	% Receita Bruta	1,65	0,65
COFINS	% Receita Bruta	7,6	3
CSLL	% Lucro Liq/ Fat. Total	9	2,88
ICMS	% Rec. Não consumida	0	25
Imposto de Renda	% Receita Bruta	15	8

Fonte: Contabilizei (2020).

4.2.3 Premissas Financeiras

As premissas financeiras são necessárias para responder os questionamentos da análise econômica de toda e qualquer modelagem de negócio. Os indicadores mais comuns usados na análise são: TIR; *ROI;* Valor Presente Líquido (VPL); *Payback*; EBITDA; Demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE); e Fluxo de Caixa.

Assim, para calcular os indicadores será preciso mensurar as premissas, tais como: depreciação média dos componentes; parcela do investimento total; tipo de empréstimo – Price (sistema de parcela constante) ou sistema de amortização constante (SAC); taxa de juros; WACC; inflação; cotação do dólar; entre outros, a depender do ramo do negócio.

Para chegar no resultado apresentado neste trabalho, foram utilizados indicadores financeiros, que podem ser calculados da seguinte forma:

i. **Valor Presente Líquido (VPL):** determina a soma dos valores futuros descontados a uma taxa de juros, equiparando-os a um montante atual. Nos resultados apresentados do modelo de negócio, ela serve tanto para trazer ao valor presente o investimento inicial necessário, que é parcelado, como também consolidar o lucro líquido ano a ano e a economia gerada pelo projeto com o fluxo de caixa descontado. A Equação (10) apresentada permite calcular o VPL.

$$VPL = \sum_{n=0}^{N} \frac{\mathrm{FC}_n}{(1 - \mathrm{i})^n} \tag{10}$$

Onde: FC – Fluxo de Caixa; i – taxa de juros; n – período.

ii. **Taxa Interna de Retorno (TIR):** representa a taxa que faria o fluxo de caixa analisado ser zero. É o indicador financeiro calculado para mostrar o percentual de retorno do projeto. Quando descontado da TMA, tem-se a margem de viabilidade do projeto. A Equação (11) possibilita a determinação do TIR.

$$0 = VPL = \sum_{t=0}^{T} \frac{\mathrm{FC}_t}{(1 - \mathrm{TIR})^t} \tag{11}$$

Onde: FC – Fluxo de Caixa; t – tempo.

iii. ***Return Over Investment*** **(ROI):** é a margem de retorno. Percentual da receita, ou economia, no caso do condomínio solar, do projeto a partir do montante investido, dado pela Equação (12).

$$\mathrm{ROI}\ [\%] = 100 \frac{\mathrm{Economia}}{\mathrm{Investimento}} \tag{12}$$

As premissas utilizadas neste trabalho estão reunidas no Quadro 9, bem como exemplos de linhas de financiamento para geração distribuída no Brasil, no Quadro 10. O investimento será 100% financiado para todos os cenários apresentados nesse trabalho.

Quadro 9 – Premissas financeiras

PREMISSAS FINANCEIRAS	**UNIDADE DE MEDIDA**	**VARIAÇÃO**	
		MIN	**MAX**
Depreciação média dos componentes	% taxa / anos	4,5 / 18	5,5 / 22
Tempo de carência do Investimento	anos	0	2
Tempo de financiamento	anos	0	25
Taxa de Juros SELIC (pgto)	% aa, real	3	20
Inflação	%	0	6
Sistema de Pagamento	tipos	PRICE	SAC
Cotação do dólar	R$/U$	2	6
WACC	% aa, Real	5	12

Fonte: Banco Central do Brasil (2020).
Nota: Adaptado pelo autor.

Quadro 10 – Linhas de financiamento para geração distribuída

BANCO	PÚBLICO ALVO	LINHAS DE FINANCIA-MENTO	PRAZO DE AMORTIZAÇÃO	TAXA DE JUROS	FAIXA DE VALORES	OBS.
Caixa Econômica Federal	PF	Construcard PF	Até 240 meses	Entre 2,5% a.m. + TR* e 3,1% a.m.+ TR	Financiamento mínimo de R$ 1000,00	Taxa depende do relacionamento (+ alienação de imóvel)
	PJ	PROGER PJ	Até 60 meses, até 12 meses de carência	TJLP*+5% a.a.	Empresas com faturamento < R$ 7,5 milhões/ano	Recursos FAT.
Banco do Brasil	PF	BB Crediário	Até 54 meses, até 59 dias de carência	A partir de 3,31% a.m.	Teto de R$50 mil por operação	Financia até 100% de bens novos
	PJ	Proger Urbano Empresarial	Até 72 meses, até 12 meses de carência	A partir de 0,97% a.m.	Empresas com faturamento < R$ 10 milhões/ano	
		BB Crédito Empresa	Até 60 meses, até 3 meses de carência	A partir de 1,8% a.m.	Empresas com faturamento < R$ 90 MM/ano	
Banco do Nordeste	PJ	FNE Verde	Até 20 anos, com até 8 anos de carência	7,65% a 11,18% a.a., a depender: setor (rural ou não) e faturamento		Uso do sistema FV como garantia
	PJ e agricultor	FNE Sol	Até 12 anos, e até 1 ano de carência	De 6,5% a 11% a.a.		Uso do sistema FV como garantia.
	Agricultor familiar	PRONAF Eco e Mais Alimentos	Até 10 anos, com até 3 anos de carência	Entre 2,5% a.a. e 5,5% a.a.	Financiamento Máximo até R$ 150 mil (individual) / até R$ 750 mil (coletivo)	
BNDES	PJ	Automático (indireto, via instituições credencia-das)	Até 36 meses, com máximo de 12 meses de carência	a partir de TJLP + 1,6% (a.a.) + *spread* instituição credenciada	Empresas com faturamento <R$ 90 MM/a. ii. Financiamento até R$ 20 MM	GD pequeno porte (< ~4MWp)
		Finem Eficiência energética (direto)	Varia de acordo com cliente	A partir TJLP + 1,5% + *spread* de ri a.a.	Financiamento mínimo: R$ 5 milhões ii. GD qualquer porte	*Spread* de risco: até 4,86% a.a.
		Finame – BK Aquisição	Até 60 meses, carência máxima de 24 meses	A partir de TJLP + 1,6% (a.a.) + *spread* instituição credenciada	GD qualquer porte	Aquisição e Comercializa-ção de Bens de Capital nacionalizados
		Cartão BNDES	Até 48 meses	1,32% a.m.	Empresas com faturamento < R$ 90 MM/ano e Finan até R$ 1MM	

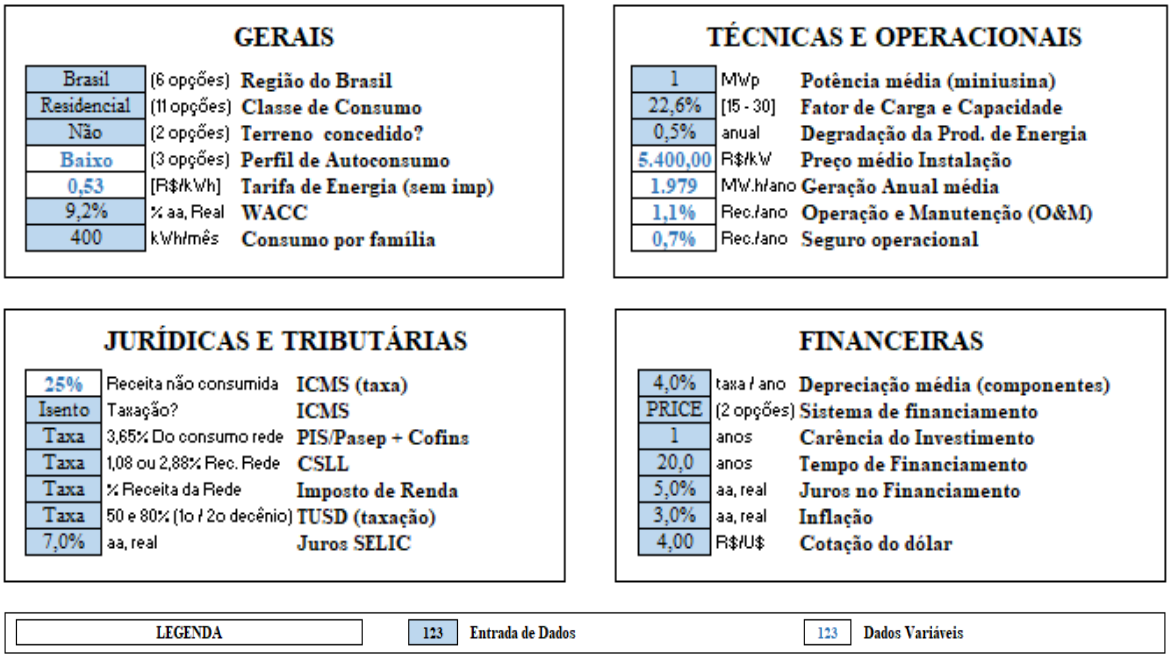
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019b).

4.3 Resultados

Para análise principal do projeto de condomínio solar, foram adicionados valores médios para as premissas, no intuito de se obter um resultado sem nenhum tipo de viés. A miniusina sugerida de 1 MWp atenderia 352 famílias com consumo médio de 469 kWh/mês. Cabe observar que o consumo médio brasileiro é menor que a simulação proposta. Porém há discrepâncias regionais e sociais, além de uma defasagem quando comparado aos países mais desenvolvidos. Dessa forma, optou-se por utilizar uma faixa mais adequada ao potencial investidor (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2008).

Na simulação feita no programa *Microsoft Excel*, enquanto se inserem alguns dados diretamente, outros variam conforme escolhas anteriores, como, por exemplo, a tarifa de energia dependerá da região, e o perfil de consumo dependerá da classe de consumo. Nele foi escolhido o regime tributário de lucro presumido. Os valores utilizados estão descritos na Figura 21. A modelagem detalhada por ano de operação com o fluxo de investimento, receita e custo encontra-se no APÊNDICE A, e a demonstração do resultado do exercício (DRE) e o fluxo de caixa livre estão no APÊNDICE B.

Figura 21 – Premissas utilizadas para análise de resultado principal



Fonte: Produção do próprio autor.

$$VPL = \sum_{n=0}^{N} \frac{\mathrm{FC}_n}{(1-\mathrm{i})^n}$$

$$0 = VPL = \sum_{t=0}^{T} \frac{\mathrm{FC}_t}{(1-\mathrm{TIR})^t}$$

$$\mathrm{ROI}\ [\%] = 100 \frac{\mathrm{Economia}}{\mathrm{Investimento}}$$

Assim, com essas premissas escolhidas (Figura 21), a margem de viabilidade do projeto, que é a diferença entre a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o WACC (Custo Médio Ponderado de Capital) ficou em 9,1%, o que representa um empreendimento de risco muito baixo, já que a TIR é aproximadamente 100% maior que o WACC.

