

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA
ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCELO CARVALHO REZENDE FARIA
RICARDO LIMA DA SILVA
RODOLPHO LIMA DA SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO
DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM HABITAÇÕES POPULARES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2017

MARCELO CARVALHO REZENDE FARIA
RICARDO LIMA DA SILVA
RODOLPHO LIMA DA SILVA

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM HABITAÇÕES POPULARES

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação,
apresentada à disciplina de TCC 2, do Curso de Engenharia
Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
(DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR) como requisito do título de Engenheiro Eletricista

Orientadora: Profa. Ma. Annemarlen Gehrke Castagna

CURITIBA
2017

MARCELO CARVALHO REZENDE FARIA
RICARDO LIMA DA SILVA
RODOLPHO LIMA DA SILVA

Estudo de viabilidade econômica para implementação de sistemas fotovoltaicos em habitações populares

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 22 de novembro de 2017.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Ma.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Annemarle Gehrke Castagna, Ma.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Annemarle Gehrke Castagna, Ma.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Antonio Ivan Bastos Sobrinho, Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carlos Henrique Karam Salata, Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

AGRADECIMENTOS

À nossa orientadora, Professora Mestre Annemarlen Gehrke Castagna, pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pelas sugestões e pelo apoio prestado na elaboração deste TCC.

Agradecemos aos nossos pais, familiares, amigos e colegas de curso, pelo apoio durante toda a graduação, pela convivência dentro e fora da universidade e pela importância em nosso desenvolvimento como pessoa.

Aos nossos professores, pelo excelente trabalho em nossa formação, servindo de exemplo e inspiração.

RESUMO

FARIA, Marcelo C. R.; SILVA, Ricardo L.; SILVA, Rodolpho L.; Estudo de viabilidade econômica para implementação de sistemas fotovoltaicos em habitações populares. 2017. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Este trabalho apresenta uma análise sobre a viabilidade econômica para a aquisição de sistemas fotovoltaicos para microgeração distribuída em habitações populares. A energia solar fotovoltaica é uma energia renovável amplamente utilizada em alguns países no mundo, mas ainda possui uma pequena participação na matriz energética brasileira. Para essa análise, foram apresentados os conceitos básicos relativos à tecnologia de sistemas fotovoltaicos, e como funcionam os sistemas de medição mais comuns. Também foi feito um estudo sobre a tarifação da energia elétrica e sobre os projetos de lei em tramitação no Congresso Nacional, além da apresentação do histórico do desenvolvimento da energia solar fotovoltaica em alguns países desenvolvidos. No estudo da viabilidade econômica, foram definidos o consumo médio residencial, orientação e dimensionamento dos painéis fotovoltaicos, o valor a ser financiado, e programas de financiamento. A simulação foi feita considerando quatro cenários diferentes: um cenário realista, um cenário com adesão do convênio ICMS nº 16, e dois cenários onde se supôs que alguns projetos de lei tenham entrado em vigor.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. Viabilidade econômica. Habitações populares. Projetos de lei.

ABSTRACT

FARIA, Marcelo C. R.; SILVA, Ricardo L.; SILVA, Rodolpho L.; Study of economic viability for the acquisition of photovoltaic systems for popular housing. 2017. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

This work presents an analysis about the economic viability of the acquisition of photovoltaic systems for micro-distributed generation in popular housing. The photovoltaic energy is a renewable energy widely used in some countries of the world, but still having a small participation in the Brazilian energy matrix. For this analysis, it was presented fundamental concepts regarding the photovoltaic technology and how the most used measurement systems works. Also, it was researched the electricity taxation and draft laws, that follows legal procedures in the National Congress, as well the development of photovoltaic systems in some developed countries. In the study of economic viability, it was defined the average residential consumption, photovoltaic panels orientation and sizing, the financed amount and financing offers. The simulation was made considering four distinct cases: a realistic case, a case with adoption of *Convênio nº 16 ICMS* and two cases, where it was supposed that some draft laws became valid.

Keywords: Photovoltaic solar energy. Economic viability. Popular housing. Draft Law.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração de energia elétrica por fonte no Brasil – participação em 2015..	14
Figura 2 - Capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos no mundo.....	15
Figura 3 - Histórico dos preços dos módulos, e projeção para o ano de 2035, baseada na curva de aprendizagem	17
Figura 4 - Símbolo de Módulo Fotovoltaico.....	27
Figura 5 - Medição bidirecional de registros independentes, com um medidor bidirecional	31
Figura 6 - Medição bidirecional de registros independentes, com dois medidores unidirecionais	32
Figura 7 - Medição simultânea	33
Figura 8 - (a) <i>Feed-in Tariff</i> fixo, (b) <i>Feed-in Tariff</i> variável.....	41
Figura 9 - <i>Feed-in Tariff</i> com remuneração elevada nos primeiros anos	41
Figura 10 - <i>Feed-in Premium</i>	42
Figura 11 - <i>Feed-in Premium</i> variável	43
Figura 12 - <i>Feed-in Premium</i> - remuneração abaixo do valor de mercado	43
Figura 13 - Capacidade instalada total por sistemas fotovoltaicos na Alemanha.....	47
Figura 14 - Unidades geradoras fotovoltaicas instaladas por ano durante <i>1000-Dächer Programm</i>	49
Figura 15 - Remuneração para unidades geradoras fotovoltaicas, e preço da eletricidade vendida pelas concessionárias	51
Figura 16 - Capacidade instalada acumulada na Espanha entre 1998 e 2007	52
Figura 17 - Capacidade instalada por período na Espanha	54
Figura 18 - Capacidade instalada anualmente de sistemas fotovoltaicos entre 2000 e 2011 nos EUA	57
Figura 19 - Capacidade instalada anualmente na Califórnia de sistemas fotovoltaicos entre 1981 e 2008	58
Figura 20 - Superfície inclinada do telhado	67
Figura 21 - Aliquotas do PIS/PASEP e COFINS de abril a outubro de 2017	73
Figura 22 - Tarifas vigentes para consumidores residenciais - Subgrupo B1	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial técnico fotovoltaico residencial	19
Tabela 2 - <i>Payback</i> descontado para o cenário 1	81
Tabela 3 - <i>Payback</i> descontado para o cenário 2	82
Tabela 4 - <i>Payback</i> descontado para o cenário 3	84
Tabela 5 - <i>Payback</i> descontado para o cenário 4	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEEG - Autorità per l'energia elettrica e il gas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BCB - Banco Central do Brasil

BMUB - *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*

BMWi - *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

CAGR - *Compound Annual Growth Rate*

CDE - Conta de Desenvolvimento Energético

CEF - Caixa Econômica Federal

COFINS - Contribuição para o financiamento da seguridade social

CONFAZ - Conselho nacional de política fazendária

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

EDP - Energias de Portugal S.A.

EEG - *Erneuerbare-Energien-Gesetz*

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EUA - Estados Unidos da América

FiT - *Feed-in Tariff*

FGTS - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

GIZ - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*

GME - *Gestore dei Mercati Energetici*

GSE - *Gestore dei Servizi Energetici*

GWp - gigawatt pico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

IEA - *International Energy Agency*

IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados

ITC - *Investment Tax Credit*

KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau

kWh - quilowatt-hora

MTC - Advanced Energy Manufacturing Tax Credit

ONU - Organização das Nações Unidas

PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PIGDES - Programa de Incentivo à Geração de Energia Elétrica a partir de Fonte Solar

PIS - Programa de Integração Social

PL - Projeto de Lei

PMCMV - Programa Minha Casa, Minha Vida

PRODEEM - Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios

PROINFA - Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PTC - Production Tax Credit

REIDI - Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura

SEU - Sistemi Efficienti di Utenza

SFCR - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica

SFIE - Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Edificações

SPE - SolarPower Europe

SSP - Scambio Sul Posto

TJLP - Taxa de Juros de Longo Prazo

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

VP - Valor Presente

Wp - watt pico

SUMÁRIO

1	TEMA	13
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	20
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS.....	21
1.3	OBJETIVOS	22
1.3.1	Objetivo geral	22
1.3.2	Objetivos específicos	22
1.4	JUSTIFICATIVA	22
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	23
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	CONCEITO DE ENERGIA	25
2.1.1	Energia primária	25
2.1.2	Energia secundária	25
2.1.3	Fontes não renováveis de energia	25
2.1.4	Fontes renováveis de energia	26
2.2	CONCEITO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	26
2.2.1	Célula fotovoltaica	26
2.2.2	Módulo fotovoltaico	27
2.2.3	Painel fotovoltaico	27
2.3	TIPOS DE MATERIAIS	27
2.4	CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	28
2.4.1	Sistemas fotovoltaicos domésticos isolados ou autônomos	28
2.4.2	Sistemas fotovoltaicos não domésticos isolados	29
2.4.3	Sistemas híbridos	29
2.4.4	Sistemas fotovoltaicos centralizados conectados à rede elétrica	29
2.4.5	Sistemas fotovoltaicos distribuídos conectados à rede elétrica	30
2.4.5.1	Tipos de medições para SFCR	31
2.4.5.2	Sistemas fotovoltaicos integrados a edificações	33
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2.....	34
3	LEGISLAÇÃO E SISTEMAS DE COMPENSAÇÃO	35
3.1	IMPOSTOS E CONTRIBUIÇÕES INCIDENTES NA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	35
3.2	PROJETOS DE LEI.....	36
3.3	SISTEMAS DE COMPENSAÇÃO	40
3.3.1	Feed-in Tariff	40

3.3.2	<i>Feed-in Premium</i>	42
3.3.3	<i>Net metering</i>	44
3.4	HISTÓRICO DE INCENTIVOS NO BRASIL E EM OUTROS PAÍSES.....	44
3.4.1	Brasil.....	44
3.4.1.1	Situação em 2016.....	44
3.4.1.2	Breve histórico no Brasil	45
3.4.2	Alemanha	46
3.4.2.1	Situação em 2016.....	46
3.4.2.2	Breve histórico na Alemanha.....	47
3.4.3	Espanha.....	51
3.4.3.1	Situação em 2016.....	51
3.4.3.2	Breve histórico na Espanha.....	52
3.4.4	Estados Unidos da América	54
3.4.4.1	Situação em 2016.....	54
3.4.4.2	Breve histórico nos Estados Unidos da América	55
3.4.5	Itália	58
3.4.5.1	Situação em 2016.....	58
3.4.5.2	Breve histórico na Itália	59
3.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 3.....	63
4	PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	65
4.1	ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	65
4.2	ESTIMATIVA DA POTÊNCIA A SER INSTALADA ATRAVÉS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	65
4.3	ÁREA PARA INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	66
4.4	LINHAS DE CRÉDITO PARA AQUISIÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	69
4.4.1	Caixa Econômica Federal	69
4.4.2	Banco Santander S.A.	69
4.4.3	Banco do Nordeste.....	70
4.5	CÁLCULO DO PERÍODO DE RETORNO DE INVESTIMENTO (<i>PAYBACK</i>)...70	
4.6	CONSIDERAÇÕES TARIFÁRIAS PARA O ESTUDO	71
4.6.1	Reajuste anual da tarifa de energia elétrica	71
4.6.2	Imposto sobre produtos industrializados (IPI) em inversores	72
4.6.3	Aliquotas do PIS/PASEP e da COFINS na fatura de energia elétrica e nos aparelhos de sistemas fotovoltaicos	72
4.6.4	Aliquota do ICMS na fatura de energia elétrica	73
4.6.5	Metodologia de cálculo da tributação na fatura de energia elétrica	73
4.6.6	Valor da taxa mínima de atratividade (TMA)	75

4.7	OUTRAS CONSIDERAÇÕES PARA O CÁLCULO.....	75
4.7.1	Custo anual de manutenção e operação	75
4.7.2	Crescimento anual do consumo residencial de energia elétrica	76
4.7.3	Redução anual na eficiência de painéis solares.....	76
4.7.4	Tarifa vigente Copel - Subgrupo B1 (residencial).....	76
4.7.5	Cálculo do valor das prestações do financiamento	77
5	RESULTADOS	78
5.1	CENÁRIO 1 – SEM CONVÊNIO ICMS Nº 16	80
5.2	CENÁRIO 2 - COM CONVÊNIO ICMS Nº 16.....	81
5.3	CENÁRIO 3 - COM CONVÊNIO ICMS Nº 16 E PL 1609/2015.....	83
5.4	CENÁRIO 4 - COM CONVÊNIO ICMS Nº 16 E PL 7255/2017	84
6	CONCLUSÕES.....	87
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – CÁLCULO DA MÉDIA ACUMULADA DO IPCA A PARTIR DA SÉRIE HISTÓRICA ENTRE OUTUBRO DE 2007 E SETEMBRO DE 2017	105
	APÊNDICE B – CÁLCULO DA RENTABILIDADE MÉDIA AO ANO DA CADERNETA DE POUPANÇA ENTRE JUNHO DE 2012 E MAIO DE 2017 A PARTIR DA SÉRIE HISTÓRICA	106

1 TEMA

Há uma grande discussão sobre o futuro do planeta, e isso se observa sob diversos aspectos. A Divisão de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas elaborou uma lista de dezessete objetivos a serem atingidos no mundo (SDG, *Sustainable Development Goals*, em inglês). O sétimo objetivo trata de assegurar acesso à energia sustentável, moderna, confiável, e de baixo custo, a todos, além da meta do aumento substancial da produção de energias renováveis até 2030 na matriz energética global, entre outras questões (SDG, 2015).

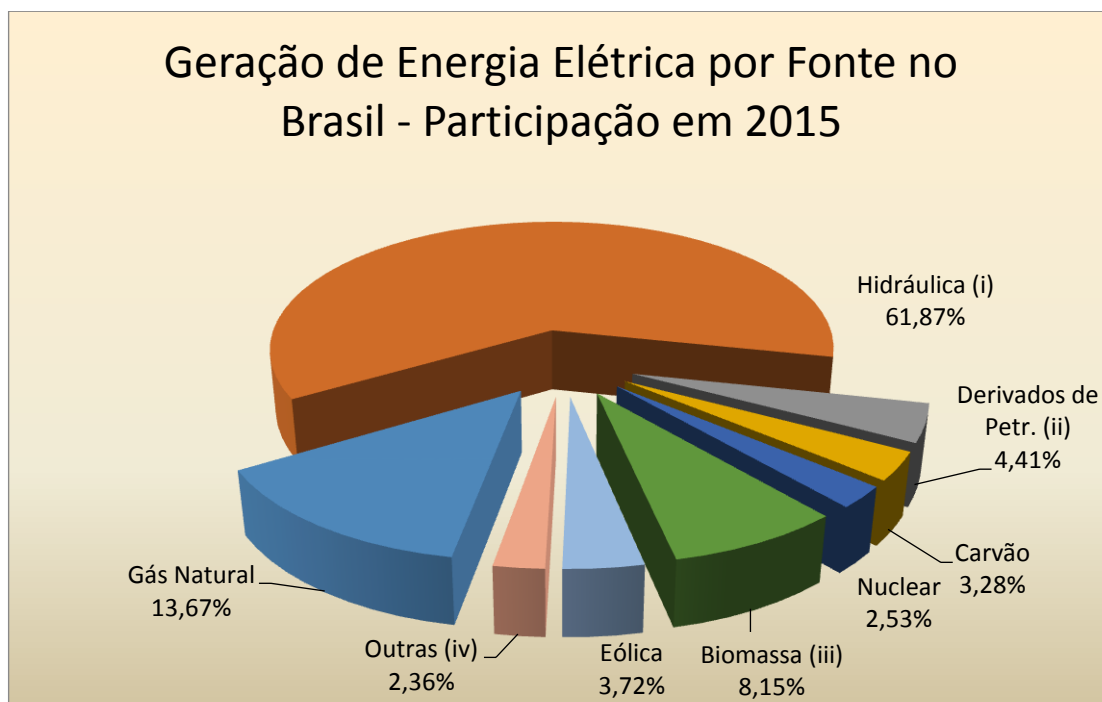
Desta forma, a utilização da energia solar merece destaque devido à disponibilidade desta à sociedade. A utilização da energia solar fotovoltaica para geração de energia elétrica vem se tornando cada vez mais acessível (mais barata), além de promover o acesso da energia elétrica, em especial, para comunidades geograficamente remotas.