Além disso, o tempo de retorno de investimento (*Payback*) foi de 7 anos, mesmo tendo em vista que, para o condomínio em questão, não teria terreno disponível para instalação dos painéis, tendo que adquiri-lo. A economia total por família, considerando o horizonte de 25 anos de projeto, foi de mais que 24 mil reais, trazidos a valor presente líquido (VPL). O resultado consolidado é ilustrado na Figura 22.

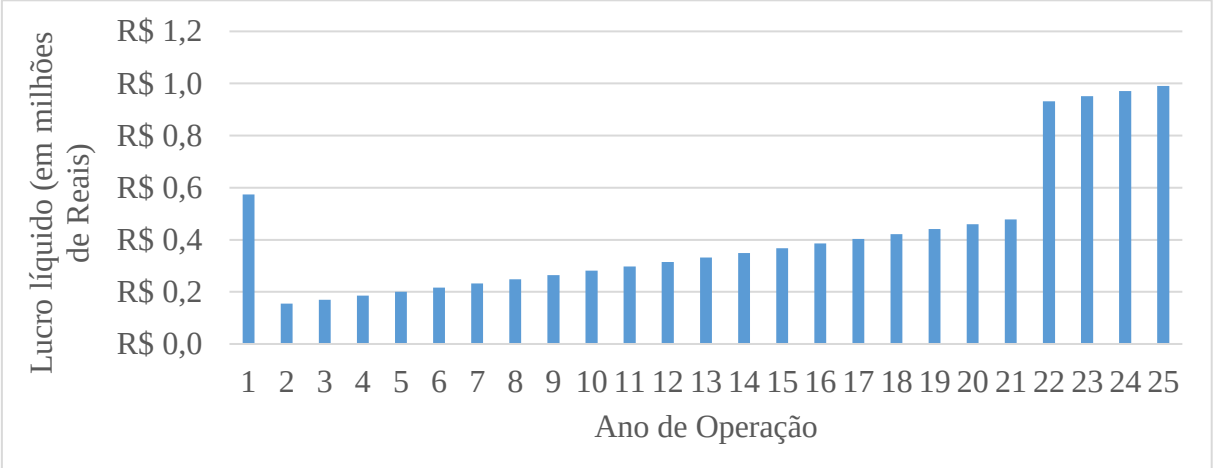
Vale salientar que a abordagem do custo nivelado da energia (LCOE, do inglês *Levelized Cost of Energy*), muito utilizado na literatura para comparar diferentes fontes de energia, não foi calculado nesse trabalho, visto que o foco é apenas a viabilidade econômica do empreendimento de condomínio solar FV (WÄRTSILÄ, 2020).

Figura 22 – Resultados e indicadores principais

Fonte: Produção do próprio autor.

Para a análise mais detalhada, por ano de operação, pode-se ver no Gráfico 19, a influência do tempo de carência de 1 ano e do prazo do financiamento de 20 anos com diferenças acentuadas de lucro líquido nesses períodos. Além disso, nota-se que o lucro aumenta ano a ano, já que a inflação da tarifa de energia cresce à uma taxa maior que os custos da miniusina FV. A consolidação desse fluxo, trazida a valor presente líquido, é apresentada na Figura 22 como "Lucro Líquido VPL".

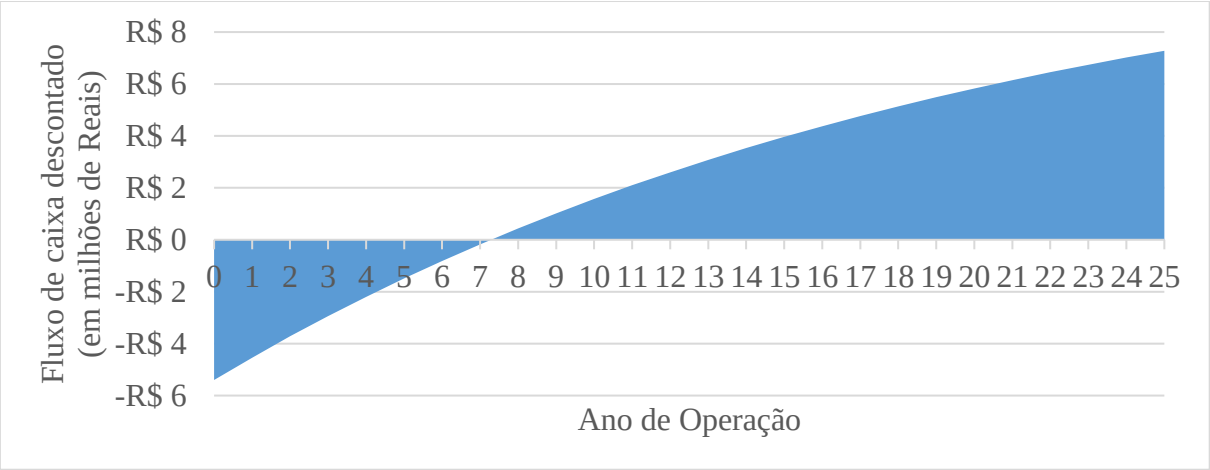
Gráfico 19 – Lucro líquido



Fonte: Produção do próprio autor.

No Gráfico 20, referente ao fluxo de caixa descontado, que não considera a depreciação dos ativos, verifica-se o *Payback* de 7 anos, bem como a perspectiva de longo prazo do projeto, com no mínimo 25 anos. A consolidação desse fluxo trazida a valor presente líquido é apresentada na Figura 22 como “Economia VPL”.

Gráfico 20 – Fluxo de caixa descontado



Fonte: Produção do próprio autor.

4.4 Análise de Sensibilidade

O objetivo da análise de sensibilidade é identificar quais fatores (premissas) são mais críticos no modelo de negócio e que podem influenciar ou até mesmo causar mudanças em decisões estratégicas durante a implementação. A partir de uma série de simulações, nas quais se efetuam variações nos valores das premissas, é possível observar as alterações nos indicadores econômicos da viabilidade financeira do projeto. Para os cenários que serão apresentados, as premissas não consideradas nas análises de sensibilidade serão as mesmas mostradas na Figura 20.

4.4.1 Das Premissas Gerais

Nas premissas gerais, o perfil de consumo não precisa ter a sensibilidade analisada separadamente nos resultados, pois ele dependerá da classe de consumo. A classe residencial, por exemplo, tem maior demanda de energia à noite, enquanto a classe comercial, durante o dia. Dessa forma, o baixo autoconsumo da classe residencial faz com que ela troque com a rede

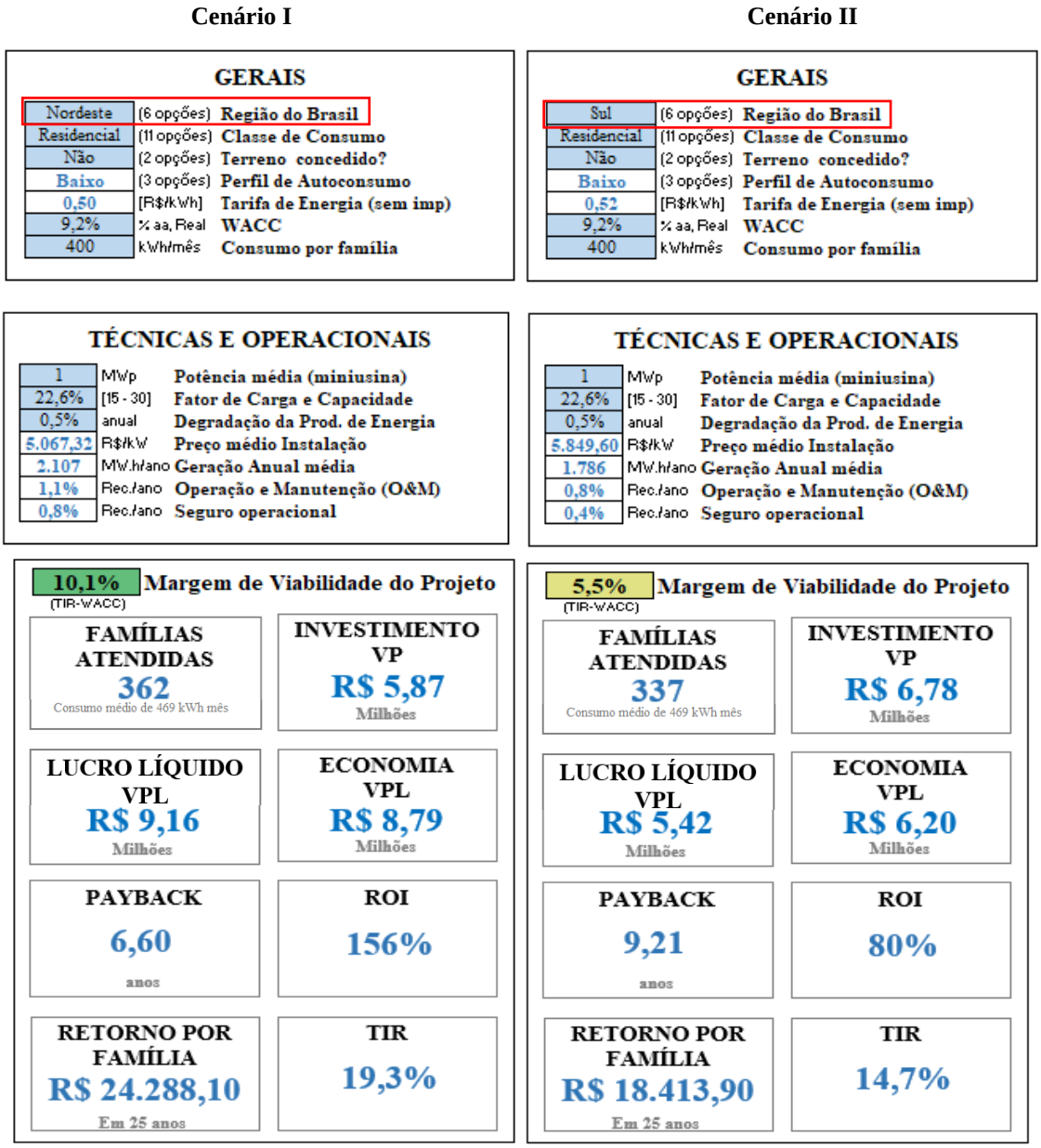
a energia que gera, obtendo um consumo majoritariamente indireto. Bem como a tarifa de energia não necessita de análise apartada, já que está atrelada à região em que considerada.

O custo médio de capital ponderado (WACC) normalmente é um valor calculado previamente pelas empresas para analisar a viabilidade do projeto. Como ele influencia apenas na margem de viabilidade do projeto, optou-se por não testar diferentes valores dessa premissa. Assim também é o consumo por família, que não afeta as margens e *payback* do projeto, e sim apenas o retorno (economia) por família e o número de famílias atendidas.

4.4.1.1 Região

Pode-se notar que ambos cenários da Figura 23 representam projetos viáveis. Entretanto, a região sul teria um *payback* aproximadamente 40% maior, com quase metade do ROI. Além disso, a região escolhida para o projeto altera também itens das premissas técnicas e operacionais, como o preço médio da instalação, a geração anual média de energia, a Operação e Manutenção (O&M) e o seguro operacional.