Apesar de ter um custo inicial de implantação alto, os sistemas fotovoltaicos tem a característica de reduzir a poluição proveniente da geração de energia elétrica de outras fontes (HERTWICH, 2015).

No Brasil, em 2012, foi aprovada a Resolução Normativa número 482, de 17 de abril de 2012 da ANEEL, onde foram estabelecidas condições para a micro e minigeração distribuída de energia elétrica. Criou-se a possibilidade de uma unidade consumidora gerar sua própria energia elétrica, por meio de fontes, tais como: solar, hidráulica, eólica, biomassa, etc, e um sistema de compensação na fatura (ANEEL, 2012). Segundo a ANEEL, até 2024, cerca de 1,2 milhão de residências contarão com sistemas de geração distribuída no Brasil (PORTAL BRASIL, 2016).

No Brasil, a matriz elétrica é composta principalmente por energia hidráulica e térmica a gás natural, como pode ser visto na figura 1 (segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2015, 61,87% e 13,67%, respectivamente) (EPE, 2016).

Figura 1 - Geração de energia elétrica por fonte no Brasil – participação em 2015



Notas:

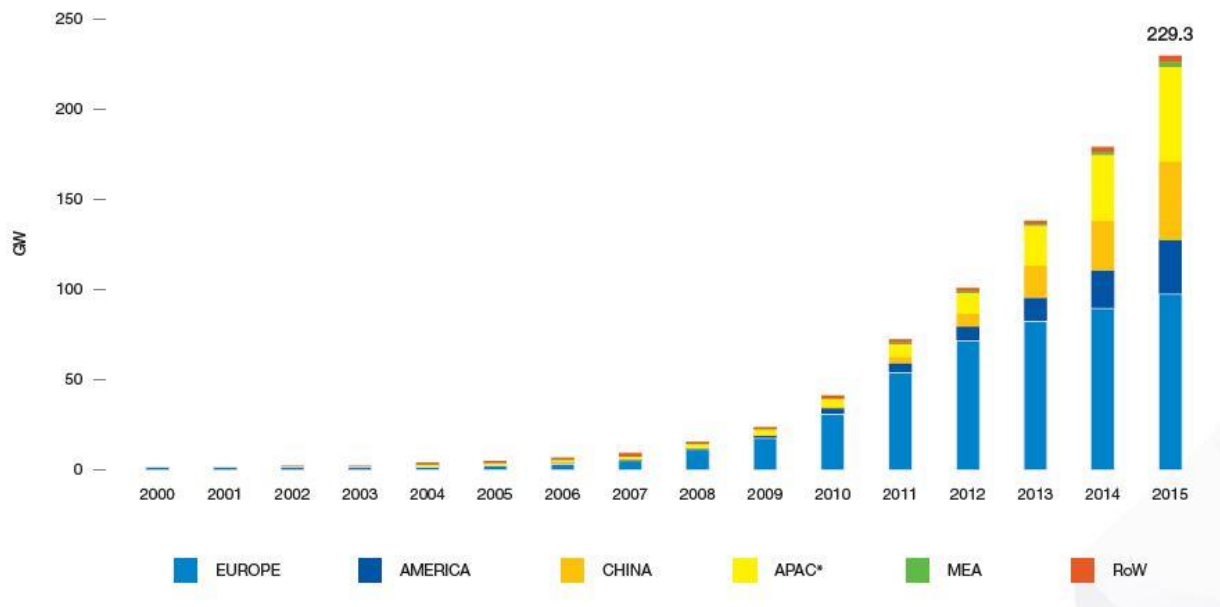
- i) Inclui autoprodução
- ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível
- iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixo
- iv) Outras: recuperações, gás de coqueria, e outros secundários

FONTE: (EPE, 2016)

Desse modo, a utilização de micro geração distribuída através de painéis fotovoltaicos, torna-se uma possibilidade para diversos setores no Brasil, como indústria, comércio, serviços e habitações.

Além disso, os sistemas fotovoltaicos obtiveram um enorme crescimento ao redor do mundo nos últimos anos, como pode ser observado na figura 2. Segundo dados da SPE (2016a) (*SPE – SolarPower Europe*), a capacidade instalada mundial atingiu a marca de 229,3 GWp em 2015.

Figura 2 - Capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos no mundo



Notas:

América: América do Norte e América do Sul

APAC: Ásia-Pacífico, neste caso com a exceção da China

MEA: Oriente Médio e África

RoW: Resto do mundo

FONTE: SPE (2016a)

A geração distribuída para sistemas fotovoltaicos teve seu papel aumentado a partir dos anos 90, devido aos incentivos governamentais disponibilizados por alguns países, e redução dos preços dos sistemas fotovoltaicos, com a crescente capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, devido à curva de aprendizagem. Até então, os sistemas isolados de geração predominaram (EPE, 2014).

Há alguns anos, países desenvolvidos vêm buscando a diversificação de suas matrizes energéticas, pois eram compostas principalmente por fontes de energia que dispõem de reservas limitadas. Além disso, vários países assinaram acordos para a redução de emissões de gases (efeito estufa), e também para uma

maior utilização de fontes alternativas de energia (TORRES, 2012).

Países como por exemplo: Alemanha, China, EUA, Itália e Japão, utilizaram-se dos incentivos governamentais para estimular o uso da energia solar fotovoltaica, onde se encontram as maiores potências fotovoltaicas no mundo (TORRES, 2012).

“Existem diversas formas de mecanismos governamentais que contribuem para a instalação de sistemas fotovoltaicos, tais como:” (TORRES, 2012)

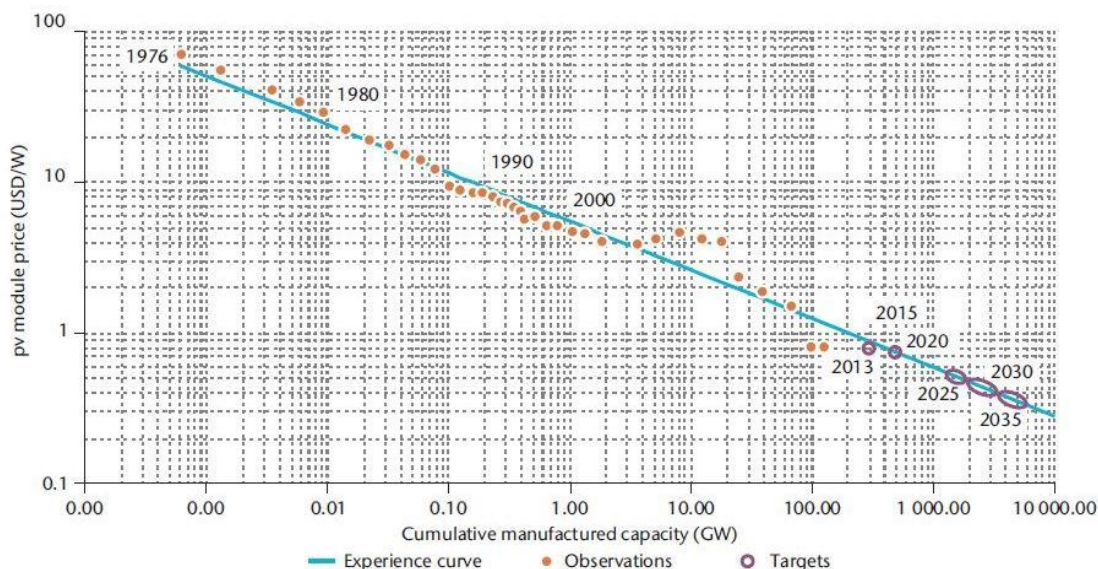
- regulamentos que controlam a capacidade instalada de energia, a quantidade gerada ou a obrigatoriedade de compra dessa energia;
- incentivos financeiros;
- normas industriais, códigos de construção e licenciamento;
- educação e disseminação da informação;
- envolvimento de agentes do setor,

Um exemplo de incentivo governamental foi “O programa de 100.000 Telhados” (100.000 *Roofs Programm*), iniciado na Alemanha em 1999, e finalizado em 2003: é considerado o maior programa do mundo a introduzir a energia solar fotovoltaica. Empréstimos com juros baixos (1,91% a.a.), foram disponibilizados à população, para a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Este regime de apoio através de empréstimos bonificados não foi interrompido, e passou a ser chamado posteriormente de *Solarstrom Erzeugen* – Geração de eletricidade por Energia Solar (BMUB, 2003; DE MARTINO JANNUZZI, 2009).

Desde 2000 houve um aumento considerável de potência instalada na Alemanha, impulsionado pela aplicação da nova Lei de Energias Renováveis – *EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz)*, que determina a obrigatoriedade de compra, por parte das concessionárias, de toda energia elétrica, e também pelo preço da eletricidade injetada na rede, proveniente de fontes renováveis (DE MARTINO JANNUZZI, 2009).

Outros países começaram a seguir o exemplo da Alemanha, criando seus próprios sistemas de incentivo. No caso da Alemanha, está sendo utilizado o sistema de preços, denominado *Feed-in tariff*. Japão e EUA utilizam outros métodos para incentivar o crescimento de seus mercados, como o sistema de compensação energética, conhecido como o *Net-metering*. Atualmente, o Brasil também utiliza esse sistema (TORRES, 2012).

Figura 3 - Histórico dos preços dos módulos, e projeção para o ano de 2035, baseada na curva de aprendizagem



Notes: Orange dots indicate past module prices; purple dots are expectations. The oval dots correspond to the deployment starting in 2025, comparing the 2DS (left end of oval) and 2DS hi-Ren (right end).

FONTE: IEA (2014)

A figura 3 mostra uma projeção do custo dos módulos até o ano de 2035. O valor estimado do painel fotovoltaico é de US\$ 0,40/W.

Um fator importante é o potencial de geração fotovoltaica em residências no Brasil. Um estudo feito pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), mostrou que o potencial de geração é de 1,4 a 4 vezes maior do que o consumo de energia elétrica, dependendo do Estado, conforme é apresentado na tabela 1. A metodologia utilizada neste estudo é descrita a seguir.

A metodologia empregada nesta Nota Técnica para o levantamento do potencial técnico da geração distribuída através da energia fotovoltaica foi desenvolvida por Lange (2012) e se baseia em três fatores preponderantes: 1) mapeamento do recurso solar, *i.e.*, os níveis de irradiação solar no país; 2) a área de telhado disponível para instalação de sistemas fotovoltaicos; e 3) a eficiência na conversão do recurso solar em eletricidade. Os principais dados usados são a irradiação solar calculada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A unidade básica da análise é o setor censitário² do IBGE.

De forma simplificada a metodologia empregada consiste de 5 passos:

- Inicialmente, a camada de dados da irradiação solar global no plano inclinado é atribuída a cada setor censitário, através da sobreposição de camadas geográficas. O processamento dessas informações foi realizado em software de Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS 10.1).

- Segundo, a área total de telhados de cada setor censitário é estimada através dos dados sobre os tipos de domicílios do censo demográfico e das estimativas da área total de telhados por cada tipo de domicílio³. A área útil de telhados é obtida multiplicando a área total por um fator conservador de aproveitamento de 30%⁴.
- A área útil de telhados é, em seguida, multiplicada pelo valor da irradiação solar por metro quadrado de cada setor censitário para obter a energia solar total incidente aproveitável no respectivo setor.
- Considera-se, adicionalmente, um fator de eficiência na conversão da energia incidente em energia elétrica igual a 12% (eficiência dos módulos e *Performance Ratio*).
- Finalmente, os montantes calculados por setor censitário são agregados por municípios e estados (EPE, 2014).

²Setor Censitário é unidade territorial de coleta das operações censitárias, definido pelo IBGE, com limites físicos identificados, em áreas contínuas e respeitando a divisão político-administrativa do Brasil. O setor é constituído por conjunto de quadras, no caso de área urbana, ou uma área do município, no caso de uma área não urbanizada.

³Referente à área de telhados residenciais, foi utilizado como base um estudo realizado por Ghisi (2006), que estimou uma área de telhado média de 85m² por casa e 15m² por apartamento.

⁴Alguns trabalhos internacionais se propuseram a avaliar a área de telhados com potencial para geração fotovoltaica. No trabalho de Wiginton, L.K. et al. (2010), são listados diferentes estudos que apresentam valores variando de 22% a 95%. Esta grande variação se deve principalmente à localização da amostra e sua respectiva configuração espacial. "(EPE, 2014)

Tabela 1 - Potencial técnico fotovoltaico residencial

UF	Potencial Fotovoltaico Residencial (GW médios)	Potencial Fotovoltaico Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013(GWh)	Potencial Fotovoltaico/ Consumo Residencial
São Paulo	7,1	62,196	38,783	160%
Minas Gerais	3,675	32,193	10,118	318%
Rio de Janeiro	2,685	23,521	12,833	183%
Bahia	2,36	20,674	6,144	337%
Rio Grande do Sul	1,97	17,257	7,75	223%
Paraná	1,96	17,17	6,986	246%
Ceará	1,43	12,527	3,751	334%
Pernambuco	1,41	12,352	4,563	271%
Goiás	1,22	10,687	3,958	270%
Santa Catarina	1,075	9,417	4,935	191%
Maranhão	1,02	8,935	2,563	349%
Pará	1,02	8,935	2,632	339%
Paraíba	0,655	5,738	1,603	358%
Espírito Santo	0,595	5,212	2,213	236%
Mato Grosso	0,570	4,993	2,182	229%
Rio Grande do Norte	0,555	4,862	1,805	269%
Piauí	0,555	4,862	1,328	366%
Mato Grosso do Sul	0,505	4,424	1,571	282%
Alagoas	0,505	4,424	1,227	361%
Amazonas	0,420	3,679	1,784	206%
Distrito Federal	0,410	3,592	2,191	164%
Sergipe	0,350	3,066	0,979	313%
Rondônia	0,265	2,321	1,084	214%
Tocantins	0,255	2,234	0,695	321%
Acre	0,110	0,964	0,373	258%
Amapá	0,080	0,701	0,500	140%
Roraima	0,065	0,569	0,345	165%
BRASIL	32,82	287,505	124,896	230%

FONTE: Adaptado de EPE (2014)

Outro fator importante é o crescimento na utilização da geração distribuída, que apresenta fatores favoráveis de origem técnica, econômica e ambiental.

Do ponto de vista técnico, a geração distribuída diminui a necessidade do uso de extensas linhas de transmissão, e também minimiza o risco de colapsos sistêmicos, como o apagão do dia 10/11/2009, quando houve o desligamento temporário da Usina de Itaipu – que representava 19% da geração de energia elétrica do país – devido a falhas nas linhas de transmissão. O apagão atingiu 18 Estados do Brasil e o Paraguai (DRIEMEIER, 2009).

Driemeier (2009, p.14) destaca que, do ponto de vista econômico, a geração distribuída elimina ou reduz os custos com transmissão e distribuição, pois a energia elétrica é produzida próxima do consumidor.

Do lado ambiental, a geração distribuída, por diminuir as perdas presentes no sistema de transmissão e distribuição, reduz a demanda por novas usinas hidrelétricas, e o consumo de combustível das usinas térmicas. Assim, sua presença no sistema elétrico reduz as emissões de gases de efeito estufa (DRIEMEIER, 2009).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Avaliar a possibilidade de instalação de painéis solares fotovoltaicos em habitações populares, de forma que essa mudança provoque uma democratização no acesso às energias renováveis, e uma mudança na matriz energética nacional.

A Agência Paulista de Habitação Social – Casa Paulista (SECRETARIA DE HABITAÇÃO SOCIAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016), define as características gerais de uma habitação popular, do ponto de vista técnico, da seguinte forma:

- casa com sala, um dormitório de casal e um dormitório para duas pessoas, cozinha, área de serviço, circulação, banheiro;
- área útil: 43 m²;
- instalações elétricas:
 - número de pontos de tomadas elétricas: 4 na sala, 4 na cozinha, 2 na área de serviço, 3 em cada dormitório, 1 no banheiro e 1 ponto para chuveiro elétrico;

- prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas e iluminação;
- tomadas baixas a 40 cm do piso acabado, interruptores a 1,00 m do piso acabado

O decreto Nº 53.823, artigo 1º, abaixo, de 15 de dezembro 2008, válido para o Estado de São Paulo, define uma família elegível a participar de programas habitacionais.

Artigo 1º - A participação do Governo do Estado de São Paulo no Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - SNHIS, de que trata a Lei federal nº 11.124, de 16 de junho de 2005, tem por objetivo atender prioritariamente famílias de baixo poder aquisitivo, com renda mensal de até 5 (cinco) salários mínimos vigentes no Estado de São Paulo.

Outras famílias também são elegíveis para participar de programas habitacionais, de acordo com o parágrafo 1º do mesmo decreto.

1.2 PROBLEMAS E PREMISAS

Este trabalho busca mostrar que energias renováveis, neste caso fotovoltaica, são viáveis também em habitações populares, democratizando desta forma o uso de geração distribuída.

Segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2016, no ano de 2015, o Brasil teve um consumo médio residencial de 161,5 kWh/mês (EPE, 2016). Segundo relatório do Ministério das Cidades, no ano de 2008, havia um estoque de domicílios de 47.808.934 unidades, com expectativa de se tornar 80.165.386 até o ano de 2023 (OLIVEIRA; GIVISIEZ; RIOS-NETO, 2009). Observando estes números, é fácil notar um enorme potencial de geração de energia solar fotovoltaica em residências no Brasil, dada a quantidade gigantesca de residências. Há uma possibilidade de mudança considerável na matriz energética nacional. Dentro desse cenário, para que um maior acesso à micro e à mini geração através de painéis solares fotovoltaicos ocorra, é necessário que existam iniciativas por parte do Estado, que possibilitem essa mudança. Sendo assim, a pergunta a ser respondida é: “É viável instalar painéis solares fotovoltaicos em habitações populares?”.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Estudar a viabilidade econômica de implementação de sistemas fotovoltaicos em habitações populares.

1.3.2 Objetivos específicos

- Pesquisar Legislação que trate de geração distribuída, incentivos fiscais, projetos de leis, normas técnicas e resoluções, que tratem do assunto.
- Pesquisar políticas de incentivo em outros países.
- Analisar os custos de aquisição e instalação de um sistema de energia fotovoltaica para uma habitação.
- Pesquisar possibilidades de financiamento e tempo para atingir o *payback* do investimento.
- Analisar a representatividade deste tipo de moradia e de seu consumo dentro do Sistema Elétrico Nacional.

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente, a implementação de sistemas fotovoltaicos tem um custo muito alto para os padrões da classe média brasileira, e um estudo da viabilidade de implementação destes sistemas em habitações populares é de grande importância, pois pode fornecer uma alternativa de investimento para uma parcela maior da sociedade, democratizando o acesso a um produto que pode trazer benefícios ambientais, financeiros e sociais para os indivíduos, e para a sociedade como um todo. O crescimento da produção de energia através de matrizes mais ecológicas passa inevitavelmente por um maior acesso desse tipo de tecnologia às pessoas com menor poder aquisitivo.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O Trabalho de Conclusão de Curso está dividido nas etapas a seguir.

Etapa 1: revisão bibliográfica sobre os conceitos científicos básicos relacionados à produção de energia elétrica solar, fotovoltaica e da tecnologia mais utilizada atualmente.

Etapa 2: estudo de legislações vigentes e incentivos governamentais no Brasil, projetos de lei tramitando no Congresso, e exemplos de políticas de incentivo em outros países.

Etapa 3: através de simulações de casos, mensurar um possível financiamento de instalação de painéis solares fotovoltaicos, considerando o cenário atual e cenários imaginários, com maiores incentivos a esses investimentos.

Etapa 4: determinar possíveis incentivos que possibilitem um crescimento no número de residências com geração de energia elétrica solar fotovoltaica.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido nos capítulos a seguir:

Capítulo 1: introdução, apresentação e delimitação do tema, problemas e premissas, objetivos gerais e específicos, justificativas e procedimentos metodológicos.

Capítulo 2: revisão bibliográfica sobre conceitos básicos relacionados à produção de energia elétrica fotovoltaica; estudo sobre aparelhos normalmente utilizados em painéis fotovoltaicos.

Capítulo 3: análise de legislações vigentes, projetos de lei, incentivos fiscais, políticas públicas nacionais relacionadas ao tema; comparação com exemplos de políticas adotadas em outros países.

Capítulo 4: Definição dos parâmetros para a análise de viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos em uma habitação popular.

Capítulo 5: simulação de possíveis formas de implementação e financiamento em uma habitação popular e discussão dos resultados das simulações.

Capítulo 6: Apresentação das conclusões do trabalho e proposição de possíveis incentivos e leis, que promovam maior acesso à produção de energia elétrica fotovoltaica para a população, e aumente sua produção no âmbito nacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITO DE ENERGIA

É sabido que a energia é um elemento essencial para a execução de praticamente todas as atividades que a sociedade moderna (contemporânea) desenvolve, seja na produção de bens e serviços, na substituição do trabalho humano (trabalho manual), e também no oferecimento de conforto aos seres vivos (humanos) (EPE, 2005).

Segundo EPE (2005), a energia elétrica talvez seja a forma mais importante de energia, pois ela pode ser facilmente transformada em outras formas de energia, de maneira eficiente, além dela estar presente na maior parte das atividades diárias.

2.1.1 Energia primária

A energia primária é uma designação para todas as formas de energia, que são providas diretamente pela natureza, como petróleo, gás natural, carvão mineral (vapor e metalúrgico), urânio (U3O8), energia hidráulica, lenha, produtos da cana (melaço, caldo de cana, bagaço e palha) e outras fontes primárias (resíduos vegetais e animais, resíduos industriais, resíduos urbanos, energia solar, eólica, etc., utilizados na geração de energia elétrica, vapor e calor) (EPE, 2007).

2.1.2 Energia secundária

O termo energia secundária deve ser utilizado para designar todas as fontes de energia que são resultantes da transformação das fontes primárias de energia. (ONU, 1982)

2.1.3 Fontes não renováveis de energia

Segundo Goldemberg, Lucon (2007), as fontes não renováveis de energia são aquelas que necessitam de um horizonte de tempo geológico para a sua reposição. Um exemplo são as fontes fósseis de energia, que foram formadas a

partir do acúmulo da matéria orgânica dos seres no subsolo terrestre ao longo das eras (milhões de anos); estas fontes de energia são o petróleo, carvão mineral, gás natural, xisto betuminoso, e outros. Outro exemplo refere-se aos elementos químicos que sempre estiveram presentes na crosta terrestre; alguns desses elementos podem gerar energia através da fissão de seus núcleos, como o urânio; esses elementos são fontes primárias de energia nuclear.

2.1.4 Fontes renováveis de energia

Já as fontes renováveis de energia são aquelas que são repostas em um curto e/ou médio espaço de tempo pela natureza, como os potenciais hidráulicos, eólicos, a energia das marés, a radiação solar, a energia geotérmica, e também a biomassa (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; EDP, 2006)

2.2 CONCEITO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Segundo Tolmasquim (2016), a energia solar fotovoltaica é aquela proveniente da conversão direta da luz em eletricidade, tendo como base o efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico foi descoberto por Alexandre-Edmond Becquerel, em 1839, onde se observou que, ao iluminar uma solução ácida, surgia uma diferença de potencial entre os eletrodos imersos nessa solução (PINHO e GALDINO, 2014) .

O efeito fotovoltaico é entendido como o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz (TOLMASQUIM, 2016).

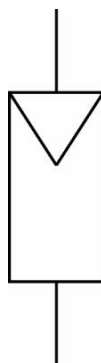
2.2.1 Célula fotovoltaica

Segundo a NBR 10899:2006 (ABNT, 2013), que trata da definição de termos técnicos relacionados à Energia Solar Fotovoltaica, uma célula fotovoltaica é um elemento desenvolvido para converter diretamente energia solar em energia elétrica.

2.2.2 Módulo fotovoltaico

Um módulo fotovoltaico é o conjunto de células fotovoltaicas encapsuladas e interligadas eletricamente, com o objetivo de gerar energia elétrica (ABNT NBR 10899, 2013). A figura 4 mostra o símbolo usado para representar um módulo fotovoltaico. O lado com um triângulo é o polo positivo.

Figura 4 - Símbolo de Módulo Fotovoltaico



FONTE: ABNT NBR 10899 (2013)

2.2.3 Painel fotovoltaico

Consiste do conjunto de um ou mais módulos fotovoltaicos interligados eletricamente (ABNT NBR 10899, 2013).

2.3 TIPOS DE MATERIAIS

Existem no mercado, módulos fotovoltaicos de diferentes materiais. Dentre eles, o silício cristalino (c-Si) é o mais utilizado, correspondendo a 87,9% no ano de 2011. São chamados de células de primeira geração, (PINHO; GALDINO, 2014). Os módulos de silício cristalino podem chegar a uma eficiência acima de 21%, além de haver uma queda constante nos custos de sua produção (IEA, 2014).

Existem dois tipos de silícios que são utilizados comumente em módulos fotovoltaicos: o silício monocristalino (m-Si) e o policristalino (p-Si). O silício

policristalino é de menor qualidade e pureza, e tem uma eficiência menor do que o monocristalino (PINHO; GALDINO, 2014).

Além da tecnologia do silício, outra tecnologia, com uma inserção menor no mercado (cerca de 12% da produção mundial), é a das células de filmes finos (segunda geração). Os principais tipos existentes comercialmente são: disseleneto de cobre e índio (CIS), silício amorfo (a-Si), e telureto de cádmio (CdTe) (PINHO; GALDINO, 2014).

Algumas das vantagens das células de filmes finos são: coeficiente de absorção de luz maior do que o silício, permitindo que os filmes sejam muito mais finos, e menor coeficiente de temperatura (menor perda de potência devido ao aumento da temperatura da célula). Apesar de possuir células de menor espessura, os módulos de filmes fino costumam utilizar duas camadas de vidro para proteção, o que os deixam mais pesados (TOLMASQUIM, 2016).

Além disso, também existe materiais com menor disponibilidade, em comparação às células de silício cristalino, além de problemas relacionados à vida útil e rendimento do mesmo (PINHO; GALDINO, 2014).

2.4 CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.4.1 Sistemas fotovoltaicos domésticos isolados ou autônomos

Os sistemas fotovoltaicos isolados são os sistemas que fornecem energia elétrica a uma pequena carga, geralmente residências, aldeias, e pequenas comunidades que estão situados em regiões onde a rede de distribuição da concessionária não está presente.

Normalmente, o consumo elétrico nessas residências é baixo, sendo que as cargas instaladas nesses domicílios são refrigeradores, iluminação, e alguns aparelhos eletroeletrônicos.

Geralmente, utilizam-se baterias para armazenamento da energia elétrica, para prolongar o fornecimento de energia elétrica, apesar de se elevar do preço desse sistema, devido aos acumuladores de carga (PINHO; GALDINO, 2014; CRESESB, 2006).

2.4.2 Sistemas fotovoltaicos não domésticos isolados

Este tipo de sistema foi utilizado inicialmente nos anos 50 e 60, em aplicações espaciais, como satélites, pois, para estas aplicações, a energia solar era economicamente competitiva. A partir da década de 1970, ele se tornou mais utilizado devido à Crise do Petróleo.

Uma definição para este sistema foi redigida por Torres (2012).

Segundo Torres (2012), os sistemas fotovoltaicos não domésticos isolados foram as primeiras aplicações comerciais para sistemas terrestres e fornecem energia para uma vasta gama de aplicações, tais como refrigeração, telecomunicações, vacinas, bombeamento de água, ajudas à navegação e estações de medição de dados meteorológicos.

2.4.3 Sistemas híbridos

De acordo com Pinho, Galdino (2014); CRESESB (2006), os sistemas híbridos são aqueles que possuem várias fontes de geração, sendo que elas podem ser: módulos fotovoltaicos, geração movida a diesel ou a outro combustível (gasolina, biodiesel, gás), aerogeradores; além disso, este sistema pode estar interligado à rede de distribuição local. Devido à complementariedade entre as fontes, pode-se operar este sistema com poucas interrupções de fornecimento. No entanto, este sistema apresenta desvantagens como o custo elevado perante outros sistemas, além do complexo sistema de controle de geração.

2.4.4 Sistemas fotovoltaicos centralizados conectados à rede elétrica

Os sistemas fotovoltaicos centralizados conectados à rede elétrica, se assemelham às outras centrais de geração de energia, pois nessas, a geração de energia é relativamente alta, ocupam espacialmente uma área considerável, sendo que fornecem energia elétrica exclusivamente à rede. Geralmente estes sistemas estão distante dos centros consumidores; por isso, necessitam de infraestrutura adequada para o fluxo desta energia gerada, por meio de linhas de transmissão (PINHO; GALDINO, 2014; RÜTHER, 2004).

2.4.5 Sistemas fotovoltaicos distribuídos conectados à rede elétrica

Nos sistemas distribuídos, a geração ocorre nas proximidades do ponto de consumo. Esse sistema, geralmente complementa o fornecimento de energia elétrica às edificações. Normalmente, em períodos onde o consumo da edificação é elevado, toda a energia gerada por este sistema é consumida. Quando a geração através deste sistema é maior, a potência excedente é fornecida à rede (RÜTHER, 2004).

Neste sistema, não é necessária a utilização de baterias (acumuladores de energia). Mas em alguns países, como por exemplo na Alemanha, utilizam-se também baterias para armazenar a energia gerada excedente, quando a geração por parte dos sistemas fotovoltaicos é elevada para aumentar a capacidade da rede (BOST, HIRSCHL e ARETZ, 2014).

De acordo com Pinho, Galdino (2014), as instalações de SFCR vêm se tornando cada vez mais populares nos Países Europeus, Japão e Estados Unidos, e mais recentemente no Brasil. Em instalações residenciais, as potências instaladas correspondem a poucos kWp, e em grandes sistemas operados por empresas, estes valores podem chegar a centenas de MWp.

No Brasil, os sistemas fotovoltaicos enquadrados como sistemas de micro e minigeração, são regulamentados pela Resolução Normativa ANEEL N° 687/2015, que altera a Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012, e devem atender aos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), Módulo 3, e às normas de acesso das distribuidoras locais. A Resolução N° 687 estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas, aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, que são definidas como: (PINHO; GALDINO, 2014; ANEEL, 2015).

A Aneel (2015) define sistema de compensação, microgeração, minigeração distribuídas como:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel, ou para as demais fontes renováveis de energia

elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

2.4.5.1 Tipos de medições para SFCR

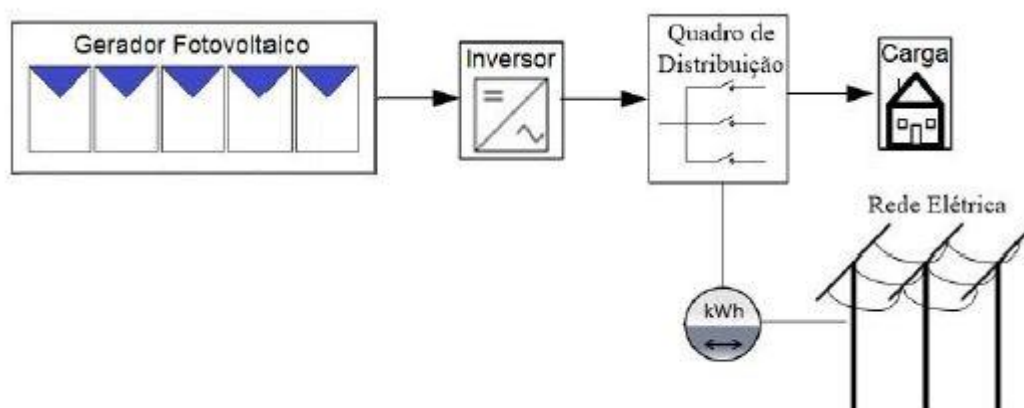
Existem dois tipos de medição para os SFCR, sendo que eles estão regulamentados no Brasil pela ANEEL.