Figura 23 – Análise de sensibilidade quanto às regiões

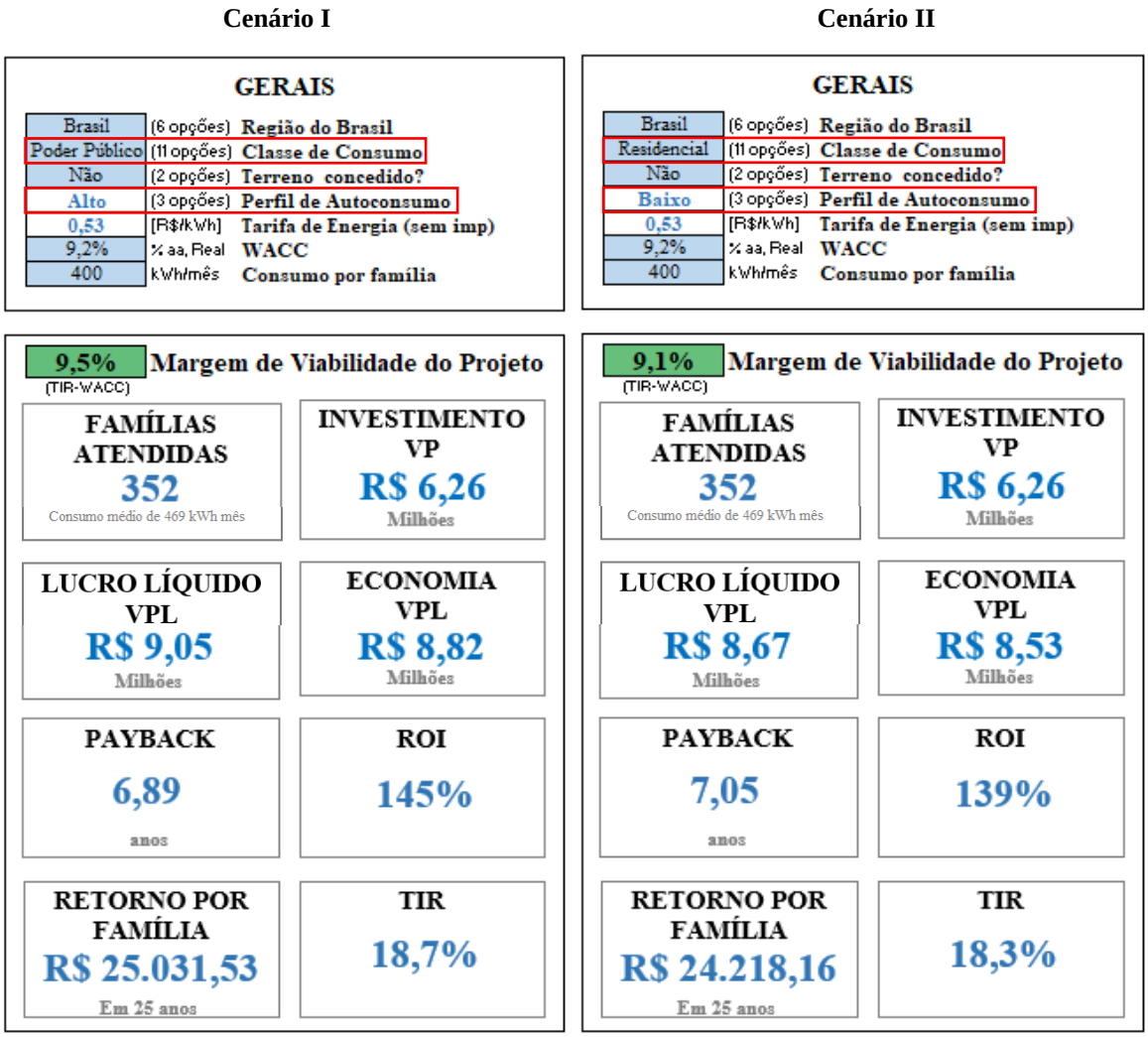


Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.1.2 Classes de consumo

Fazendo uma comparação entre classes de consumo com autoconsumo de energia alto e baixo, pode-se observar na Figura 24 uma diferença de apenas 0,16 anos, ou 2 meses, aproximadamente, no *payback*. Logo, não há variações relevantes para serem consideradas nesse quesito.

Figura 24 – Análise de sensibilidade quanto às classes de consumo

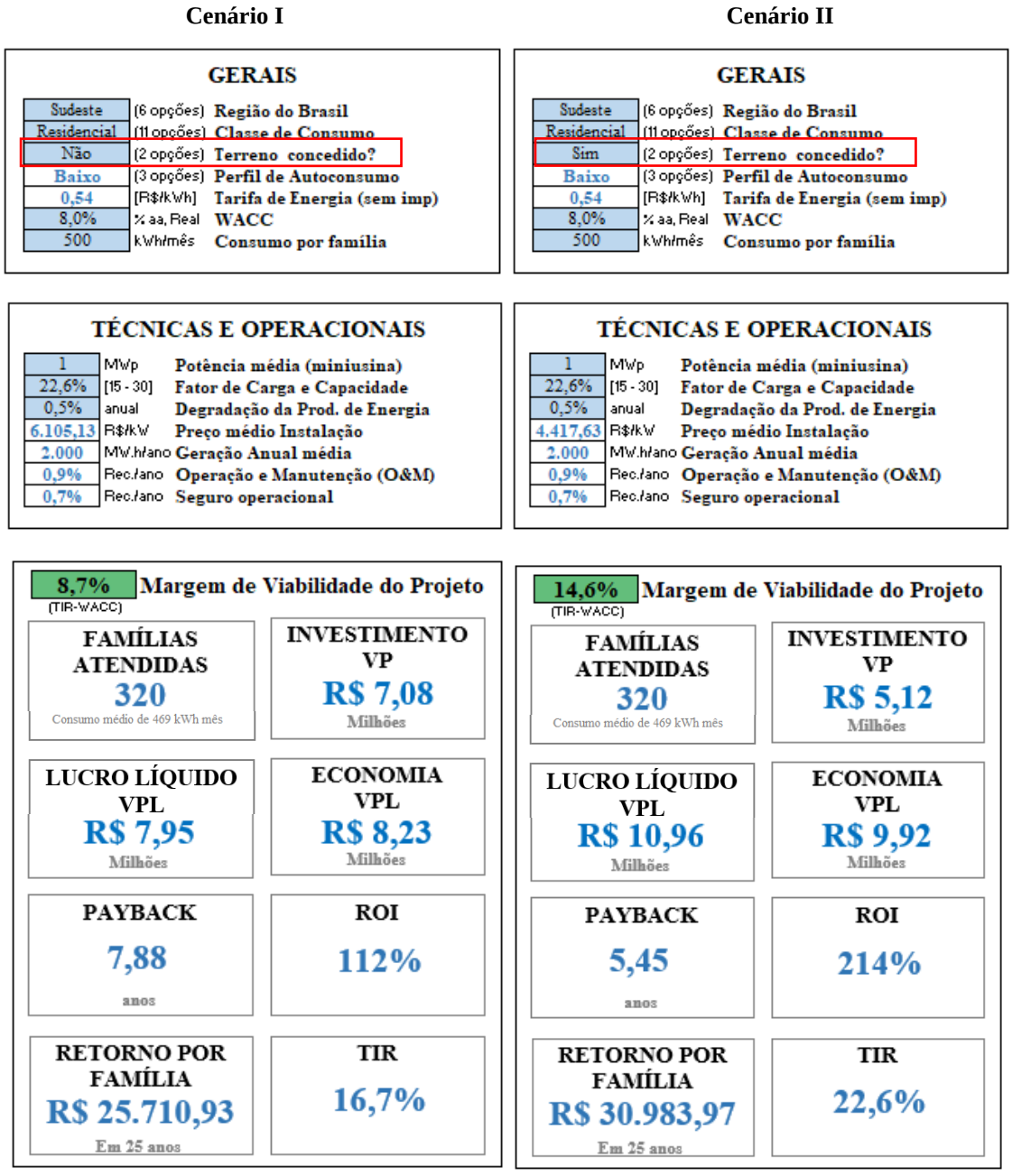


Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.1.3 Terreno

Pode-se notar na Figura 25, que usar terreno concedido (ou próprio), diminui em 28% o custo de instalação por kW (de R$ 6.105,13 para R$ 4.417,63). Com isso, a margem de viabilidade do projeto aumenta em 5,9%, elevando a segurança para o investimento. por outro lado, o *payback* torna-se o indicador econômico de alteração mais pronunciada, de 7,88 para 5,45 anos (31% de redução), que representa, aproximadamente, 2 anos e 5 meses.

Figura 25 – Análise de sensibilidade quanto ao terreno



Fonte: Produção do próprio autor.

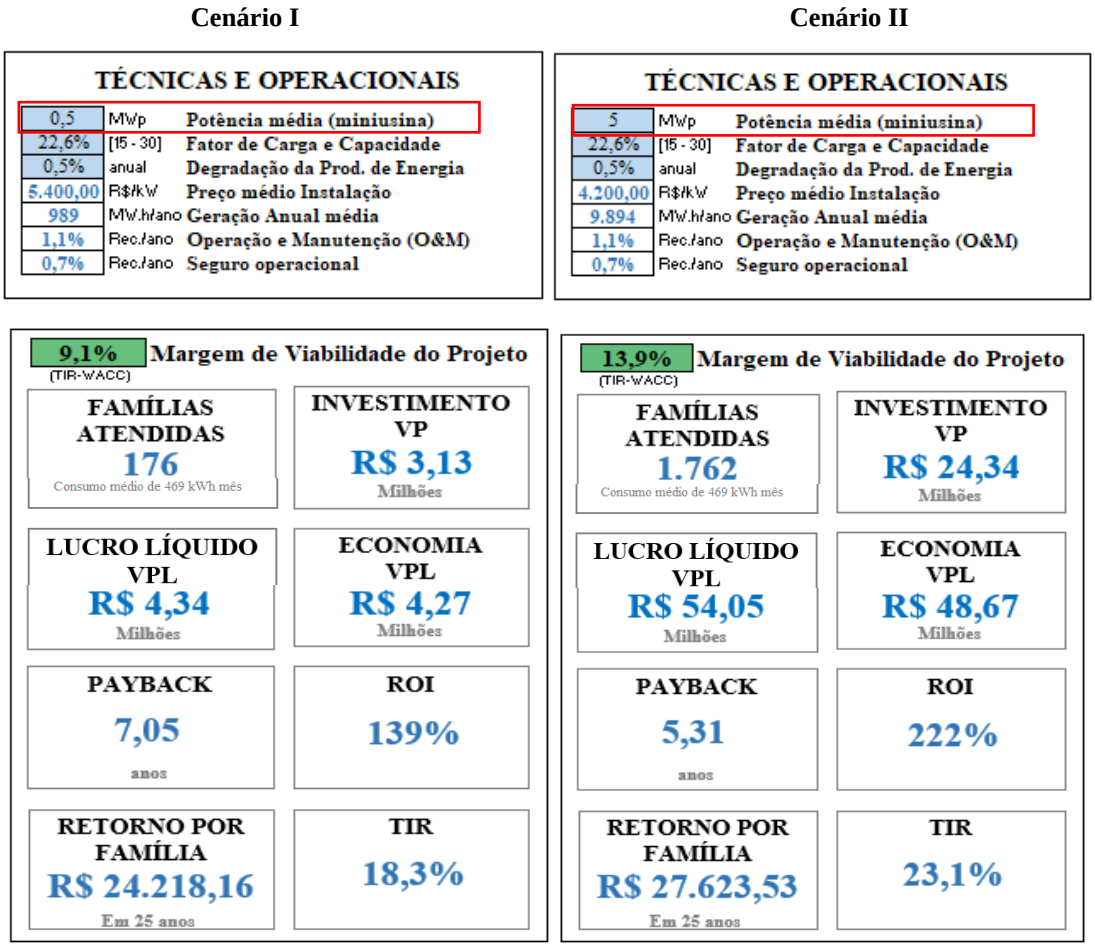
4.4.2 Das Premissas Técnicas e Operacionais

A maioria das premissas técnicas e operacionais consideradas nessa modelagem são dependentes das variáveis gerais, como a região do projeto ou a classe de consumo. Dessa forma, serão analisadas apenas a sensibilidade quanto à potência e o fator de carga, conjuntamente com a degradação da produção de energia.

4.4.2.1 Potência média

Como mostrou a Tabela 6, o investimento necessário para o empreendimento depende da faixa de potência instalada da miniusina. Quando se vê na Figura 26 o *payback* sendo reduzido em 2 anos e 8 meses, do Cenário I com 0,5 MWp instalado, para o Cenário II com 5 MWp, conclui-se que, para a disseminação dos condomínios solares, quanto maior sua magnitude, mais rentável.

Figura 26 – Análise de sensibilidade quanto à potência instalada

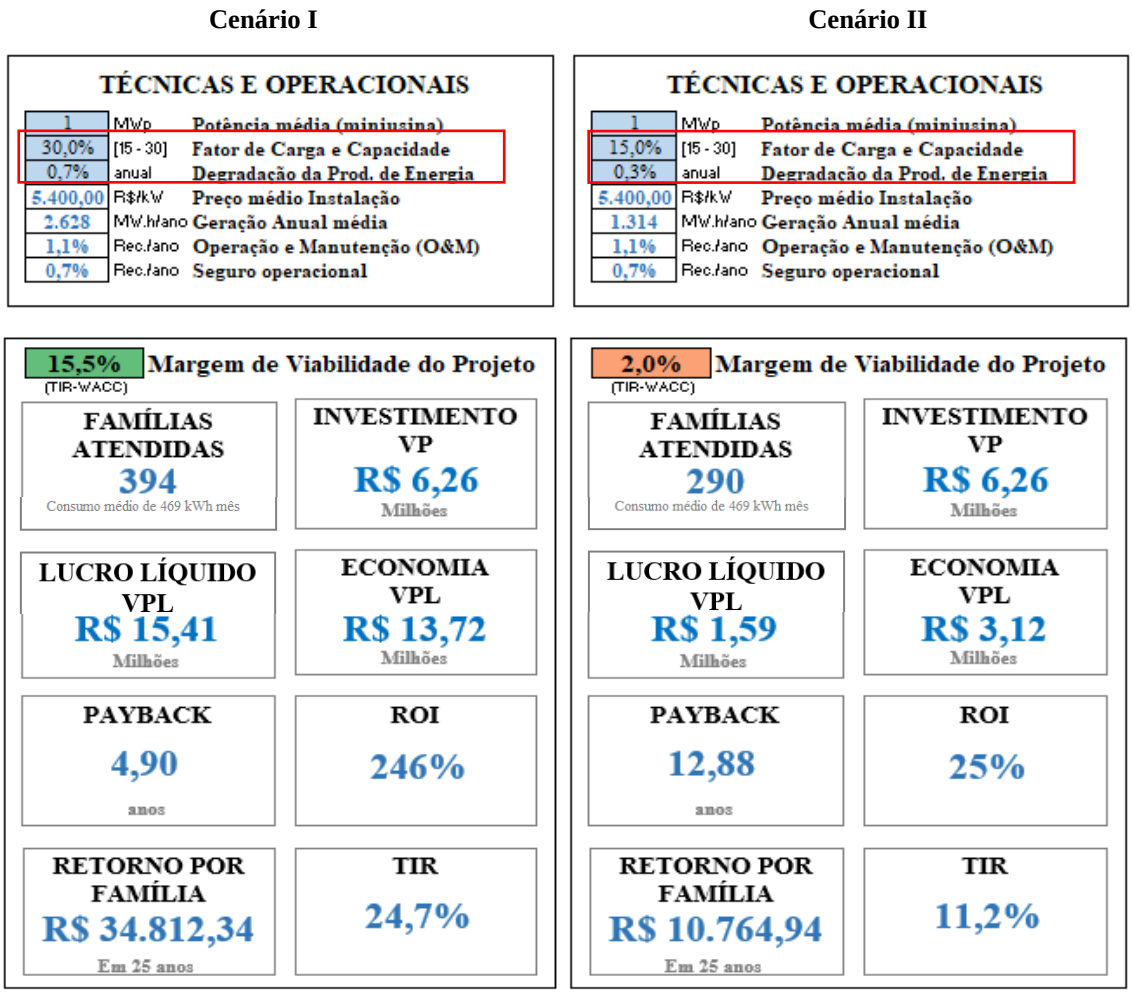


Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.2.2 Fator de carga e capacidade e degradação da produção de energia

Nessa análise de sensibilidade, apresentada na Figura 27, foi proposto no Cenário I a maximização da premissa fator de carga e capacidade – diminuindo o tempo de retorno investimento – e da degradação da produção de energia – aumentando o *payback* –, ambas encontradas no Quadro 6. No Cenário II as duas premissas foram minimizadas, com o objetivo de produzir o efeito reverso nos resultados encontrados no Cenário I. Assim, pode-se perceber que a característica mais influente a ser considerada no projeto é o fator de carga, já que, mesmo com a degradação de energia máxima no Cenário I, o *payback* foi menor que 5 anos, com uma margem de viabilidade de 15,5%. Enquanto no Cenário II, mesmo utilizando a degradação de produção de energia mínima de 0,3%, com o fator de carga pequeno – 15% – o projeto correria sérios riscos, e poderia ser considerado inviável dependendo de outros parâmetros adotados, visto que a margem de viabilidade seria de apenas 2%.

Figura 27 – Análise de sensibilidade quanto ao fator de carga e degradação da produção



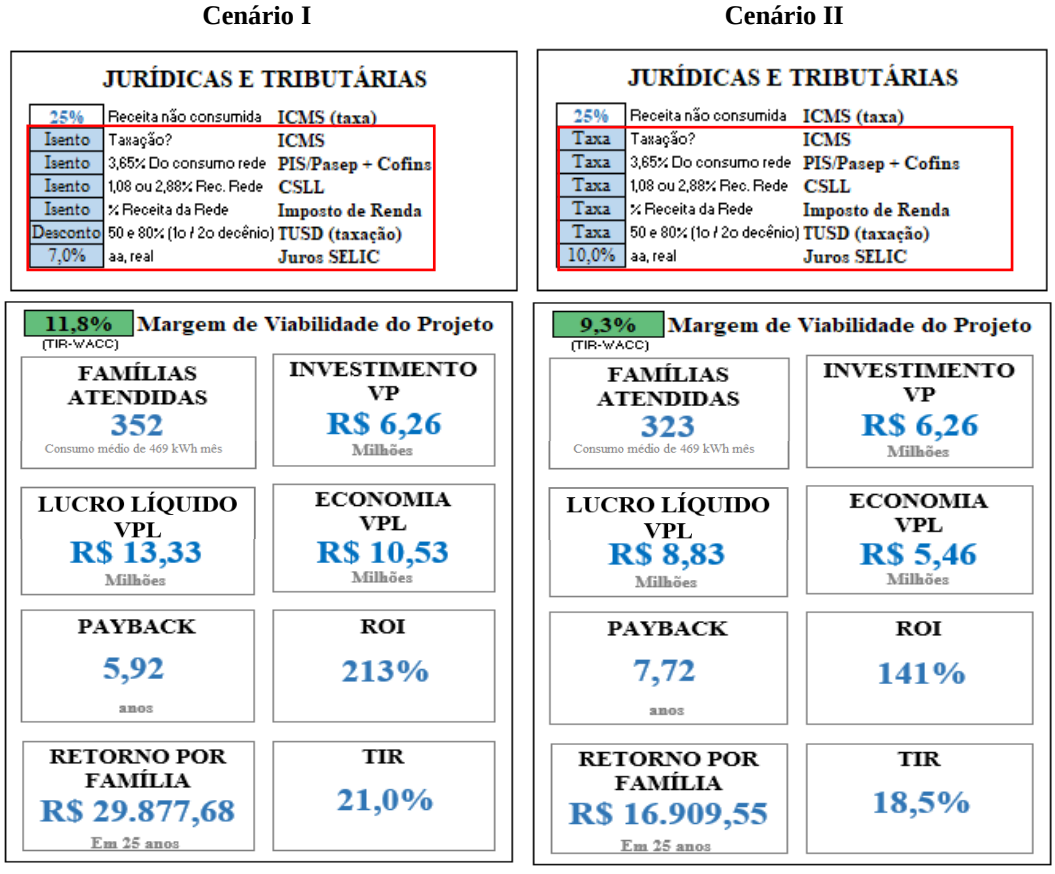
Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.3 Das Premissas Jurídicas e Tributárias

A taxa de juros do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), poderia estar enquadrada nas premissas Financeiras, não fosse o fato de que ela é induzida pelo Comitê de Política Monetária (Copom) a cada 45 dias, em que se reúnem para decidir para onde vai a taxa básica de juros no Brasil. Ela afeta a modelagem de qualquer tipo de negócio: quanto menor o seu valor, maior é a vantagem do investimento, pois facilita os empréstimos bancários.

Os impostos, como PIS/Pasep, COFINS, CSLL e IR, como também a taxação sobre TUSD, perfazem conjuntamente ofensores à viabilidade do projeto. Entretanto, aquele que tem maior impacto analisado separadamente é o ICMS, que em praticamente todas as unidades federativas brasileiras teve política de isenção para energia solar. Para analisar a relevância de outras medidas possíveis, observa-se na Figura 28 o impacto que a isenção do conjunto restante de impostos causa na viabilidade do projeto, subtraindo-se R$ 5 milhões de economia (52%).