A medição pode ser escolhida, dependendo da aplicação, das informações disponibilizadas ao usuário da instalação e também do sistema de compensação (*Feed-in tariff* ou *Net-Metering*), os tipos de medições são citados a seguir (PINHO; GALDINO, 2014).

Medição bidirecional e registros independentes

Neste método de medição, como mostrado na figura 5, a energia consumida da rede, e a energia injetada na rede, são medidas separadamente pelo medidor bidirecional (ou por dois medidores que medem a energia em cada sentido) (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 5 - Medição bidirecional de registros independentes, com um medidor bidirecional



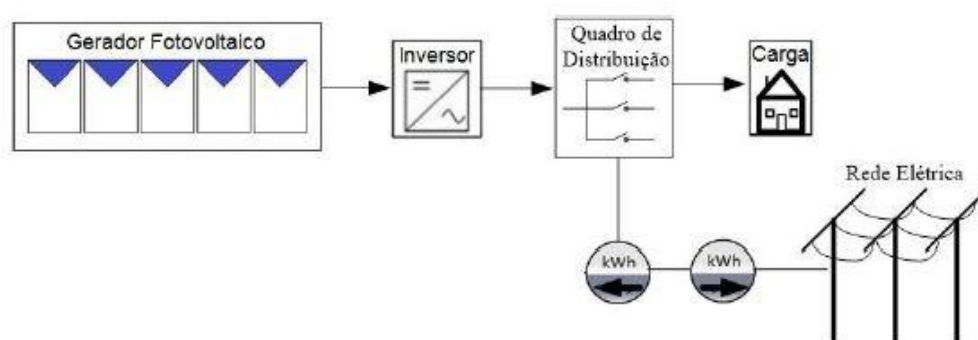
FONTE: PINHO; GALDINO (2014)

Para o caso de utilização de dois medidores unidirecionais, o registro é realizado pelos medidores conforme sua função: um deles registra o consumo de

energia da rede, e o outro a energia injetada na rede. Este tipo de medição é utilizado na maioria dos países, independente do sistema de compensação utilizado. Na figura 6, este sistema de medição pode ser visto com mais detalhes (PINHO; GALDINO, 2014).

Para os dois casos, os medidores estão situados no quadro de medição da instalação elétrica.

Figura 6 - Medição bidirecional de registros independentes, com dois medidores unidirecionais

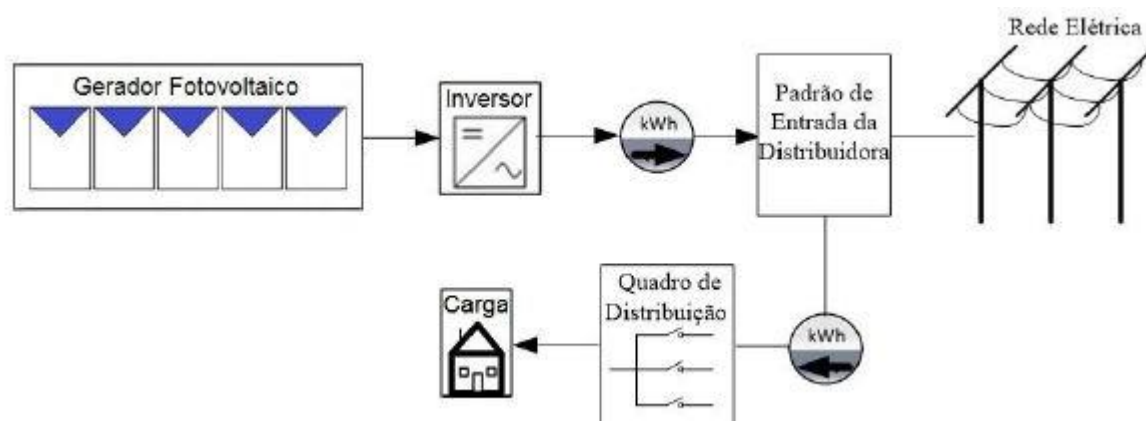


FONTE: PINHO; GALDINO (2014)

Medição simultânea

De acordo com Pinho; Galdino (2014), para este tipo de medição são utilizados dois medidores unidirecionais, independentes entre si, que, devido às suas posições na instalação, podem oferecer ao usuário informações mais detalhadas de consumo de energia elétrica, e também da potência gerada pelo sistema fotovoltaico. Na figura 7 há um exemplo de SFCR com medição simultânea.

Figura 7 - Medição simultânea



FONTE: PINHO; GALDINO (2014)

2.4.5.2 Sistemas fotovoltaicos integrados a edificações

Os Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Edificações (SFIE), compõem uma categoria relativamente nova no Brasil, mas que já são utilizados em outros países do mundo, principalmente nos países europeus. Algumas projeções indicam que, em 2050, na Europa, possa ser alcançado um patamar de eficiência energética de forma a reduzir em 50% os gastos com aquecimento e ar condicionado, em relação aos valores verificados em 2012, com a utilização de fontes geradoras próximas às cargas, e também com implementação de projetos, construções, e uso de materiais que maximizem o uso da energia, sem afetar o bem-estar dos usuários das edificações (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo Pinho, Galdino (2014), estes sistemas não requerem novos espaços para a sua instalação, pois podem ser aplicados em edificações já existentes sobre os telhados ou fachadas, sendo utilizados como fontes de energia elétrica, e também como elementos de sombreamento e diferencial arquitetônico da própria construção. Os SFIEs podem ter um melhor aproveitamento quando forem definidos no projeto da edificação, podendo substituir, por exemplo, o telhado convencional, reduzindo o custo final da obra.

De acordo com Pinho, Galdino (2014), a grande vantagem deste sistema consiste na utilização da energia gerada, quase na sua totalidade, dentro da edificação, principalmente em edifícios comerciais, reduzindo as perdas com a transmissão e distribuição da energia, além de reduzir o consumo na rede da concessionária.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2

Neste capítulo foram apresentados os conceitos de energia (primária e secundária), e fontes de energia (renováveis e não-renováveis), como também os tipos de materiais que podem constituir uma célula fotovoltaica.

Além disso, foram descritos os tipos de sistemas fotovoltaicos (híbridos, interligados e isolados), suas características gerais, bem como a descrição dos modos de medição da energia elétrica em sistemas interligados à rede, relacionando-os com os sistemas de compensação existentes.

Todos os conceitos apresentados neste capítulo são necessários para um melhor entendimento de como funcionam os sistemas fotovoltaicos, e são essenciais para a compreensão dos capítulos futuros.

3 LEGISLAÇÃO E SISTEMAS DE COMPENSAÇÃO

3.1 IMPOSTOS E CONTRIBUIÇÕES INCIDENTES NA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

Na tarifa de energia elétrica estão presentes alguns impostos e contribuições: o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), sendo que o ICMS é um imposto de competência dos Estados e do Distrito Federal.

Sobre a incidência do ICMS na energia elétrica, o CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), institui com o Convênio ICMS nº 16, a concessão da isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas ao faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (BRASIL, 2015). Desta forma, o ICMS incide somente sobre a diferença entre a energia elétrica consumida da rede e a energia elétrica injetada na rede (ANEEL, 2016a). Atualmente, somente quatro estados não aderiram a este convênio (Amazonas, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina) (BRASIL, 2015; BRASIL 2017).

Já o PIS e a COFINS, são tributos federais que são voltados para o trabalhador, e também atendem os programas sociais do Governo Federal. Os valores das alíquotas são de 1,65% para o PIS e 7,6% para a COFINS. O cálculo destas contribuições na fatura da energia elétrica são feitos de forma não-cumulativa. Desta maneira, a alíquota média desses tributos varia com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias, e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, como a energia adquirida para revenda ao consumidor (ANEEL, 2016b).

3.2 PROJETOS DE LEI

Atualmente, existem na Câmara dos Deputados e no Senado Federal, diversos Projetos de Lei (PL) em tramitação, que podem acelerar a inserção da geração distribuída de energia solar fotovoltaica. Estes Projetos de Lei tratam de incentivos tributários, benefícios em financiamentos, além de projetos mais ousados, que instituem a obrigatoriedade do uso de geração distribuída em prédios públicos, entre outros.

Projeto de Lei 1609/2015 – Câmara dos Deputados

O Projeto de Lei 1609/2015, em tramitação na Câmara dos Deputados, trata de incentivos tributários para micro e minigeração distribuída. Os principais pontos desse Projeto de Lei são (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015b):

- isenção da Contribuição para o PIS/PASEP e COFINS nas vendas no mercado interno de painéis fotovoltaicos, microturbinas eólicas, e nos conversores elétricos estáticos (inversores);
- isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) na compra de conversores elétricos estáticos (inversores), nos primeiros cinco anos após a publicação da lei;
- isenção da Contribuição para o PIS/PASEP e COFINS na energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora.

Em sua justificativa, o texto propõe a alíquota zero da contribuição para o PIS/PASEP e COFINS, como uma forma de equilibrar as condições de implementação, pois existe no país o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI (Lei nº 11.488 de 2007), que permite a aplicação de alíquota zero do COFINS e da Contribuição para o PIS/PASEP, incidentes sobre a venda ou importação de aparelhos, máquinas, e materiais de construção utilizados em obras de infraestrutura (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015b).

Projeto de Lei 7255/2017 – Câmara dos Deputados

Este PL altera as Leis nº 8036 de 11 de maio de 1990, que dispõe sobre o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), e a lei nº 9365 de 16 de dezembro de 1996, que institui a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

A alteração da lei que trata do FGTS permite que a conta vinculada ao trabalhador possa também ser utilizada para a aquisição de sistema fotovoltaico, para ser instalado em sua própria residência, além dos outros casos já previstos em lei (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

No segundo caso, a alteração na lei garante que pelo menos dois bilhões de reais serão destinados anualmente para financiar consumidores na aquisição de sistemas fotovoltaicos (micro e minigeração distribuída de energia elétrica). Esses recursos provêm do Fundo de Participação PIS-PASEP, e deverão ser administrados pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que deverá retornar os valores de financiamento utilizando a TJLP, que é muito inferior às taxas de mercado regulares (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

Em sua justificativa, o PL argumenta que a instalação de tecnologias convencionais de geração de energia, como as termelétricas a combustíveis fósseis, são contempladas com financiamentos referenciados à Taxa de Juros de Longo Prazo, e, que dessa forma, ocorre um incentivo adverso à implementação de energias renováveis no país (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

Nos dois casos, o objetivo é fornecer mecanismos financeiros que permitam o crescimento da produção de energia solar fotovoltaica no país.

Projeto de Lei 1138/2015 – Câmara dos Deputados

Este Projeto de Lei institui o Programa de Incentivo à Geração de Energia Elétrica a partir de Fonte Solar – PIGDES, e altera a lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, que trata de vários assuntos ligados à Energia Elétrica, como a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), e a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015a).

O PIGDES tem como objetivo criar um incentivo à geração distribuída maior do que o gerado naturalmente pela Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL. Em adição à resolução 482/2012, o PIGDES institui que (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015a):

- a potência de instalação na unidade consumidora participante do sistema de compensação, ficará limitada à carga instalada ou máxima demanda contratada, conforme a classe do consumidor;
- caso a energia gerada pela unidade consumidora seja maior do que a consumida no mês, será gerado um crédito de energia ativa a ser utilizado pela unidade consumidora, ou outra unidade consumidora de mesma titularidade, em até doze meses após a data do faturamento;
- o crédito gerado não poderá ser superior a 30% da média mensal do consumo nos últimos doze meses na unidade consumidora;
- créditos existentes após doze meses da data do faturamento, serão remunerados conforme valores estabelecidos pelo Poder Executivo, sendo no mínimo o valor da tarifa de energia da distribuidora;
- os proprietários das unidades consumidoras, poderão se apropriar integralmente de benefícios financeiros resultantes da comercialização de reduções certificadas de emissões de gases de efeito estufa decorrentes;
- os valores pagos pelas distribuidoras às unidades consumidoras serão custeados pela Conta de Desenvolvimento Energético – CDE.

Em sua justificativa, o PL argumenta que, esse incentivo financeiro à geração distribuída, será um incentivo mais efetivo à adesão a energia solar fotovoltaica, além de estimular uma racionalização de energia, pois ampliaria o excedente de créditos. Na resolução 482/2012, este estímulo à racionalização não é tão eficiente, pois todo crédito excedente expira em 36 meses (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015a).

Projeto de Lei 224/2015 – Senado Federal

Este Projeto de Lei do Senado, altera a lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV, e a lei nº 12.212,

de 20 de Janeiro de 2010, que dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica (SENADO FEDERAL, 2015).

O Artigo 82 da lei nº 11.977, autoriza o custeio de aquisição de aparelhos de energia solar, ou que contribuam para a redução do consumo de água em moradias. No PL 224/2015, propõe-se a adição do artigo 82-E (SENADO FEDERAL, 2015), com o seguinte texto :

“Art. 82-E. A produção e aquisição de novas unidades habitacionais, a requalificação de imóveis urbanos e a produção e reforma de habitações rurais, no âmbito do PMCMV, deverão incluir, sem ônus para o beneficiário, a aquisição e a instalação de equipamentos destinados à geração de energia elétrica com base em fonte solar fotovoltaica para uso próprio ou para injeção total ou parcial na rede elétrica das concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica, desde que:

I – a geração de energia elétrica pela unidade habitacional beneficiada atenda aos critérios de eficiência definidos pelo Poder Executivo;

II – o beneficiário não se enquadre nos critérios ou opte por não usufruir a Tarifa Social de Energia Elétrica, de que trata a Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010.

2

Parágrafo único. A obrigação de que trata este artigo não se aplica às unidades habitacionais em produção, em requalificação ou em reforma.” (SENADO FEDERAL, 2015)

A alteração da lei nº 12.212 tem como objetivo complementar a outra alteração, incluindo um parágrafo que exclui da Tarifa Social de Energia Elétrica as unidades consumidoras contempladas com aparelhos de geração de energia solar fotovoltaica, pelo PMCMV (SENADO FEDERAL, 2015).

Em sua justificativa, o PL 224/2015 argumenta que esta medida irá promover a fonte de energia solar fotovoltaica no país, privilegiar uma parte da população com menor poder aquisitivo, gerará empregos, menos poluição, e ainda aumentará a renda da população beneficiada, pois suas tarifas de energia serão menores (SENADO FEDERAL, 2015).

3.3 SISTEMAS DE COMPENSAÇÃO

3.3.1 *Feed-in Tariff*

No sistema *Feed-in Tariff*, o valor da remuneração é independente do valor de mercado livre; os produtores independentes recebem uma remuneração fixa, ou fixa com ajustes por kWh gerado, definida pelas regulamentações de cada país.

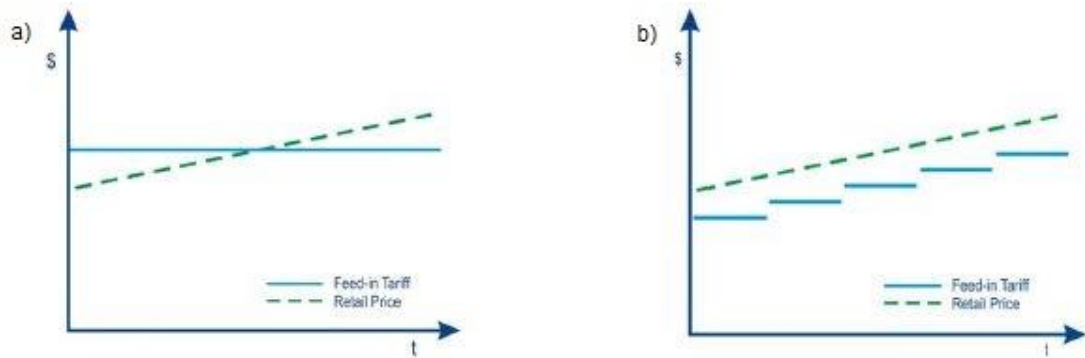
Os produtores não recebem essa remuneração do mercado de energia elétrica. Geralmente, os recursos tem como origem um acréscimo na tarifa convencional de todos os consumidores. Esses recursos são retidos em um fundo para o pagamento dessa remuneração aos produtores independentes (DE MARTINO JANNUZZI, 2009; SALAMONI, 2009).