Figura 28 – Análise de sensibilidade quanto à isenção de impostos



Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.4 Das Premissas Financeiras

Uma das primeiras dúvidas nas premissas financeiras é a escolha do sistema de financiamento do projeto. O SAC, em detrimento ao PRICE, faz com que o pagamento de juros seja maior no fim do contrato (dados os mesmos prazos e valores de juros). Entretanto, o alto valor de parcela no início do financiamento não compensa para o modelo de negócio sugerido.
A proposta é para que consumidor defina o tamanho da parcela do financiamento baseado na fatura de energia elétrica que ele esteja economizando. Assim, quando terminar de quitar o empreendimento, irá usufruir de poder pagar apenas a taxa mínima do custo disponibilidade de energia da concessionária.

Além disso, depois de definido o sistema de pagamento, é necessário mensurar qual o tempo de financiamento, sendo este dependente da taxa de juros. Quanto maiores os juros, maior deverá ser o prazo para pagamento, visto que a parcela deve se adequar à economia gerada pela miniusina. Há inclusive uma vantagem histórica em longos financiamentos, já que a inflação da tarifa de energia tende a ser maior que os juros no longo prazo.

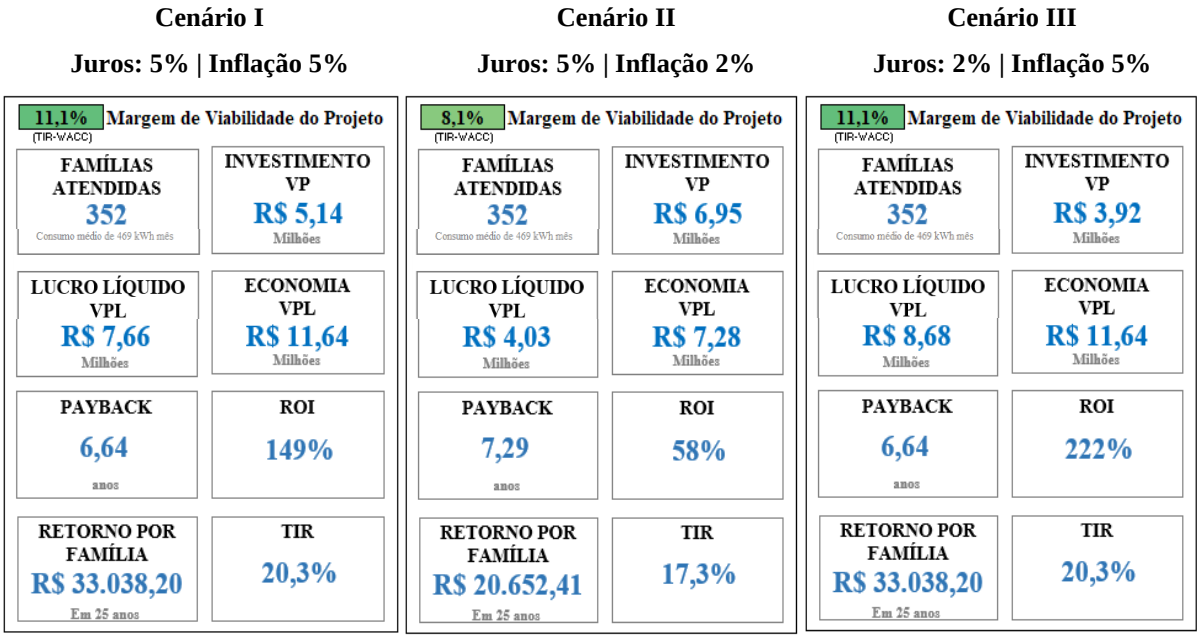
Também no campo da escolha do financiamento, há que se ponderar sobre o tempo de carência nas linhas de crédito, que, como visto no Quadro 10, pode chegar a até 8 anos (linha de crédito do Banco Nordeste – ano 2019). Porém, a indústria de energia renovável não é dependente de capital de giro como, por exemplo, o varejo, logo não é um fator essencial para escolha do financiamento.

E, por fim, o dólar afeta diretamente o valor total dos investimentos, já que não há produção nacional de células, apenas importação e montagem dos painéis. Com isso, os componentes tem que ser cotados em dólar.

4.4.4.1 Juros do financiamento e inflação da tarifa

Nos cenários mostrados na Figura 29 foram testadas as hipóteses de juros iguais, maiores e menores do que a inflação. Com isso, pode-se verificar que o decréscimo dos juros diminui o investimento necessário (trazido a valor presente), e aumenta a "receita" (lucro líquido: economia gerada pelo não pagamento da conta de energia). Porém, como a economia do projeto como um todo é dada pelo valor presente líquido do fluxo de caixa livre descontado, o juro sozinho não impactará na margem de viabilidade do projeto. Enquanto isso, quanto maior a inflação da tarifa de energia, menor será o *payback.*

Figura 29 – Análise de sensibilidade quanto aos juros e à inflação

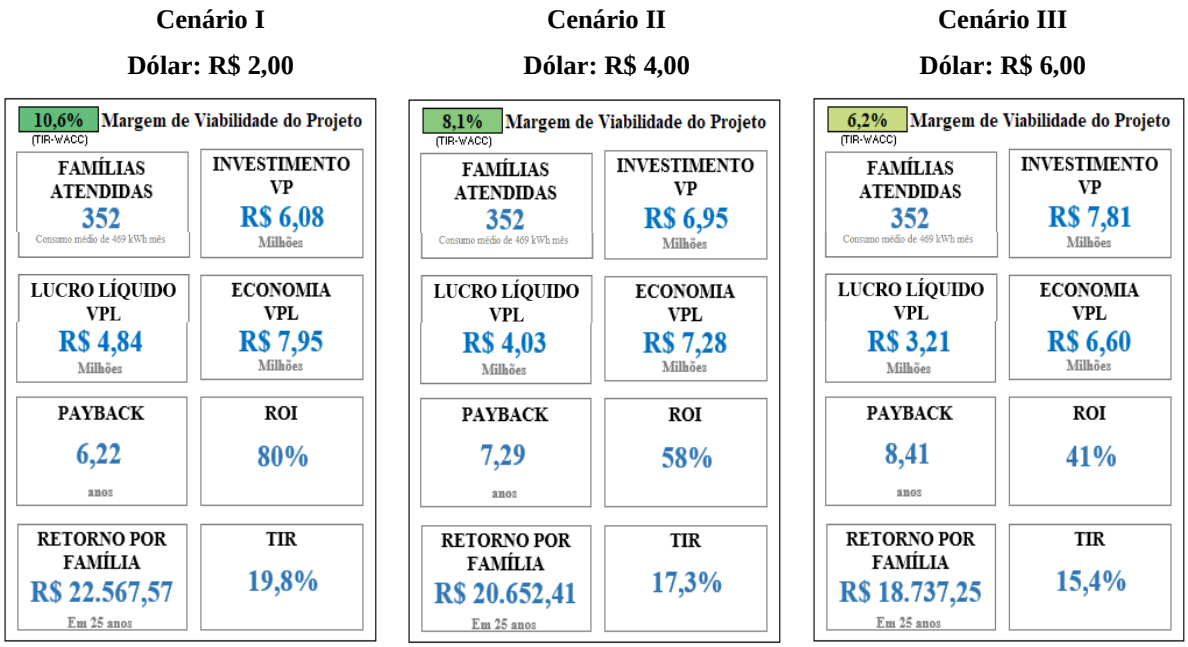


Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.4.2 Dólar

Nos cenários de comparação do dólar, presentes na Figura 30, apresentam-se as taxas de câmbio de 2, 4 e 6 reais. Pode-se notar que, a cada 2 reais de valorização do dólar, há um atraso de aproximadamente 1 ano no tempo de retorno do investimento (*payback)* do projeto e uma diminuição da margem de viabilidade de cerca de 2%. Isso demonstra, em números, o impacto financeiro de se ter o preço das células solares vinculado a essa moeda. Por isso, em períodos de alta volatilidade cambial, é importante antecipar o quanto o dólar pode afetar a viabilidade do empreendimento de condomínio solar.

Figura 30 – Análise de sensibilidade quanto ao dólar



Fonte: Produção do próprio autor.

4.5 Comentários Sobre a Análise Econômica

O papel desse capítulo foi trazer para o investidor os diferentes cenários que um projeto de mini usina FV deve avaliar. Contudo, há que se ponderar sobre os resultados: um *payback* de 7 anos para um condomínio solar residencial pode parecer razoável, entretanto, caso o mesmo modelo seja aplicado em consumidores comerciais, sem uma linha de financiamento adequada, poderia consumir parte do capital de giro dos investidores. Dessa forma, apesar deste trabalho ter apresentado as variáveis com juízo de valor, o juízo de fato deve ser feito caso a caso.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram mostrados os aspectos jurídicos e incentivos governamentais para geração de energia FV no Brasil e no mundo, bem como a burocracia envolvida para acesso à rede de distribuição. Nele também foram mapeados os fatores técnicos que podem alterar a eficiência desse tipo de fonte de energia, além de fornecer um contexto histórico da tecnologia e examinar sua evolução e o seu custo no decorrer dos anos. Ao final, foi apresentada uma análise de sensibilidade dos fatores preponderantes para a viabilidade financeira de um projeto de condomínio solar.

Conforme discutido nesse trabalho, há inúmeras medidas que devem ser tomadas para que o Brasil consiga aproveitar o potencial que tem em relação à energia solar FV. O país ainda tem muito a evoluir no âmbito jurídico, por isso aplicações de tecnologias como *Blockchain* e *Smart Grids* (Redes Inteligentes) no setor de elétrico estão longe de acontecer (GONÇALVES, 2019). Cabe salientar que a ANEEL cumpre um importante papel estratégico na fomentação de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para suprir a demanda de componentes locais e tornar a indústria nacional menos dependente do dólar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Porém, mostrou-se, mesmo com tantas barreiras e em cenários tão pessimistas, que o condomínio solar ainda é um empreendimento viável e de excelente retorno. E vale ressaltar que, além de ser uma alternativa executável financeiramente, é uma escolha certa ecologicamente.

Para sugestão de trabalhos futuros em geração de energia distribuída e tecnologias disruptivas no setor, poderiam ser analisados os seguintes assuntos:

- *Blockchain*: o impacto que a tecnologia trará na comercialização de energia, que poderá ser feita diretamente entre consumidores.
- *Smart grids*: os desafios da implementação de redes inteligentes no Brasil e os benefícios para geração de energia distribuída.
- *Internet of Things (IoT)*: o benefício do gerenciamento remoto de energia, com possibilidade de implementação de inteligência artificial para modelos de controle preditivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e Minigeração Distribuída**: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2014. 28 p. (Cadernos Temáticos ANEEL).

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-Módulo3_Revisão7/. Acesso em: 12 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica: Benefícios Líquidos ao Brasil**. 2018. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656877/16832773/4+-+ABSOLAR+GD+Solar+Fotovoltaica.pdf/f0d41ea4-4bba-8cf8-fb02-b864dc83c293. Acesso em: 12 set. 2019.

AGROOLHAR. **Termelétrica da JBS em Cuiabá envolvida em escândalo de corrupção voltará a comprar gás boliviano**. 2017. Disponível em: https://www.agroolhar.com.br/noticias/exibir.asp?id=25511&noticia=85omercializa-da-jbs-em-cuiaba-envolvida-em-escandalo-de-corrupcao-voltara-a-comprar-gas-boliviano. Acesso em: 12 set. 2017.

AMBIENTE E ENERGIA. **Por que querem impedir o avanço da energia solar fotovoltaica**. 2018. Disponível em: https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2018/11/por-que-querem-impedir-o-avanco-da-energia-solar-fotovoltaica/35125. Acesso em: 12 set. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas.** 2009. Disponível em: http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mmegtsf.pdf. Acesso em: 14 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.** 2012. Disponível em: http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf. Acesso em: 14 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Setor fotovoltaico vai gerar 672 mil empregos com manutenção do marco regulatório**. 2019. Disponível em: http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/setor-fotovoltaico-vai-gerar-672-mil-empregos-com-manutencao-do-marco-regulatorio.html. Acesso em: 25 jun. 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do cidadão**. 2019. Disponível em: https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/jsp/index.jsp. Acesso em: 12 set. 2019

BATISTA, A. K.; ALVES, A. C.; CÂMARA, L. S. C.; CASTRO, N. J.; LIMA, A. P. Políticas de fomento à geração solar no estado da Califórnia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018, Gramado. **Anais** [...]. Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/519/519. Aceso em: 27 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p. 10125, 8 jul. 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 53, 19 abr. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 45-46, 2 dez. 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, DF: MME; EPE, 2007. 223 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023**. Brasília, DF: MME; EPE, 2014. 434 p. Disponível em: http://www.epe.gov.br/pdee/forms/epeestudo.aspx. Acesso em: 16 jun. 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Consulta Pública MME nº 34 – Plano Decenal de Expansão da Energia -** Contribuição da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR**.** 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36104/925943/participacao_pdf_0.049739550608357.pdf/73e7c1af-d20e-8268-86a1-52baed20d428. Acesso em: 16 jun. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica – ProGD**. Brasília, DF: MME, 2018. 210 p. (Relatório). Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/20182/6dac9bf7-78c7-ff43-1f03-8a7322476a08. Acesso em: 18 set. 2019.

BRIGHT STRATEGIES. **Qual a melhor modalidade de compensação para o seu projeto?**. 2019. Disponível em: http://br-strategies.com/qual-modalidade-creditos-usina-solar/. Acesso em: 19 set. 2019.

BLUESOL. **Célula Fotovoltaica** – O Guia Técnico Absolutamente Completo. 2017. Disponível em: https://blog.bluesol.com.br/celula-fotovoltaica-guia-completo/. Acesso em: 19 set. 2019.

BUSINESS INSIDER. **One simple chart shows why an energy revolution is coming** – **and who is likely to come out on top**. 2018. Disponível em: https://www.businessinsider.com/solar-power-cost-decrease-2018-5. Acesso em: 19 set. 2019.

SOUZA, M. Entidades defendem incentivos a fontes renováveis de energia e criticam possível taxação. **Câmara,** Brasília, 12 ago. 2020. Disponível em: https://www.camara.leg.br/noticias/683905-entidades-defendem-incentivos-a-fontes-renovaveis-de-energia-e-criticam-possivel-taxacao/. Acesso em: 5 out. 2020.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Comercialização**. 2019. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/comercializacao?_adf.ctrl-state=x5jwqt9db_1&_afrLoop=161712332581110#!%40%40%3F_afrLoop%3D161712332581110%26_adf.ctrl-state%3Dx5jwqt9db_5. Acesso em: 13 set. 2019.

CARTA CAPITAL. **Lobbies à parte, apoio ao uso de energia solar ganha adeptos no Brasil**. 2020. Disponível em: https://www.cartacapital.com.br/blogs/change-org/lobbies-a-parte-apoio-ao-uso-de-energia-solar-ganha-adeptos-no-brasil/. Acesso em: 20 jan. 2020.

CENTRAL ELECTRA. **Como funciona uma central fotovoltaica?.** 2011. Disponível em: https://rd9centralelectrica.webnode.pt/desenvolvimento/centrais-fotovoltaicas/como-funciona-uma-central-fotovoltaica-/. Acesso em: 12 set. 2019.

CICLO VIVO. **Geração distribuída reduz custos de R$ 66 mi ao setor elétrico em um mês**. 2019. Disponível em: https://www.cartacapital.com.br/blogs/change-org/lobbies-a-parte-apoio-ao-uso-de-energia-solar-ganha-adeptos-no-brasil/. Acesso em: 5 dez. 2019.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **Bandeiras Tarifárias**. 2017. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeira-tarifaria/Paginas/default.aspx. Acesso em: 5 dez. 2019.

CONTABILIZEI. **Quais são os impostos federais, estaduais e municipais?**. 2020. Disponível em: https://www.contabilizei.com.br/contabilidade-online/impostos-federais-estaduais-e-municipais/. Acesso em: 5 out. 2020.

DESSBESELL, E. H.; GOMES, N. R. **Máquina de alimentação de pequenos animais**. Panambi: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

ECODEBATE. **Energia solar no deserto do Saara poderia suprir todo o consumo mundial**, 2019. Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2019/06/27/energia-solar-no-deserto-do-saara-poderia-suprir-todo-o-consumo-mundial/. Acesso em: 12 set. 2019.

ELGAMAL, G. N. G.; DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F. Os desafios da implementação da energia fotovoltaica no Brasil: uma análise dos modelos nos principais mercados mundiais. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 17., 2015, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: FEAUSP, 2015. Disponível em: http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/408.pdf. Acesso em: 27 out. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise da Inserção da Geração Fotovoltaica na Matriz Brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2014a. 58 p. (Nota técnica EPE).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional** - Ano Base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 292 p. (Relatório final).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2019**. Rio de Janeiro: EPE, 2019a. 66 p. (Relatório Síntese/Ano Base 2018). Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf. Acesso em: 19 set. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Informe: Leilão de Geração A-6/2019**. Rio de Janeiro: EPE, 2019b. 4 p. (Nota técnica EPE).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEA 19/14 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil**: condicionantes e impactos. Rio de Janeiro: EPE, 2014b. 60 p. (Série Recursos Energéticos).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Resenha mensal de energia elétrica**. 2008. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-163/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Julho%202008.pdf. Acesso em: 19 set. 2019.

ENERGIAS DE PORTUGAL. **Conta de energia**. 2020. Disponível em: https://www.edponline.com.br/entenda-sua-conta/index.html?estado=es&publico=parasuacasa. Acesso em: 12 set. 2020.

EPOWERBAY. **Geração Distribuída** - Acesso à Rede de Distribuição. 2019. Disponível em: https://www.epowerbay.com/single-post/2019/01/28/Geracao-Distribuida-Acesso-a-Rede-de-Distribuicao. Acesso em: 12 set. 2019.

EXAME. **Brasil é 2º no ranking da burocracia.** 2017. Disponível em: http://exame.com/blog/instituto-milleºium/brasil-e-2o-no-ranking-da-burocracia/. Acesso em: 25 jun. 2017.

EXAME. **Chile tem tanta energia que agora é de graça**. 2017. Disponível em: http://exame.com/economia/chile-tem-tanta-energia-solar-que-agora-e-de-graca/. Acesso em: 25 jun. 2017.

FARIELLO, D. **Governo cria programa de incentivo à geração de energia solar (ProGD)**. 2015. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/incentivos-a-energia-solar/governo-cria-programa-de-incentivo-a-geracao-de-energia-solar-progd.htm. Acesso em: 17 nov. 2019.

FEDERAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS CONTÁBEIS E DAS EMPRESAS DE ASSESSORAMENTO, PERÍCIAS, INFORMAÇÕES E PESQUISAS. **Brasil é o país mais burocrático do mundo, segundo Banco Mundial**. 2018. Disponível em: http://www.fenacon.org.br/noticias/brasil-e-o-pais-mais-burocratico-do-mundo-segundo-banco-mundial-2963/. Acesso em: 12 set. 2019.

FERNANDES, J. T. C. T. **Problemas de Controlo e Exploração de Grandes Unidades de Produção Solar Fotovoltaica**. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

FORBES. **Quais são os prós e contras do modelo energético do Brasil**. 2019. Disponível em: https://forbes.com.br/negocios/2019/07/quais-sao-os-pros-e-contras-do-modelo-energetico-do-brasil/. Acesso em: 6 jul. 2019.

GAZETA ONLINE. **Negócios sufocados por impostos e burocracia**. 2017. Disponível em: https://www.gazetaonline.com.br/noticias/economia/2017/02/negocios-sufocados-por-impostos-e-burocracia-1014028769.html. Acesso em: 31 jan. 2019.

GIZMODO. **Como é feita a limpeza nas gigantescas usinas de energia solar**. 2014. Disponível em: https://gizmodo.uol.com.br/limpeza-usina-solar/. Acesso em: 12 set. 2019.

GONÇALVES, F. 5 Aplicações de Blockchain no setor de energia elétrica. **Venturus**, Campinas, 2020. Disponível em: https://venturus.org.br/5-aplicacoes-de-blockchain-no-setor-de-energia-eletrica/. Acesso em: 31 jan. 2020.

INFOSOLARIS. **Módulos fotovoltaicos e trackers**. 2019. Disponível em: https://infosolaris.com.br/2019/11/modulos-fotovoltaicos-e-trackers/. Acesso em: 31 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS. **Energia Solar** – Análise comparativa entre Brasil e Alemanha. 2013. Disponível em: http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/X-009.pdf. Acesso em: 12 set. 2019.

INSTITUTO IDEAL. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica**. 2018. Disponível em: https://institutoideal.org/wp-content/uploads/2018/04/flyerFV_2018_baixa.pdf. Acesso em: 31 mar. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de eficiência energética - sistema de energia fotovoltaica - módulos - Edição 01/2016**. 2016. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf. Acesso em: 12 set. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Snapshot of Global PV Markets 2020**. 2020. Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA_PVPS_Snapshot_2020.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Agency 2015**. France: IEA, 2015. (Flagsip report).

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Country Rankings**. 2018. Disponível em: https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings. Acesso em: 5 out. 2020.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable capacity highlights**. 2019. Disponível em: https://www.irena.org/-

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/RE_capacity_highlighem_2019.pdf?la=en&hash=BA9D38354390B001DC0CC9BE03EEE559C280013F#:~:text=Renewable%20generation%20capacity%20increased%20by,6%20GW%20(%2B5%25). Acesso em: 31 mar. 2019.

KLEPA, R. B.; PRAZERES, K. C.; SILVA, T. A. F.; SANTANA, J. C. C. Comparação entre os módulos de células fotovoltaicas classificados pelas normas brasileiras. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: ABEPRO, 2016. p.1-13. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_236_374_30087.pdf. Acesso em: 11 set. 2019.