Este sistema é adotado na Alemanha e outros países europeus. Neste sistema, a energia gerada é injetada na rede, e as concessionárias são obrigadas a comprar dos produtores, a eletricidade produzida a partir de fontes renováveis, tais como solar, eólica, biomassa e geotérmica.

O pagamento é assegurado por um período de tempo em média de 20 anos. O valor do pagamento varia conforme as regulamentações vigentes em cada país. Atualmente, existem algumas regulamentações que tem como base o *Feed-in Tariff*. A remuneração pode ser fixa, como ocorre na Alemanha, ou variável, sendo que esta tem como parâmetro a taxa de inflação, aplicada na França e na Irlanda; este tipo de remuneração é aplicado para algumas fontes renováveis, exceto para energia fotovoltaica. Este sistema também foi aplicado no Canadá no final dos anos 2000.

Na figura 8 é mostrada o progresso do pagamento em função do tempo.

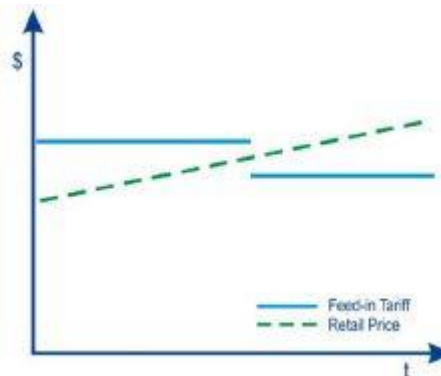
Figura 8 - (a) *Feed-in Tariff* fixo, (b) *Feed-in Tariff* variável



FONTE: COUTURE; GAGNON (2010)

Há também outra variação que consiste em uma remuneração elevada nos primeiros anos, havendo uma redução considerável para o período restante, indicada na figura 9. No fim dos anos 2000 isso foi aplicado para o estado de Minnesota (EUA), Eslovênia, e outros países europeus introduziram este sistema, sendo que nesses países, isso é válido somente para energia eólica, devido ao elevado investimento para construção da unidade geradora (COUTURE; GAGNON, 2010).

Figura 9 - *Feed-in Tariff* com remuneração elevada nos primeiros anos



FONTE: COUTURE; GAGNON (2010)

3.3.2 *Feed-in Premium*

O sistema de remuneração *Feed-in Premium* é uma variação do sistema *Feed-in Tariff*; no entanto, este sistema é dependente do mercado, ou seja, o valor da remuneração varia de acordo com o valor de mercado da energia.

Existem três variações deste sistema: a primeira, que é geralmente aplicada em países europeus como República Checa, Eslovênia, Estônia e Dinamarca, tem como característica uma remuneração acima do valor de mercado, como mostrada na figura 10, mesmo que este esteja muito elevado ou muito baixo (COUTURE; GAGNON, 2010).

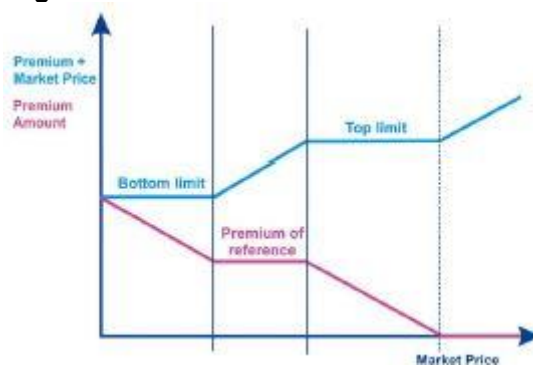
Figura 10 - *Feed-in Premium*



FONTE: COUTURE; GAGNON (2010)

A segunda variação mais complexa, é a *Feed-in Premium Variável*, que consiste na introdução de pisos e tetos no sistema *Feed-in Premium*, para reduzir a “volatilidade” do mercado. O funcionamento deste sistema pode ser observado na figura 11, que indica o valor da contribuição *Premium* e o valor total da remuneração (valor de mercado + *Premium*), em função do valor de mercado (COUTURE; GAGNON, 2010)

Figura 11 - Feed-in Premium variável



FONTE: COUTURE; GAGNON (2010)

Este sistema foi aplicado na Espanha em 2007; no entanto, desde fevereiro de 2013, este sistema não é mais aplicado (HELD, 2014).

O terceiro sistema é semelhante à primeira variação; no entanto, essa remuneração é inferior ao valor de mercado. Ele foi aplicado somente nos anos 90 na Alemanha e na Dinamarca, e meados dos anos 2000 na Espanha. Na figura 12 pode-se observar o progresso da remuneração em relação ao valor de mercado (COUTURE; GAGNON, 2010).

Figura 12 - Feed-in Premium - remuneração abaixo do valor de mercado



FONTE: COUTURE; GAGNON (2010)

3.3.3 *Net metering*

Neste tipo de sistema, os produtores independentes podem instalar pequenos sistemas de fontes renováveis de energia em suas residências, e vender o excedente à concessionária de energia local. O preço de compra da energia excedente injetada na rede é o mesmo que o praticado pela concessionária para a venda da energia gerada de forma convencional.

De acordo com a política de incentivo adotada no país, os produtores independentes são pagos por todo kWh injetado na rede, ou então recebem créditos por essa energia gerada. A medição do fluxo de energia utiliza medidores bidirecionais, isto é, se a geração é maior que o consumo da residência, o excedente é convertido em créditos (kWh), e o medidor gira no sentido oposto ao convencional (RÜTHER, 2004; SALAMONI, 2009).

Uma variação do *net metering* é o *net billing*. Neste sistema, o preço de compra da energia excedente injetada na rede é menor do que o praticado pela concessionária para a venda de energia ao consumidor (DUFO-LÓPEZ; BERNAL-AGUSTIN, 2015).

3.4 HISTÓRICO DE INCENTIVOS NO BRASIL E EM OUTROS PAÍSES

3.4.1 Brasil

3.4.1.1 Situação em 2016

O Brasil registrou em 2016 uma capacidade total instalada de geração distribuída a partir da energia solar fotovoltaica de 61,47 MWp e em 2016 o crescimento na geração distribuída por sistemas fotovoltaicos foi de 48,08 MWp. Em agosto de 2017 a capacidade instalada de geração distribuída a partir desta mesma fonte alcançou 111,86 MWp (ANEEL, 2017b).

As Resoluções Normativas nº 482/2012 e 687/2015 da ANEEL definem que sistemas de mini e microgeração distribuída podem participar de um sistema de compensação (*Net metering*).

Neste sistema serão gerados créditos quando a quantidade de energia elétrica injetada na rede for superior à quantidade de energia elétrica consumida e posteriormente esta unidade pode utilizar estes créditos. Estes créditos podem ser utilizados dentro de um período de 60 meses na própria unidade consumidora e/ou em uma outra unidade consumidora que pertence ao mesmo proprietário e está localizada dentro da mesma área de concessão (ANEEL, 2012; ANEEL 2015).

Na maioria dos Estados (exceto Amazonas, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina) o ICMS incide somente sobre a diferença entre a energia elétrica consumida da rede e a energia elétrica injetada na rede devido ao Convênio ICMS nº 16; desta forma, nestes Estados, o sistema de compensação é mais vantajoso que nos Estados que não aderiram a este convênio (BRASIL, 2015; ANEEL, 2016a; BRASIL, 2017).

Sobre os tributos federais (COFINS, PIS/PASEP), estes incidem somente sobre o consumo líquido da unidade consumidora, de acordo com a Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015. Entretanto, para empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, e de geração compartilhada que aderirem ao sistema de compensação de energia elétrica regulamentado pela ANEEL (Resolução Normativa Nº 482 e Resolução Normativa Nº 687), estes tributos incidem sobre o consumo bruto (NASCIMENTO, 2017).

3.4.1.2 Breve histórico no Brasil

Em relação à história da energia fotovoltaica no Brasil, pode-se dizer que sistemas fotovoltaicos isolados foram majoritariamente aplicados, em comparação com os SFCR. Nos anos 90 e nos anos 2000 ocorreram importantes ações, que aumentaram a participação de sistemas fotovoltaicos no sistema elétrico brasileiro (PERLOTTI, 2012).

Em 1991 foi instituída a “Lei da Informática”, que tinha como objetivo o incentivo à indústria nacional para aparelhos de informática, o qual incluía aparelhos para sistemas fotovoltaicos como as células solares. Além disso, a lei introduziu barreiras alfandegárias à importação de aparelhos para informática. Essa lei trouxe resultados pouco satisfatórios para a indústria brasileira deste setor (PERLOTTI, 2012).

Em 1994, foi criado o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM, que permitiu a aquisição de sistemas fotovoltaicos por meio de licitações internacionais. De 1996 a 2002 foram instalados cerca de 5 MWp em aproximadamente 7000 comunidades, localizados em locais do Brasil sem acesso às redes de distribuição de energia elétrica (PERLOTTI, 2012)

Em 2004, o PRODEEM foi incorporado ao Programa “Luz para Todos”, que tinha como objetivo atender locais que não possuíam fornecimento de energia elétrica. Em alguns locais foram implementados sistemas isolados, pois estes eram economicamente mais viáveis que ampliações das redes de distribuição mais próximas desse local (BRASIL, 2005; PERLOTTI, 2012).

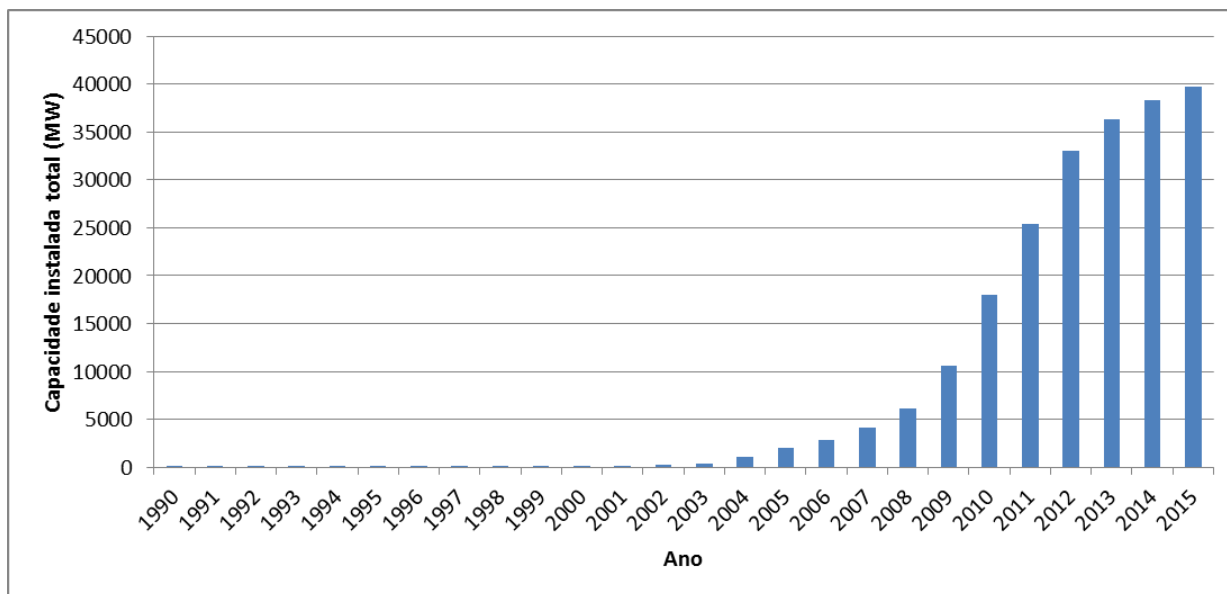
De 2004 a 2009 foram implementados, por meio do programa “Luz para Todos”, 2046 sistemas fotovoltaicos (PERLOTTI, 2012).

3.4.2 Alemanha

3.4.2.1 Situação em 2016

A Alemanha foi a segunda colocada dentre os países que produzem eletricidade por sistemas fotovoltaicos, com uma capacidade instalada de 40 GW em 2015. Entre 2014 e 2015 houve um aumento de 1,5 GW na capacidade instalada (SPE, 2016a). A evolução da geração por sistemas fotovoltaicos pode ser observada na figura 13.

Figura 13 - Capacidade instalada total por sistemas fotovoltaicos na Alemanha



FONTE: Adaptado de *BMWi* (2016)

Os sistemas de compensação aplicados na Alemanha são o *Feed-in Tariff* e o *Feed-in Premium*, para a energia gerada excedente. O período que esta compensação dura é vinte anos; além disso, é permitido o consumo da própria energia gerada. A compensação tem validade por vinte anos, sendo que a remuneração é constante por este período para a maioria dos casos (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

Há incentivos para aquisição de baterias, sendo que desde 2013 o *KfW* (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*) oferece empréstimos com juros baixos para incentivar a utilização de baterias em sistemas de geração fotovoltaica com potência instalada de até 30 kWp (BAYOD-RÚJULA et al., 2017).

3.4.2.2 Breve histórico na Alemanha

Nos anos 80, a Alemanha promoveu incentivos à pesquisa e desenvolvimento para a utilização de fontes renováveis para geração de eletricidade. Em 1989 foi introduzido um programa de estímulo para a instalação de 250 MW de plantas por geração eólica; este programa oferecia uma remuneração fixa através dos anos, além de incentivos para investimento (HELD, 2007).

Em 1991, com a introdução da *Stromeinspeisungsgesetz* (Lei de fornecimento de energia elétrica), os produtores poderiam fornecer eletricidade à

rede, sendo que as concessionárias eram obrigadas a remunerar o produtor, e também a aceitar toda a energia gerada pelo produtor. O sistema de compensação utilizado foi o *Feed-in Tariff*, sendo que essa compensação tinha um valor de 80% (média histórica) do valor da energia elétrica vendida pelas concessionárias aos consumidores (HELD, 2007; EICHELBRÖNNER; SPITZLEY, 2012).

Também em 1991 foi iniciado o *1.000 Dächer-Programm* (Programa 1.000 telhados), um programa subsidiado pelo governo alemão, que tinha como objetivo “a avaliação do nível tecnológico” e também “as necessidades para pequenas unidades geradoras ligadas a rede” (EICHELBRÖNNER; SPITZLEY, 2012).

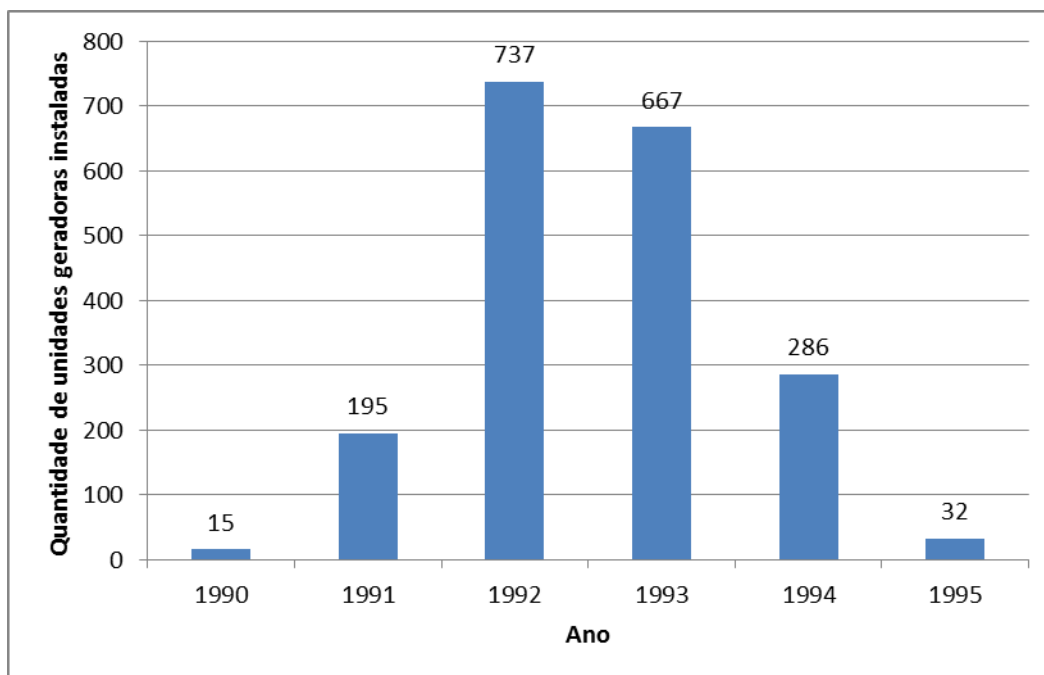
Neste programa as unidades geradoras possuem uma potência instalada de 1 a 5 kWp, sendo instaladas nos telhados de casas para uma e duas famílias. A quantidade de unidades geradoras era limitada por Estado.