LEVA, F. F.; SALERNO, C. H.; CAMACHO, J. R.; GUIMARÃES, S. C. Modelo de um projeto de um sistema fotovoltaico. *In*: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Proceedings** [...]. Campinas, 2004. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000200020&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 12 set. 2019.

LEIS MUNICIPAIS. **Decreto nº 30.738 de 21 de dezembro de 2018**. 2018. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/a/ba/s/salvador/decreto/2018/3073/30738/decreto-n-30738-2018-regulamenta-o-art-5-da-lei-n-8474-de-02-de-outubro-de-2013-e-institui-o-programa-de-certificacao-sustentavel-iptu-amarelo-em-unidades-imobiliarias-residenciais-no-municipio-de-salvador-e-da-outras-providencias. Acesso em: 12 set. 2019.

LIMA, S. D. **Previsão de Produção de Centrais Solares Fotovoltaicas**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

LOPES, R. J. C. **Efeito do Sombreamento nos Painéis Fotovoltaicos**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013.

MARTINS, J. M. C. **Estudo dos principais mecanismos de incentivo às fontes renováveis alternativas de energia no setor elétrico**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

NAKABAYASHI, R. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil**: condições atuais e perspectivas. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

NASCIMENTO, R. L. **Energia Solar No Brasil**: situação e Perspectivas. Brasília: Consultoria Legislativa: Câmara dos Deputados, 2017. 46 p. (Estudo Técnico).

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Photovoltaic Research**. 2019. Disponível em: https://www.nrel.gov/pv/device-performance.html. Acesso em: 13 set. 2019.

NOTAS FISCAIS ELETRÔNICAS. **Como reduzir a carga tributária de uma empresa sem ferir a legislação**. 2018. Disponível em: https://nfe.io/blog/financeiro/como-reduzir-carga-tributaria-empresa/. Acesso em: 19 set. 2019.

PINHO, J. T; GALDINO, M. A. (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL; CRESESB, 2014. 529 p.

PORTAL SOLAR. **Maior oferta de financiamento impulsiona crescimento da geração solar distribuída no Brasil.** 2019. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/geracao-solar/maior-oferta-de-financiamento-impulsiona-crescimento-da-geracao-solar-distribuida-no-brasil.html. Acesso em: 23 mar. 2019.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. **Renewable 2019 – Global Status Report**. 2019. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

SALARIOMETRO. **Pesquisa salarial**. 2019. Disponível em: http://salariometro.fipe.org.br/home. Acesso em: 13 jan. 2019.

SCHRODERS. **In three charts: the explosive investment in solar**. 2019. Disponível em: https://www.schroders.com/de/us/wealth-management/insights/talking-points/the-solar-explosion/. Acesso em: 12 set. 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. 2018. Disponível em: https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Cadeia%20de%20Valor%20da%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20no%20Brasil.pdf. Acesso em: 12 jan. 2019.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. Brasília, DF: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015. (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166. Acesso em: 3 fev. 2015.

SOLAR BRASIL. **Conceitos de Energia Solar Fotovoltaica – Como a radiação solar varia ao longo do dia**. 2019. Disponível em: https://www.solarbrasil.com.br/blog/conceitos-de-energia-solar-fotovoltaica-como-a-radiacao-solar-varia-ao-longo-do-dia/. Acesso em: 19 set. 2019.

SOLAR CELL CENTRAL. **Solar Electricity Costs**. 2019. Disponível em: http://solarcellcentral.com/cost_page.html. Acesso em: 19 set. 2019.

SOUZA, R. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**: livro digital de introdução aos sistemas solares. Ribeirão Preto: Blue Sol Energia Solar, 2017. 113 p.

SULTHERM. **Aquecimento Solar de Água Sultherm**. [2019?]. Disponível em: https://www.sultherm.com/blank-rtotg. Acesso em: 12 set. 2019.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **Inclusão do ICMS na base de cálculo do PIS e da COFINS**. 2020. Disponível em: http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudenciaRepercussao/verAndamentoProcesso.asp?incidente=2585258&numeroProcesso=574706&classeProcesso=RE&numeroTema=69. Acesso em: 12 out. 2020.

SWEERTS, B.; PFENNINGER, S.; YANG, S.; FOLINI, D.; ZWAAN, B.; WILD, M. Estimation of losses in solar energy production from air pollution in China since 1960 using surface radiation data. **Nature Energy**, v. 4, n. 718, p. 657-663, 2019.

THE ECONOMIST. **Sunny uplands**. 2012. Disponível em: https://www.economist.com/news/2012/11/21/sunny-uplands. Acesso em: 12 set. 2019.

VILLALVA, M. G. Entendendo as curvas IV e PV dos módulos fotovoltaicos. **Canal Solar**, São Paulo, 10 mar. 2019. Disponível em: https://canalsolar.com.br/index.php/artigos/item/59-entendendo-as-curvas-iv-e-pv-dos-modulos-fotovoltaicos. Acesso em: 13 set. 2019.

WÄRTSILÄ. **Novo Arcabouço Regulatório para Flexibilidade de Redes**. 2020. Disponível em: https://www.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/white-papers/americas/new-regulatory-frameworks-for-grid-flexibility-wp-pt.pdf. Acesso em: 12 mar. 2020.

MODELAGEM

0. INVESTIMENTO

ANO DE OPERAÇÃO	0	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
(-) Total da Instalação | Saldo Devedor em Milhar	**5.400,00**	5.400,00	5.236,69	5.065,21	4.885,17	4.696,11	4.497,61	4.289,18	4.070,33	3.840,54	3.599,25	3.345,90	3.079,89	2.800,57	2.507,29	2.199,35	1.876,01	1.536,50	1.180,01	805,70	412,68	0,00
1 anos de Carência no sistema de pagamento PRICE																						
(-) Juros de 5% ao ano	[R$ '000]	0,00	270,00	261,83	253,26	244,26	234,81	224,88	214,46	203,52	192,03	179,96	167,30	153,99	140,03	125,36	109,97	93,80	76,82	59,00	40,29	20,63
(+) SAC: Pagamento no sistema de amortização c	[R$ '000]	0,00	-540,00	-531,83	-523,26	-514,26	-504,81	-494,88	-484,46	-473,52	-462,03	-449,96	-437,30	-423,99	-410,03	-395,36	-379,97	-363,80	-346,82	-329,00	-310,29	-290,63
(+) PRICE: Pagamento no sistema de parcela con	[R$ '000]	0,00	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31

1. RECEITA

ANO DE OPERAÇÃO		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
(+) Energia Gerada Teórica (sem Reinvestimento)	[MW.h/ano]	1980	1970	1960	1950	1940	1931	1921	1911	1902	1892	1883	1874	1864	1855	1846	1836	1827	1818	1809	1800	1791
(+) Energia Degradada	[MW.h/ano]	0,0	9,9	9,8	9,8	9,8	9,7	9,7	9,6	9,6	9,5	9,5	9,4	9,4	9,3	9,3	9,2	9,2	9,1	9,1	9,0	9,0
(=) Energia Gerada (com Reinvestimento)	[MW.h/ano]	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980
(Tributada) Energia Gerada e enviada à rede (Indireta)	[MW.h/ano]	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386
(+) Energia Consumida da rede (Indireta): Deduzida de ICMS	[MW.h/ano]	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386	1386
(+) Energia Gerada e Consumida Direta (Autoconsumo)	[MW.h/ano]	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594	594
(=) Energia Consumida Líquida	[MW.h/ano]	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**	**1980**
(+) Tarifa de Energia Vigente TE (sem impostos)	[R$/kWh]	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35
(+) Tarifa de Energia Vigente TUSD (sem impostos)	[R$/kWh]	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,43	0,44
(=) Tarifa de Energia Vigente Total (sem impostos)	[R$/kWh]	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,63	0,64	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79
Tarifa de Energia Vigente Total (com impostos)	[R$/kWh]	**0,75**	**0,76**	**0,78**	**0,79**	**0,81**	**0,83**	**0,84**	**0,86**	**0,88**	**0,89**	**0,91**	**0,93**	**0,95**	**0,97**	**0,99**	**1,01**	**1,03**	**1,05**	**1,07**	**1,09**	**1,11**
(+) Receita Bruta da Rede TE (Sem Impostos)	[R$ '000]	328,11	334,67	341,36	348,19	355,15	362,25	369,50	376,89	384,43	392,12	399,96	407,96	416,12	424,44	432,93	441,59	450,42	459,43	468,61	477,99	487,55
(+) Receita Bruta da Rede TUSD (Sem Impostos)	[R$ '000]	411,72	419,96	428,35	436,92	445,66	454,57	463,67	472,94	482,40	492,05	501,89	511,92	522,16	532,61	543,26	554,12	565,21	576,51	588,04	599,80	611,80
(=) Receita Bruta Indireta (Sem Impostos)	[R$ '000]	**739,83**	**754,62**	**769,72**	**785,11**	**800,81**	**816,83**	**833,16**	**849,83**	**866,82**	**884,16**	**901,84**	**919,88**	**938,28**	**957,04**	**976,19**	**995,71**	**1.015,62**	**1.035,94**	**1.056,65**	**1.077,79**	**1.099,34**
(+) Receita Bruta Direta TE (Sem Impostos)	[R$ '000]	140,62	143,43	146,30	149,22	152,21	155,25	158,36	161,52	164,75	168,05	171,41	174,84	178,34	181,90	185,54	189,25	193,04	196,90	200,83	204,85	208,95
(+) Receita Bruta Direta TUSD (Sem Impostos)	[R$ '000]	176,45	179,98	183,58	187,25	191,00	194,82	198,71	202,69	206,74	210,88	215,09	219,40	223,78	228,26	232,82	237,48	242,23	247,08	252,02	257,06	262,20
(=) Receita Bruta Indireta (Sem Impostos)	[R$ '000]	**317,07**	**323,41**	**329,88**	**336,48**	**343,21**	**350,07**	**357,07**	**364,21**	**371,50**	**378,93**	**386,50**	**394,23**	**402,12**	**410,16**	**418,37**	**426,73**	**435,27**	**443,97**	**452,85**	**461,91**	**471,15**
Receita Bruta (Sem Impostos) (Economia de Ener	[R$ '000]	**1.056,89**	**1.078,03**	**1.099,59**	**1.121,59**	**1.144,02**	**1.166,90**	**1.190,24**	**1.214,04**	**1.238,32**	**1.263,09**	**1.288,35**	**1.314,12**	**1.340,40**	**1.367,21**	**1.394,55**	**1.422,44**	**1.450,89**	**1.479,91**	**1.509,51**	**1.539,70**	**1.570,49**
Receita Bruta (Com Impostos) (Economia de Ener	[R$ '000]	**1.481,28**	**1.510,91**	**1.541,13**	**1.571,95**	**1.603,39**	**1.635,46**	**1.668,16**	**1.701,53**	**1.735,56**	**1.770,27**	**1.805,67**	**1.841,79**	**1.878,62**	**1.916,20**	**1.954,52**	**1.993,61**	**2.033,48**	**2.074,15**	**2.115,64**	**2.157,95**	**2.201,11**
Receita Bruta Potencial (Sem Imp) (Total de Energia Gerad	[R$ '000]	1.056,89	1.078,03	1.099,59	1.121,59	1.144,02	1.166,90	1.190,24	1.214,04	1.238,32	1.263,09	1.288,35	1.314,12	1.340,40	1.367,21	1.394,55	1.422,44	1.450,89	1.479,91	1.509,51	1.539,70	1.570,49
Receita Bruta Potencial (Com Imp) (Total de Energia Gerad	[R$ '000]	1.481,28	1.510,91	1.541,13	1.571,95	1.603,39	1.635,46	1.668,16	1.701,53	1.735,56	1.770,27	1.805,67	1.841,79	1.878,62	1.916,20	1.954,52	1.993,61	2.033,48	2.074,15	2.115,64	2.157,95	2.201,11