Em relação à remuneração paga ao produtor pela energia em excesso, ela valia 90% do valor da eletricidade vendida pela concessionária ao consumidor.

O investimento era pago 70% pelo governo, sendo que o governo federal era responsável por 50% e o governo do Estado por 20% (DECKER; JAHN, 1997; EICHELBRÖNNER; SPITZLEY, 2012).

Este programa foi encerrado em 1995 tendo atingido suas metas com cerca de 2000 unidades geradoras instaladas (DECKER; JAHN, 1997). A figura 14 apresenta a evolução de unidades geradoras fotovoltaicas durante o Programa 1.000 Telhados.

Figura 14 - Unidades geradoras fotovoltaicas instaladas por ano durante 1000-Dächer Programm



FONTE: Adaptado de Eichelbrönnner; Spitzley (2012)

Em relação ao programa *100.000 Dächer-Programm* (Programa 100.000 telhados) iniciado em 1999, foi um programa de incentivo a energia fotovoltaica para unidades geradoras superior a 1 kWp de potência instalada (ERGE; HOFFMANN; KIEFER, 2001; EICHELBRÖNNER; SPITZLEY, 2012).

O objetivo deste programa era a instalação de 300 MWp por novos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Os incentivos eram empréstimos oferecidos pelo *KfW* – (Instituição de crédito para reconstrução), sob taxas baixas (1,91% a.a. efetivo). Isso impulsionou a geração de energia fotovoltaica juntamente com a “nova” *EEG* (Lei de Energias Renováveis), que fora introduzida em 2000 (ERGE; HOFFMANN; KIEFER, 2001; EICHELBRÖNNER; SPITZLEY, 2012).

A remuneração para os produtores pelo fornecimento da energia gerada à rede estava regulamentada pela *EEG* (Lei de Energias Renováveis), que utilizava o sistema de compensação *Feed-in Tariff*, com uma remuneração fixa por vinte anos, a partir do início de operação da unidade geradora (JACOBSSON; LAUBER, 2006).

Em 2003 alcançou-se a meta de 300 MWp, e então o programa foi encerrado.

A primeira Lei de Energias Renováveis (*EEG 2000*) foi introduzida em 2000, tendo como objetivo o crescimento de fontes renováveis na matriz energética alemã;

a meta era dobrar a parcela de energias renováveis na matriz de eletricidade até 2010 (ALEMANHA, 2000).

O sistema de remuneração para a energia fotovoltaica para esta regulamentação era o *FiT*, com remuneração de no mínimo €0,457. Este valor poderia ser maior, dependendo da potência instalada da unidade geradora, e também do tipo de instalação da unidade geradora (montada no telhado ou no solo da residência). Além disso, toda a energia gerada deveria ser adquirida pelas concessionárias, ou comercializadoras de energia elétrica (ALEMANHA, 2000).

Os produtores não recebem essa remuneração do mercado de energia elétrica. Geralmente os recursos tem como origem um acréscimo na tarifa convencional de todos os consumidores. Esses recursos são retidos em um fundo para o pagamento dessa remuneração aos produtores independentes (DE MARTINO JANNUZZI, 2009; SALAMONI, 2009).

Nesta lei, também foi introduzida o conceito de “degressão da remuneração”, que reduzia e definia a remuneração em cada ano, dependendo do tipo de fonte renovável utilizada, além de definir remunerações distintas para cada fonte renovável dependendo da sua utilização (HELD, 2007).

Em 2004, 2009, 2012 e 2014, foram introduzidas novas regulamentações, que modificavam as metas de participação de fontes renováveis na matriz de energia elétrica alemã, além de modificar a degressão das remunerações. Majoritariamente, as degressões tornaram-se mais consideráveis, e definiram as remunerações das unidades geradoras para cada tipo de fonte renovável utilizada (ALEMANHA, 2004; 2008; 2011; 2014).

A seguir, se encontram as metas de cada regulamentação em relação à participação de energias renováveis para os anos de 2010 e 2020 na matriz elétrica alemã.

Para 2010

- *EEG* 2000 – dobrar a participação de fontes renováveis
- *EEG* 2004 – 12,5%

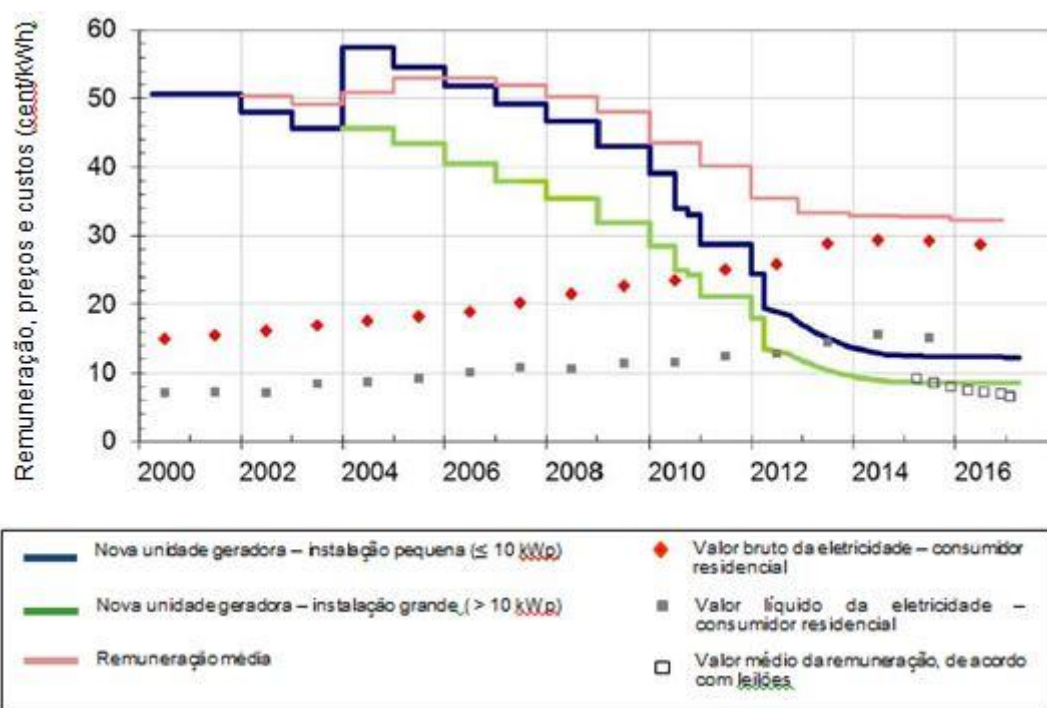
Para 2020

- *EEG* 2000 - não havia meta para esta regulamentação

- EEG 2004 - 20%
- EEG 2009 - 30%
- EEG 2012 - 35%
- EEG 2014 - 35%

Na figura 15 é mostrado o histórico da remuneração para pequenas instalações, além do preço da energia elétrica para consumidor residencial.

Figura 15 - Remuneração para unidades geradoras fotovoltaicas, e preço da eletricidade vendida pelas concessionárias



FONTE: Adaptado de Fraunhofer (2017)

3.4.3 Espanha

3.4.3.1 Situação em 2016

Na Espanha, o sistema de compensação utilizado atualmente é o *Net Metering*, introduzido pelo *Real Decreto 900/2015*. A Espanha possui uma capacidade instalada de 5,4 GWp; no entanto, o crescimento na geração por sistemas fotovoltaicos entre 2014 e 2015, foi de 54 MW, devido às novas políticas no

sistema de compensação, que reduziram a atratividade do país em relação à energia fotovoltaica (SPE, 2016a; MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016; PVPS, 2017).

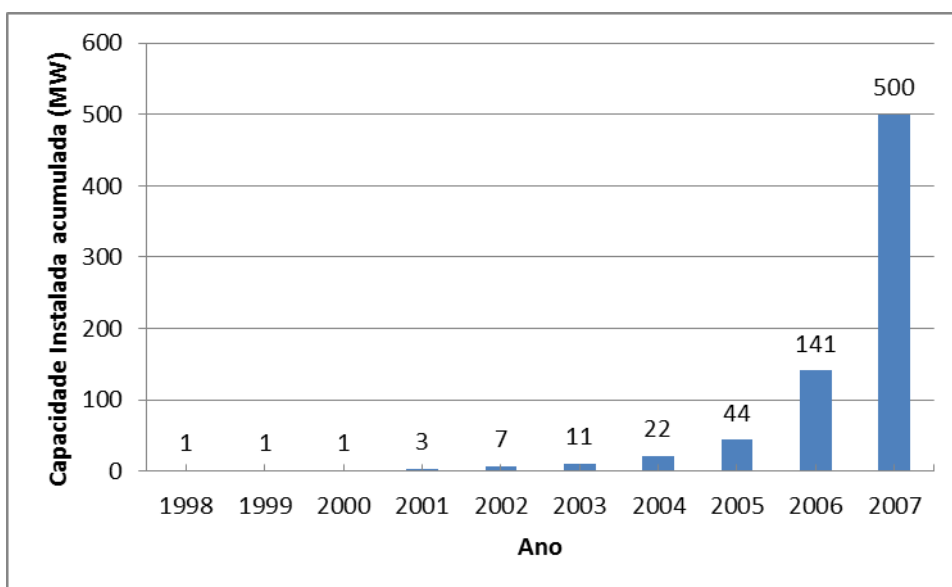
Neste novo modelo, os produtores são divididos em dois grupos: um para potências instaladas das unidades geradoras inferiores a 100 kW, e outro para potências superiores a 100 kW.

O excedente de energia gerada para potência inferior a 100 kW não é remunerado. Além disso, existem taxas para a aquisição de baterias, o que interfere no aumento do consumo próprio, que poderia ser concedido com a utilização de baterias (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

3.4.3.2 Breve histórico na Espanha

Nos anos 2000, podia-se considerar a Espanha como o país europeu mais dinâmico no mercado de energia fotovoltaica. Isso começou principalmente a partir de 2004, com a introdução do *Real Decreto 436/2004*, que melhorou a legislação anterior. A energia excedente poderia ser disponibilizada ao sistema de duas maneiras, descritas a seguir (GIRARD, A. et al, 2016). A figura 16 mostra a evolução na geração fotovoltaica na Espanha de 1998 a 2007.

Figura 16 - Capacidade instalada acumulada na Espanha entre 1998 e 2007



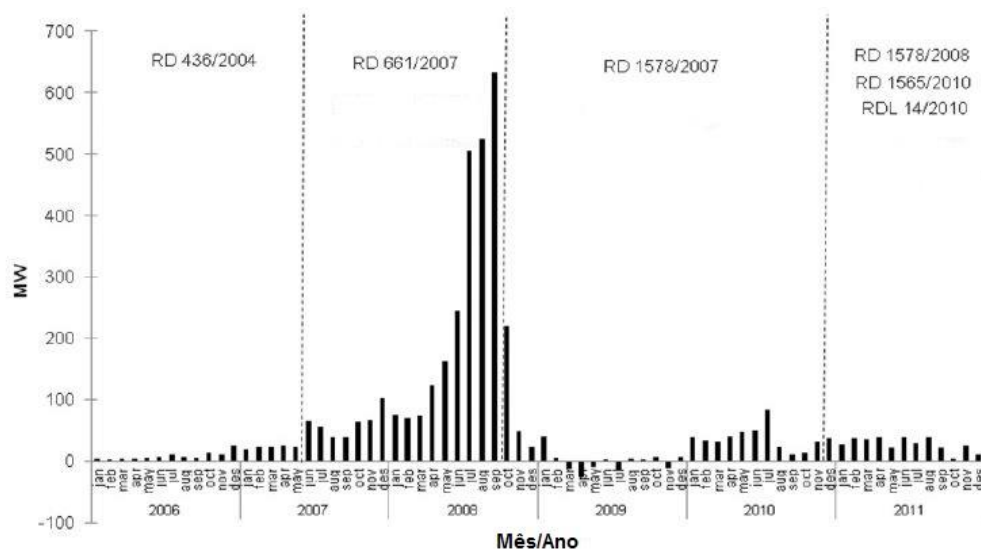
FONTE: Adaptado de Salas; Olias (2009)

Os produtores independentes podem vender a energia gerada às distribuidoras; neste caso, o sistema de compensação seria o *Feed-in Tariff*, com uma remuneração fixa baseada em um percentual da tarifa média de energia, válida por um período de 25 anos. Além dessa opção, a energia poderia ser vendida ao mercado livre, utilizando um sistema de compensação *Feed-in Premium*, com a remuneração variável baseada no valor de mercado de energia (ESPANHA, 2004; SALAS; OLIAS, 2009; GIRARD, A. et al, 2016).

Em 2007, com o *Real Decreto 661/2007*, houve um aumento superior a 250% na capacidade instalada. Este decreto ofereceu elevadas remunerações, quando comparadas com o valor de mercado. Assim como no *Real Decreto 436/2004*, o produtor poderia escolher a opção de vender a energia excedente às distribuidoras ou ao mercado livre. Para a venda às distribuidoras, o sistema de compensação era o mesmo do *Real Decreto 436/2004*, com uma remuneração fixa, enquanto para a outra opção, venda da energia excedente ao mercado livre, o sistema de compensação era semelhante ao do decreto anterior, mas com a adoção do *Feed-in Premium* variável, com pisos e tetos (ESPANHA, 2007; DEL RÍO; MIR-ARTIGUES, 2012).

Em 2008, o *Real Decreto 1578/2008* foi introduzido. Esse decreto tornou os incentivos menos vantajosos do que o *Real Decreto 661/2007*, sendo que o crescimento na capacidade instalada aumentou em 155 MW em 2009. Este valor pode ser considerado baixo em relação com o crescimento de cerca de 2.400 MW obtido entre o fim de 2007 e setembro de 2008, ainda sob o *Real Decreto 661/2007* (DEL RÍO; MIR-ARTIGUES, 2012). Este incremento na capacidade total instalada pode ser observado na figura 17, juntamente com os decretos que eram vigentes na época.

Figura 17 - Capacidade instalada por período na Espanha



FONTE: Adaptado de Del Río; Mir-Artigues (2012)

Os incentivos e as compensações de geração de energia por energias renováveis e por cogeração, foram suspensos pelo *Real Decreto-ley* 1/2012, devido ao déficit no sistema *Premium* de cerca de dois bilhões de euros em 2010. Esse decreto era válido somente para as instalações que seriam comissionadas a partir da data de publicação deste decreto (ESPANHA, 2012; BAYOD-RÚJULA et al. , 2017).

3.4.4 Estados Unidos da América

3.4.4.1 Situação em 2016

Os Estados Unidos da América possuem uma capacidade instalada de 40,3 GWp e o crescimento na geração por sistemas fotovoltaicos em 2016 foi de 14,73 GWp (PVPS, 2017). Nos Estados Unidos da América existem diferentes políticas de regulamentação do autoconsumo de energia solar fotovoltaica. O sistema de compensação mais utilizado é o *Net-metering* (presente em 41 Estados, além de Washington DC e quatro territórios). Por isso, as características de cada regulamentação dependem de cada Estado (no Arizona é calculada uma taxa mensal fixa); em outros Estados, é permitido que as concessionárias calculem uma

taxa mensal fixa. O tipo da taxa é determinado pela concessionária e não pelo Estado (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

Algumas cidades adotaram um sistema de compensação da energia gerada, que pode ser considerada como uma *feed-in tariff* ou “tarifa do valor do solar”. O valor destas tarifas varia de acordo com a jurisdição, e ambas podem ser compensadas com valores acima ou abaixo do valor do kWh da concessionária, ou vender diretamente ao mercado atacadista (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

Além do *Net-metering*, outros programas oferecem descontos em instalações de sistemas solares. Em algumas cidades, os procedimentos de conexão à rede são simples, e os prazos curtos de conexão à rede existem para sistemas de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. O Estado da Califórnia permite a utilização do *Net-metering* para alguns consumidores, e união de consumidores; isto significa que o excesso de energia gerada, que foi injetada na rede e produzida por um único sistema, é distribuída para mais de um *prosumer* (consumidor que gera energia elétrica) com unidade geradora. Outros Estados oferecem créditos de energia solar (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

3.4.4.2 Breve histórico nos Estados Unidos da América

A política energética dos Estados Unidos da América é determinada por entidades federais, estaduais e locais. Três Leis de Política Energética (*Energy Policy Acts*) foram aprovadas, em 1992, 2005 e 2007, que incluem esforços em economia de energia através do programa “*Energy Star*”, e estímulos em desenvolvimento energético com subsídios e tarifas de incentivo para fontes de energia renováveis e não renováveis (SUEYOSHI; GOTO, 2014).

A Lei de Política Energética de 1992, estabeleceu um programa de oferecimento de suporte federal em uma base competitiva para energias renováveis. Com este ato, os Estados tiveram um papel maior neste mercado, com muitos Estados fazendo esforços significantes para desregular o mercado vertical das concessionárias. Ao fazê-lo, alguns Estados começaram a introduzir políticas que interviam nas barreiras para a adoção da tecnologia de energia solar fotovoltaica, como o acesso à conexão com a rede, as políticas que encorajaram o fornecimento de energia elétrica a partir de unidades geradoras fotovoltaicas, os padrões de operação das concessionárias em relação às energias renováveis, descontos para

componentes de sistemas fotovoltaicos, e incentivos para novas fábricas (SCHEXNAYDER et al, 2012).

Em 1996, as leis sobre *Net-metering* começaram a ser aplicadas em alguns Estados. Estas leis retiraram algumas barreiras para a implantação de sistemas fotovoltaicos, resultando em uma base para o crescimento da indústria. Em 1997, os Estados começaram a estruturar as Normas do portfólio de energia renovável (*Renewable Energy Portfolio Standards*), com objetivos a longo prazo, que criaram um ambiente de investimento mais concreto. Estas políticas estaduais, que encorajaram o desenvolvimento na energia solar fotovoltaica, começaram a ter um papel significativo na adoção da energia solar fotovoltaica (SCHEXNAYDER et al, 2012).

O programa de garantia de empréstimos do Departamento de Energia, estabelecido com a Lei de Política Energética de 2005, e melhorado pela Lei de recuperação e reinvestimento americano de 2009 (*American Recovery and Reinvestment Act*), tentaram ajudar a apoiar investidores de projetos em energia limpa, oferecendo um financiamento de até 30% do custo do projeto (PRICE, 2010; SUEYOSHI; GOTO, 2014).

As Leis de Política Energética criaram também alguns incentivos fiscais, que incluem o incentivo fiscal de produção (*Production Tax Credit – PTC*), o incentivo fiscal de investimento (*Investment Tax Credit – ITC*), e o incentivo fiscal de fabricação para energias avançadas (*Advanced Energy Manufacturing Tax Credit - MTC*) (PRICE, 2010; SUEYOSHI; GOTO, 2014).

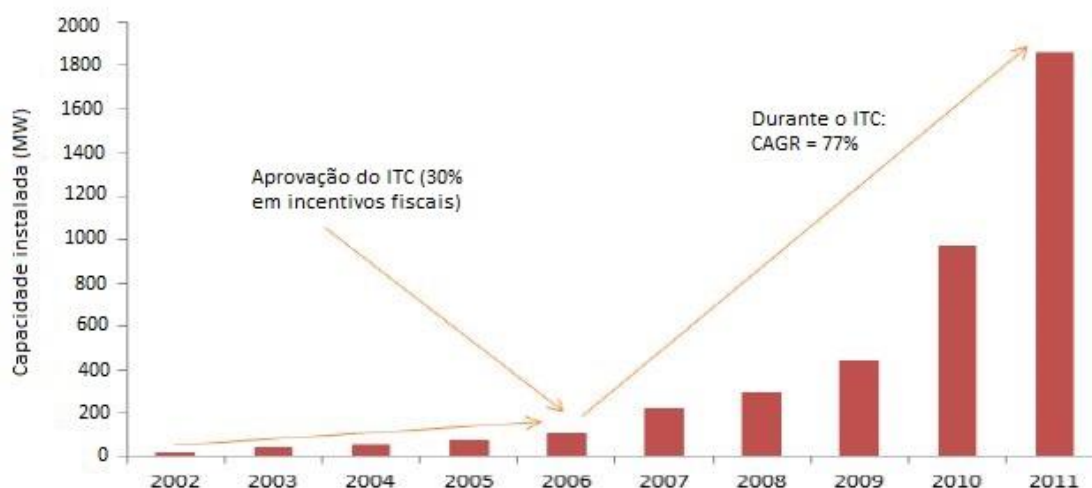
Estes incentivos fiscais foram projetados para acelerar a adoção no mercado, criar empregos, e encorajar investimentos em pesquisa e desenvolvimento em energias renováveis (PRICE, 2010; SUEYOSHI; GOTO, 2014).

Os Estados Unidos da América não tem um plano federal do sistema de compensação *Feed-in Tariff*, mas alguns Estados fizeram suas próprias políticas de compensação. Em 2008, o Estado da Califórnia percebeu que não estava alcançando as metas em geração de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos, e aprovou o sistema de compensação *Feed-in Tariff*. O Estado de Washington aprovou o sistema de compensação *Feed-In Tariff* de 15 centavos de dólar por kWh, que aumentava para 54 centavos de dólar por kWh, se os

componentes do sistema fotovoltaico fossem fabricados dentro do Estado (SUEYOSHI; GOTO, 2014).

Projetos solares comerciais com data de início de construção entre 2009 e 2011 eram elegíveis ao Programa do Tesouro 1603 (*1603 Treasury Program*), que permitia um subsídio de 30%, substituindo o *ITC*, reduzindo o desembolso de capital inicial. Com estes programas em vigor, e outros fatores, como a redução dos preços de componentes para sistemas fotovoltaicos, e a adoção de Normas estaduais de Energia Renovável (*State Renewable Energy Standards*), houve uma taxa de crescimento anual (*CAGR*) de 77% entre 2006 e 2011 para sistemas fotovoltaicos nos EUA, conforme a figura 18 (SCHEXNAYDER et al, 2012).

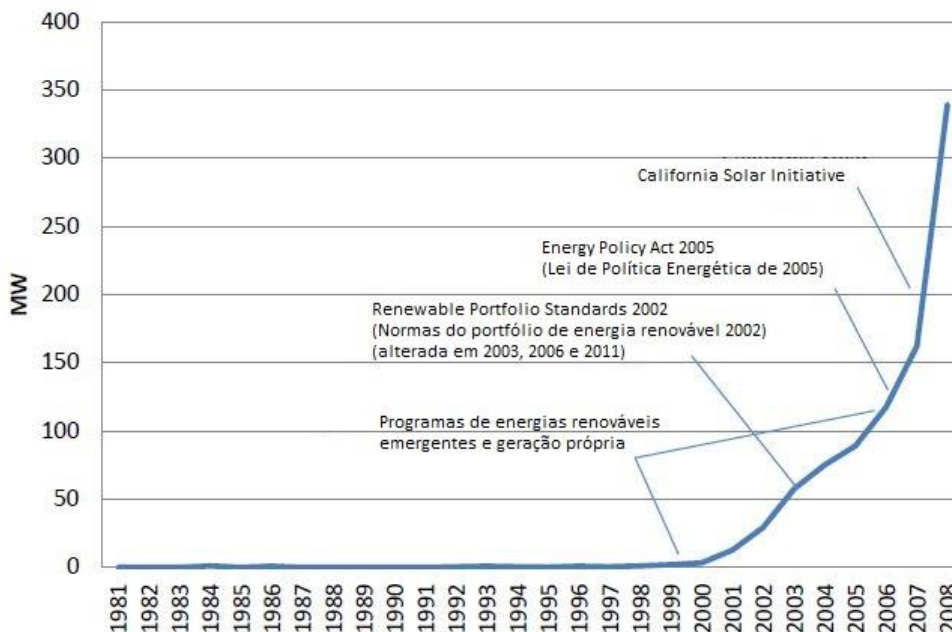
Figura 18 - Capacidade instalada anualmente de sistemas fotovoltaicos entre 2000 e 2011 nos EUA



FONTE: Adaptado de Schexnayder et al (2012)

A figura 19 mostra o crescimento da adoção da energia solar fotovoltaica, com a aprovação de políticas estaduais em 1998, políticas federais em 2005, e a “*California Solar Initiative*” (SCHEXNAYDER et al, 2012).

Figura 19 - Capacidade instalada anualmente na Califórnia de sistemas fotovoltaicos entre 1981 e 2008



FONTE: Adaptado de Schexnayder et al (2012)

3.4.5 Itália

3.4.5.1 Situação em 2016

A Itália possui uma capacidade instalada de 19,28 GWp, e o crescimento na geração por sistemas fotovoltaicos em 2016 foi de 373 MWp (PVPS, 2017). Na Itália é possível que um produtor de energia elétrica, a partir de um sistema fotovoltaico de até 500 kWp, participe de um sistema de compensação chamado *Scambio Sul Posto* (SSP). O SSP pode ser visto como uma solução híbrida de um sistema de consumo próprio com algumas características do sistema *Net-billing* de compensação (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

O SSP difere-se dos tradicionais sistemas de compensação *Net-Metering*, pois o operador da unidade geradora paga a concessionária pela energia consumida, enquanto a *Gestore Servizi Energetici* (GSE – é uma instituição italiana que gerencia os sistemas energéticos), entrega os créditos pela eletricidade injetada na rede, sendo que a eletricidade injetada na rede é remunerada através de uma “cota de energia”, que é baseada no valor de mercado da eletricidade, e uma “cota

de serviço”, que depende dos custos dos serviços da rede (transmissão, distribuição, medição e outros custos) (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

Desta forma, o proprietário da unidade geradora recebe uma compensação que é igual à diferença entre o valor da eletricidade injetada na rede (durante o período do dia), e o valor da eletricidade consumida em um período diferente (JIMENO, 2015).

Os custos da rede, relacionados à energia consumida que foi propriamente gerada, são compensados por todas as unidades geradoras sobre o sistema de compensação *Scambio Sul Posto*; mas para sistemas maiores que 20 kWp, uma taxa é adicionada à fatura, para compensar parcialmente os custos da rede reduzidos (MASSON; BRIANO; BAEZ, 2016).

Sistemas fotovoltaicos de até 20 kWp, que participam do sistema de *Net-metering*, e são classificados como *SEU (Sistema Efficiente di Utenza*, que são unidades geradoras que produzem eletricidade para consumo local ou consumo próprio), podem também ser isentadas do pagamento de todos os componentes dos custos variáveis da fatura de energia na eletricidade consumida propriamente, ou localmente (SPE, 2016b).

3.4.5.2 Breve histórico na Itália

O início das políticas de incentivos na Itália para a energia solar fotovoltaica começou nos anos 2000, com o Programa dos “telhados fotovoltaicos”

Programa dos telhados fotovoltaicos (2001)

Esta iniciativa de promoção da energia solar fotovoltaica disponibilizou apoios financeiros consistentes - até 75% dos custos de investimento para a instalação de sistemas fotovoltaicos com potência instalada de 1 kWp a 20 kWp (ORIOLI; DI GANGI, 2016). Os seguintes incentivos foram oferecidos:

- um reembolso máximo de 8.000,08 €/kWp nos custos de investimento de sistemas fotovoltaicos com potência nominal de até 5 kWp;
- o reembolso era linearmente reduzido para 7.230,40 €/kWp, para uma potência instalada de 20 kWp.

O programa não recompensava a eficiência energética dos sistemas fotovoltaicos e a produção de energia elétrica. Assim, muitos sistemas fotovoltaicos instalados estavam fora de operação após alguns anos, pois os produtores achavam que não compensava trocar os aparelhos defeituosos, devido aos altos custos dos painéis fotovoltaicos e dos inversores naquela época (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Primo Conto Energia (2005)

Com a finalidade de colocar em efeito a Diretiva da União Europeia 2001/77/EC, o governo italiano implementou um sistema de compensação *Feed-In Tariff*, para incentivar a difusão de sistemas fotovoltaicos (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

O programa incluía:

- a possibilidade de venda da eletricidade injetada na rede;
- o uso alternativo do sistema de compensação *Net metering* (também chamado *Scambio Sul Posto*, que era válido somente para sistemas fotovoltaicos com potência instalada de até 20 kWp);
- uma tarifa *premium* para a eletricidade gerada por sistemas fotovoltaicos com potência instalada de até 1000 kWp.

As compensações serão pagas por um período de 20 anos. Para sistemas com potência instalada de até 20 kWp, a tarifa *premium* era paga somente para a própria energia consumida (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Um mecanismo de compra e revenda, para pagar a eletricidade injetada na rede, era negociado pela Agência Italiana que administra os incentivos às fontes renováveis de energia (*Gestore Servizi Energetici – GSE*). Duas opções eram oferecidas aos produtores de energia elétrica, a partir de sistemas fotovoltaicos para a eletricidade injetada na rede: (ORIOLI; DI GANGI, 2016)

1. um preço mínimo garantido, que era atualizado anualmente pela Agência Reguladora Italiana de eletricidade e gás (*Autorità per l'energia elettrica e il gas - AEEG*);
2. um preço médio mensal por faixas horárias, que era estabelecida pela Agência que gerencia a mercado energético (*Gestore dei Mercati*

Energetic – GME), para a área de mercado em que o sistema fotovoltaico estava conectado.

O “*Primo Conto Energia*” acabou em março de 2006, sendo sucedido em 2007 pelo “*Secondo Conto Energia*” (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Secondo Conto Energia (2007)

O novo programa, que estabeleceu uma meta de 1.200 MWp de capacidade instalada, manteve os antigos mecanismos de compra e revenda (*Ritiro dedicato*), e também a opção do sistema de compensação *Net-metering (Scambio Sul Posto)*, para a energia injetada na rede por sistemas fotovoltaicos com potência instalada de até 20 kWp. Uma tarifa *premium* para a eletricidade gerada também era paga, sendo que esta tarifa era diferente, de acordo com as características físicas do sistema. Os procedimentos administrativos para acesso à energia solar fotovoltaica, que eram um dos maiores obstáculos para o seu crescimento, foram simplificados (SCERRATO, 2015; ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Além disso, o efeito da redução dos preços dos painéis fotovoltaicos em 50%, dentro de um período de cinco anos, devido à repentina expansão da indústria de aparelhos para energia solar fotovoltaica, como consequência das políticas de apoio aplicadas pelos países europeus, provocou um crescimento em cinco vezes da capacidade instalada (capacidade instalada total de 432 MWp em 2008), e um custo agregado de subsídios no valor de 110 milhões de euros (SCERRATO, 2015).

Uma taxa de decréscimo de 2% ao ano da tarifa *premium* foi estabelecida para sistema fotovoltaicos instalados após 2008. Em 2009, a *AEEG* adotou um sistema modificado do sistema *Net-metering*, que além de usar a energia elétrica injetada na rede para compensar a energia elétrica retirada da rede, uma contrapartida era paga aos produtores (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

A contribuição era calculada considerando a quantidade de energia elétrica injetada na rede, ou a energia elétrica consumida da rede em diferentes períodos de um dia, dentro de um calendário anual, e o correspondente valor de mercado naquele período. A contribuição também cobria uma parte das taxas assumidas pelo cliente por gastar energia elétrica da rede (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Em 2009, a capacidade instalada alcançou 1,114 GWp, e o custo agregado dos subsídios aumentaram para 303 milhões de euros. Quando o governo italiano percebeu que os custos dos incentivos estavam aumentando seriamente, uma nova versão de sistema de compensação foi estabelecida para o ano 2011, o chamado “*Terzo Conto Energia*” (SCERRATO, 2015).