2. CUSTOS E MANUTENÇÃO

ANO DE OPERAÇÃO		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Taxa de Reinvestimento + O&M - * Crescimento anual:	**5,0%**	1,1%	1,1%	1,2%	1,2%	1,3%	1,4%	1,4%	1,5%	1,6%	1,6%	1,7%	1,8%	1,9%	2,0%	2,1%	2,2%	2,3%	2,4%	2,6%	2,7%	2,8%
(-) Operação e Manutenção (O&M)*	[R$ '000]	-15,70	-16,82	-18,01	-19,29	-20,66	-22,13	-23,70	-25,38	-27,18	-29,11	-31,18	-33,39	-35,76	-38,30	-41,02	-43,93	-47,05	-50,39	-53,97	-57,80	-61,91
(-) Seguro operacional	**0,7%**	-10,37	-10,58	-10,79	-11,00	-11,22	-11,45	-11,68	-11,91	-12,15	-12,39	-12,64	-12,89	-13,15	-13,41	-13,68	-13,96	-14,23	-14,52	-14,81	-15,11	-15,41
(-) TUSD (Sobre Energia Indireta) (Com desconto	[R$ '000]	-144,00	-146,88	-149,82	-152,81	-155,87	-158,99	-162,17	-165,41	-168,72	-172,09	-175,54	-179,05	-182,63	-186,28	-190,00	-193,81	-197,68	-201,63	-205,67	-209,78	-213,98
(=) Despesas: Total	[R$ '000]	-170,07	-174,27	-178,62	-183,11	-187,75	-192,56	-197,54	-202,70	-208,05	-213,60	-219,35	-225,33	-231,54	-237,99	-244,71	-251,69	-258,97	-266,55	-274,45	-282,69	-291,29

MODELAGEM

3. DRE

ANO DE OPERAÇÃO	0	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
(+) Receita Bruta	[R$ '000]	**1.481,28**	**1.510,91**	**1.541,13**	**1.571,95**	**1.603,39**	**1.635,46**	**1.668,16**	**1.701,53**	**1.735,56**	**1.770,27**	**1.805,67**	**1.841,79**	**1.878,62**	**1.916,20**	**1.954,52**	**1.993,61**	**2.033,48**	**2.074,15**	**2.115,64**	**2.157,95**	**2.201,11**
(=) Impostos sobre Receita Bruta Indireta	[R$ '000]	**-26,78**	**-27,31**	**-27,86**	**-28,42**	**-28,99**	**-29,57**	**-30,16**	**-30,76**	**-31,38**	**-32,00**	**-32,64**	**-33,30**	**-33,96**	**-34,64**	**-35,33**	**-36,04**	**-36,76**	**-37,50**	**-38,25**	**-39,01**	**-39,79**
(-) PIS	[R$ '000]	-4,84	-4,94	-5,04	-5,14	-5,24	-5,34	-5,45	-5,56	-5,67	-5,78	-5,90	-6,02	-6,14	-6,26	-6,39	-6,51	-6,64	-6,78	-6,91	-7,05	-7,19
(-) COFINS	[R$ '000]	-21,94	-22,38	-22,83	-23,28	-23,75	-24,22	-24,71	-25,20	-25,70	-26,22	-26,74	-27,28	-27,82	-28,38	-28,95	-29,53	-30,12	-30,72	-31,33	-31,96	-32,60
(=) Receita Líquida	[R$ '000]	**1.454,50**	**1.483,59**	**1.513,26**	**1.543,53**	**1.574,40**	**1.605,89**	**1.638,01**	**1.670,77**	**1.704,18**	**1.738,27**	**1.773,03**	**1.808,49**	**1.844,66**	**1.881,55**	**1.919,19**	**1.957,57**	**1.996,72**	**2.036,66**	**2.077,39**	**2.118,94**	**2.161,32**
(-) Custo da Energia Consumida Indireta	[R$ '000]	-424,39	-432,88	-441,53	-450,36	-459,37	-468,56	-477,93	-487,49	-497,24	-507,18	-517,33	-527,67	-538,23	-548,99	-559,97	-571,17	-582,59	-594,24	-606,13	-618,25	-630,62
(=) Margem ou Lucro bruto	[R$ '000]	**1.030,12**	**1.050,72**	**1.071,73**	**1.093,17**	**1.115,03**	**1.137,33**	**1.160,08**	**1.183,28**	**1.206,94**	**1.231,08**	**1.255,71**	**1.280,82**	**1.306,44**	**1.332,56**	**1.359,22**	**1.386,40**	**1.414,13**	**1.442,41**	**1.471,26**	**1.500,68**	**1.530,70**
(=) Margem ou Lucro bruto	[%]	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%	70,8%
(-) Despesas: Total	[R$ '000]	-170,07	-174,27	-178,62	-183,11	-187,75	-192,56	-197,54	-202,70	-208,05	-213,60	-219,35	-225,33	-231,54	-237,99	-244,71	-251,69	-258,97	-266,55	-274,45	-282,69	-291,29
(=) EBITDA (Lucro antes de Juros, Imp, Dep, Amo	[R$ '000]	**860,05**	**876,45**	**893,12**	**910,06**	**927,28**	**944,77**	**962,54**	**980,58**	**998,90**	**1.017,49**	**1.036,35**	**1.055,49**	**1.074,90**	**1.094,57**	**1.114,51**	**1.134,71**	**1.155,16**	**1.175,86**	**1.196,81**	**1.218,00**	**1.239,41**
(=) EBITDA ou LAJIDA	[%]	59,1%	59,1%	59,0%	59,0%	58,9%	58,8%	58,8%	58,7%	58,6%	58,5%	58,5%	58,4%	58,3%	58,2%	58,1%	58,0%	57,9%	57,7%	57,6%	57,5%	57,3%
(-) Depreciação de 4% em 25 anos	[R$ '000]	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00
(=) EBIT (Lucro Operacional)	[R$ '000]	644,05	660,45	677,12	694,06	711,28	728,77	746,54	764,58	782,90	801,49	820,35	839,49	858,90	878,57	898,51	918,71	939,16	959,86	980,81	1.002,00	1.023,41
(=) EBIT ou LAJIR	[%]	74,3%	75,4%	75,8%	76,3%	76,7%	77,1%	77,6%	78,0%	78,4%	78,8%	79,2%	79,5%	79,9%	80,3%	80,6%	81,0%	81,3%	81,6%	82,0%	82,3%	82,6%
(-) Pagamento do Financiamento	[R$ '000]	0,00	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31	-433,31
(-) IR: Imposto de Renda	[R$ '000]	-51,52	-52,84	-54,17	-55,52	-56,90	-58,30	-59,72	-61,17	-62,63	-64,12	-65,63	-67,16	-68,71	-70,29	-71,88	-73,50	-75,13	-76,79	-78,46	-80,16	-81,87
(-) CSLL	[R$ '000]	-18,55	-19,02	-19,50	-19,99	-20,48	-20,99	-21,50	-22,02	-22,55	-23,08	-23,63	-24,18	-24,74	-25,30	-25,88	-26,46	-27,05	-27,64	-28,25	-28,86	-29,47
(-) Impostos sobre LAJIR	[R$ '000]	**-70,07**	**-71,86**	**-73,67**	**-75,51**	**-77,39**	**-79,29**	**-81,22**	**-83,19**	**-85,18**	**-87,20**	**-89,25**	**-91,34**	**-93,45**	**-95,59**	**-97,76**	**-99,96**	**-102,18**	**-104,43**	**-106,71**	**-109,02**	**-111,35**
(=) Lucro Líquido (NOPAT)	[R$ '000]	**573,97**	**155,28**	**170,14**	**185,24**	**200,58**	**216,17**	**232,00**	**248,08**	**264,41**	**280,98**	**297,79**	**314,84**	**332,14**	**349,67**	**367,44**	**385,44**	**403,67**	**422,12**	**440,79**	**459,67**	**478,75**

4. FLUXO DE CAIXA LIVRE

ANO DE OPERAÇÃO	0	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
(=) EBIT	[R$ '000]	644,05	660,45	677,12	694,06	711,28	728,77	746,54	764,58	782,90	801,49	820,35	839,49	858,90	878,57	898,51	918,71	939,16	959,86	980,81	1.002,00	1.023,41
(+) Depreciação	[R$ '000]	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00	-216,00
(-) Variação de capital de giro	[R$ '000]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Capex	[R$ '000]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(=) Fluxo de caixa livre em Milhares de reais	-5.400,00	**860,05**	**876,45**	**893,12**	**910,06**	**927,28**	**944,77**	**962,54**	**980,58**	**998,90**	**1.017,49**	**1.036,35**	**1.055,49**	**1.074,90**	**1.094,57**	**1.114,51**	**1.134,71**	**1.155,16**	**1.175,86**	**1.196,81**	**1.218,00**	**1.239,41**
(=) Fluxo de caixa livre acumulado	**-5.400,00**	**-4.539,95**	**-3.663,51**	**-2.770,39**	**-1.860,33**	**-933,05**	**11,71**	**974,25**	**1.954,83**	**2.953,73**	**3.971,21**	**5.007,57**	**6.063,06**	**7.137,95**	**8.232,53**	**9.347,04**	**10.481,74**	**11.636,90**	**12.812,77**	**14.009,58**	**15.227,58**	**16.466,98**
(=) Fluxo de caixa livre descontado em Milhares c	-5.400,00	**860,05**	**819,11**	**780,08**	**742,88**	**707,42**	**673,61**	**641,38**	**610,66**	**581,37**	**553,45**	**526,83**	**501,46**	**477,27**	**454,21**	**432,23**	**411,27**	**391,29**	**372,25**	**354,09**	**336,79**	**320,29**
(=) Fluxo de caixa livre descontado acumulado	**-5.400,00**	**-4.539,95**	**-3.720,85**	**-2.940,76**	**-2.197,88**	**-1.490,47**	**-816,86**	**-175,48**	**435,17**	**1.016,54**	**1.569,99**	**2.096,82**	**2.598,27**	**3.075,54**	**3.529,75**	**3.961,97**	**4.373,24**	**4.764,54**	**5.136,78**	**5.490,88**	**5.827,66**	**6.147,95**