Terzo Conto Energia (2011)

Com este novo programa, o governo italiano planejava a instalação de sistemas fotovoltaicos para alcançar a capacidade instalada de 3.500 MWp (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Os antigos mecanismos de compra e revenda da energia injetada na rede (*Ritiro dedicato*) foram mantidos para todos os tipos de sistemas fotovoltaicos; a possibilidade de utilização do sistema de compensação *Net-metering (Scambio Sul posto)* era oferecida para sistemas fotovoltaicos com potência instalada de até 200 kWp. Para cada tipo de sistema fotovoltaico, uma tarifa *premium* foi estabelecida, variando com a potência instalada do sistema. A duração deste sistema de compensação era de 20 anos, e foi estabelecida também uma taxa de decréscimo de 2% ao ano da tarifa para sistemas fotovoltaicos instalados após 2012 (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Quarto Conto Energia (2011)

No início do segundo semestre de 2011, um novo programa de incentivo de sistemas fotovoltaicos foi implementado. As categorias utilizadas no “*Quarto Conto Energia*”, eram iguais às categorias adotadas no “*Terzo Conto Energia*”. Os mesmos mecanismos de compra e revenda da energia injetada na rede foram mantidos para todos os tipos de sistemas fotovoltaicos, e também foi mantida a possibilidade de utilização do sistema de compensação *Net-metering*. A tarifa *premium* tinha decréscimos mensais, e eram pagas por um período de 20 anos. Este programa expirou no final de agosto de 2012, quando os incentivos pagos pelo governo italiano alcançaram a meta fixada de 6 bilhões de euros por ano (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Quinto Conto Energia (2012)

A meta de 6,7 bilhões de euros por ano, para o valor total de incentivos pagos, foi definido pelo “*Quinto Conto Energia*”. O valor da *tarifa premium* variava de acordo com o tipo do sistema fotovoltaico, com a potência instalada dos painéis fotovoltaicos, e com o mês corrente. O “*Quinto Conto Energia*” quase reduziu pela metade as *tarifas premium* para a energia elétrica gerada em comparação com sistemas anteriores (ORIOLI; DI GANGI, 2016).

Além disso, com o objetivo de desencorajar os produtores que estavam somente interessados em vender a energia gerada, as *tarifas premium* eram pagas somente para a própria energia consumida. A duração desta tarifa era de 20 anos. Para sistemas fotovoltaicos de até 200 kWp, o *Net-metering (Scambio Sul Posto)*, era uma alternativa à tarifa *premium*. Também havia a opção para todos os tipos de sistemas fotovoltaicos, que era baseado em um simplificado mecanismo de compra e revenda de energia elétrica, chamado *Ritiro dedicato*. O “*Quinto Conto Energia*” foi encerrado em julho de 2013 (ZANE, 2012; ORIOLI; DI GANGI, 2016).

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 3

Ao final deste capítulo, pode-se perceber que todo o desenvolvimento na geração distribuída de energia solar fotovoltaica ocorrido nos países desenvolvidos passou por políticas governamentais.

Em relação aos sistemas de compensação, pode-se notar que existem mais variantes do que as normalmente conhecidas (*Feed-in Tariff, Feed-in Premium e Net-Metering*), levando se em conta apenas sistemas de compensação para sistemas distribuídos.

Observa-se que alguns países introduziram mais de uma variante destes sistemas, devido à análise do desenvolvimento da utilização das diferentes fontes de energia renováveis, qual destas fontes de energia necessitava de mais apoio, levando em consideração o desenvolvimento e a utilização de determinada fonte renovável. Nestes casos, os apoios foram introduzidos por meio de remunerações mais elevadas comparadas às outras, ou através da introdução de outro sistema de compensação que se ajustaria melhor a esta fonte de energia.

É importante notar também que, em todos os casos, o avanço ocorreu de forma gradual, com melhorias e alterações em leis vigentes. A Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (BRASIL, 2015) já é um avanço nesse aspecto, mas ainda falta muito para que a geração distribuída de energia solar fotovoltaica consiga atrair um potencial maior de geração no Brasil.

Os Projetos de Lei em tramitação no Senado Federal e Câmara dos Deputados, caso implementados, podem aumentar a competitividade da matriz solar fotovoltaica, além de desenvolver o mercado interno.

As políticas de incentivos nos países citados neste capítulo (Alemanha, Espanha, EUA e Itália), foram modificadas diversas vezes, cada país em um determinado período, devido ao acesso a tecnologia dos sistemas fotovoltaicos. Fatores como o preço dos componentes do sistema, foram determinantes para o incentivo à instalação de sistemas fotovoltaicos.

Os incentivos que alguns países ofereceram, fizeram com que eles alcançassem os objetivos fixados em relação à geração da energia elétrica; mas, em alguns países, especialmente na Espanha, o elevado número de unidades geradoras instaladas no final dos anos 2000, e o alto valor da remuneração estabelecida, provocaram um desequilíbrio no mercado de energia, e, conseqüentemente, provocaram alterações consideráveis na regulamentação da geração de energia por fontes renováveis. Com isso, a instalação de unidades geradoras reduziu drasticamente nos anos seguintes, por causa da redução do valor da compensação da energia injetada na rede.

4 PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Após a apresentação dos objetivos do trabalho, conceitos preliminares relacionados ao tema, e exemplos de políticas públicas e sistemas de medição em outros países, é necessária a apresentação de premissas básicas para o estudo de viabilidade econômica.

Para essa análise, será considerada uma residência em Curitiba, Paraná, conectada em baixa tensão (grupo B) bifásica.

4.1 ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

De acordo com Torres (2012), a inclinação ótima em relação à horizontal para a incidência solar máxima em regime anual é dada pela latitude local. Desta forma, a orientação ideal é a de uma superfície voltada para o equador (sul geográfico para instalações no hemisfério norte e norte geográfico para instalações no hemisfério sul). Porém, quando não é possível utilizar uma inclinação ótima e/ou uma orientação adequada, o sistema fotovoltaico pode ainda alcançar uma geração satisfatória.

Neste trabalho será considerado que o sistema fotovoltaico está localizado em Curitiba/PR. A residência objeto deste estudo possui duas faces no telhado, uma delas voltada para o norte, sendo que esta face será utilizada para a implementação do sistema fotovoltaico.

Como a latitude em Curitiba é igual a 25° Sul, os painéis fotovoltaicos deverão estar orientados para o norte, com uma inclinação de 25° em relação à horizontal.

4.2 ESTIMATIVA DA POTÊNCIA A SER INSTALADA ATRAVÉS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Um dos principais parâmetros a ser considerado é o consumo médio de energia elétrica da residência. Segundo a EPE (2016), o consumo de energia elétrica residencial médio no Estado do Paraná em 2015, foi de 135 kWh/mês.

Segundo a ANEEL (2017a), o valor médio do quilowatt-hora para a tarifa residencial B1 é de R\$ 0,416.

Deve-se levar em conta que, mesmo que haja a geração na residência, a unidade consumidora terá um valor mínimo de consumo a pagar mensalmente (custo de disponibilidade). Para uma instalação bifásica, o valor em reais é equivalente a 50 kWh (ANEEL, 2016a). Dessa forma, ao dimensionar a potência dos módulos a serem instalados na residência, deve-se subtrair esse valor. Sendo assim, o consumo médio mensal que deve ser considerado para o dimensionamento dos módulos é de 85 kWh.

Segundo Tiepolo (2015), a produtividade total anual média de SFCR com inclinação igual à latitude, orientação norte, com taxa de desempenho de 75% em Curitiba, é de 1372 kWh/kWp por ano.

O consumo mensal médio, descontado o custo de disponibilidade, é de 85 kWh/mês; o consumo anual é de 1020 kWh. Dessa forma, a capacidade a ser instalada, representada na equação 1, deve ser,:

$$\text{Capacidade} = \frac{(\text{Consumo médio mensal} - \text{Custo de disponibilidade}) \times 12 \text{ meses}}{\text{Produtividade anual}} \quad (1)$$

$$\text{Capacidade} = \frac{\left(135 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}} - 50 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}}\right) \times 12 \text{ meses}}{1372 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \text{ por ano}} = \frac{1020 \text{ kWh por ano}}{1372 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \text{ por ano}} = 0,743 \text{ kWp}$$

O valor a ser instalado para a residência em análise é de 0,743 kWp.

4.3 ÁREA PARA INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Para o dimensionamento de área de cobertura de uma residência, foram utilizados dados de uma residência do Programa Minha Casa Minha Vida, da cidade de Feira de Santana, no estado da Bahia (CARDOSO, 2010).

Segundo Cardoso (2010), os dados técnicos desta residência, localizada em um condomínio de 200 lotes de 170 m² são:

- sala, cozinha, banheiro, 2 dormitórios e área externa com tanque;
- área da unidade: 45,54 m²;
- área interna: 40,81 m²;
- piso: cerâmico na cozinha e banheiro, cimentado no restante;
- revestimento de alvenarias: azulejo: azulejo 1,50 m nas paredes hidráulicas e box;
- reboco interno e externo com pintura PVA no restante;
- forro: laje de concreto na cozinha e forro de PVC no restante;
- cobertura: telha cerâmica;
- esquadrias: janelas de alumínio e portas de madeira;
- pé-direito: 2,30 m no banheiro e 2,60 m no restante;
- passeio: 0,50 m no perímetro da construção;

Pode-se notar que esta residência assemelha-se à residência citada neste texto no item 1.1 – Delimitação do tema.

Em relação ao telhado, esta residência possui duas áreas de cobertura distintas; a única medida distinta de uma área para a outra é a largura do telhado. As medidas do telhado são mostradas abaixo, juntamente com a figura 20.

Para o cálculo das áreas A_1 e A_2 foi aplicado a equação 2

$$A = \sqrt{a^2 + h^2} \cdot b \quad (2)$$

A_1 – Área de um dos lados do telhado em metros quadrados

A_2 – Área do outro lado em metros quadrados

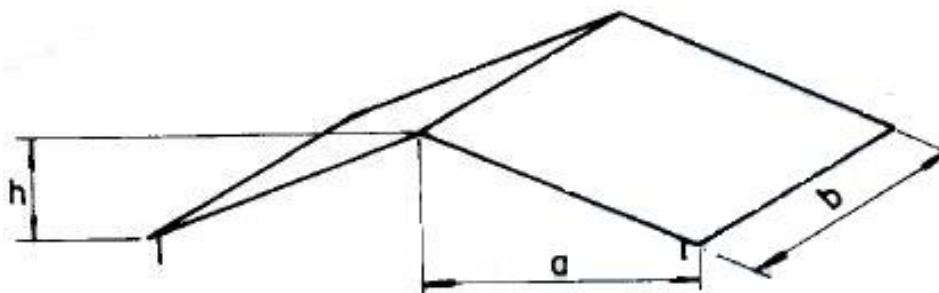
A_t – Área total do telhado em metros quadrados

b – Comprimento do telhado em metros: 6,60 m

a – Largura do telhado em metros: a_1 : 4,20 m ; a_2 : 4,56 m

h – altura do telhado em metros: 1 m

Figura 20 - Superfície inclinada do telhado



FONTE: Adaptado de Cardoso (2010)

Sendo assim, a primeira área calculada (A_1) será,

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + h^2} \cdot b$$

$$A_1 = \sqrt{4,20^2 + 1^2} \cdot 6,60 = 28,49 \text{ m}^2$$

Do mesmo modo para a área (A_2) será,

$$A_1 = \sqrt{a_2^2 + h^2} \cdot b$$

$$A_1 = \sqrt{4,56^2 + 1^2} \cdot 6,60 = 30,81 \text{ m}^2$$

Logo a área total de telhado desta residência (A_t), como representada na equação 3, será,

$$A_t = A_1 + A_2 \tag{3}$$

$$A_t = 28,49 \text{ m}^2 + 30,81 \text{ m}^2 = 59,30 \text{ m}^2$$

Em uma busca de fabricantes de painéis solares fotovoltaicos, foram encontrados modelos como o YL250P-29b da Yingli Solar (YINGLI SOLAR, 2017), que possui 250 Wp de potência máxima, e dimensões de 1,65 m x 0,99 m, e o CS6P-260 da Canadian Solar (CANADIAN SOLAR, 2017), de potência máxima de 260 Wp e dimensões de 1,638 m x 0,982m. Em ambos os exemplos, são necessários 3 painéis, para atender à carga de 743 Wp.

No primeiro caso, seria necessária uma área de 4,9 m² de telhado, e no segundo, 4,82 m². Dessa forma, nota-se que a área de telhado a ser utilizada é em torno de 5 m², área que caberia em um telhado de 60 m².

4.4 LINHAS DE CRÉDITO PARA AQUISIÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Alguns bancos no Brasil oferecem linhas de crédito para a aquisição de sistemas fotovoltaicos com taxas de juros menores que as normalmente aplicadas. Existem outras linhas de crédito para o mesmo propósito; no entanto, são voltados para empresas e outros empreendimentos de maior porte.

4.4.1 Caixa Econômica Federal

Em relação aos bancos se pode citar a Caixa Econômica Federal (CEF), que oferece uma linha de crédito pelo cartão Construcard, inicialmente destinada a materiais de construção; no entanto, em 2016, isto foi ampliado, podendo também financiar projetos que envolvem energia solar.

No mês de outubro de 2017 foi realizada uma consulta em uma agência da CEF sobre o cartão Construcard. Foi informado que a taxa de juros mensal pode variar de 1,98% a 3,95%, com um período de financiamento de até 240 meses, sendo que a taxa de juros e o período máximo de financiamento estão sujeitos à análise da Caixa Econômica Federal.

Esta linha de crédito está disponível para pessoas físicas e jurídicas; no entanto, o indivíduo deverá ser correntista da CEF. O usuário que pretende adquirir o cartão Construcard pode requisitá-lo em agências da Caixa Econômica Federal (CEF, 2017a) (ENEL SOLUÇÕES, 2017).

4.4.2 Banco Santander S.A.

O Banco Santander S.A. oferece uma linha de crédito para projetos de energia solar fotovoltaica.

Desde 2013 esta linha de crédito está disponível, tendo como público alvo pessoas físicas e jurídicas, correntistas e não correntistas, sendo que esta linha de crédito pode ser contratada nas lojas, onde será feita a aquisição dos componentes de sistemas fotovoltaicos, sendo que estas devem estar credenciadas ao Santander Financiamentos (BANCO SANTANDER, 2017).

As taxas de juros podem ser encontradas por meio de consultas às lojas credenciadas a esse banco. O projeto para energia fotovoltaica pode ser financiado em até cinco anos (BANCO SANTANDER, 2017).

4.4.3 Banco do Nordeste

O Banco do Nordeste também possui uma linha de crédito, através do Programa FNE Sol, para projetos de micro e minigeração distribuída, válida para a aquisição dos componentes, e também para a instalação dos componentes na unidade geradora. As fontes renováveis contempladas neste programa são:

- energia solar fotovoltaica;
- energia eólica;
- energia de biomassa;
- pequenas centrais hidrelétricas (PCH).

Este programa tem como público alvo empresas industriais, agroindustriais, comerciais e de prestação de serviços, produtores rurais e empresas rurais, cooperativas e associações legalmente constituídas (BANCO DO NORDESTE, 2017).

A taxa de juros anual para uma planta de pequeno porte vale 6,65%, sendo que esta taxa pode ser reduzida para 5,6525%, se o solicitante do financiamento pagar as prestações em dia. O projeto pode ser financiado completamente, em até doze anos, com carência de seis meses a um ano (BANCO DO NORDESTE, 2017).

4.5 CÁLCULO DO PERÍODO DE RETORNO DE INVESTIMENTO (*PAYBACK*)

Em investimentos de médio e longo prazo, como a instalação de painéis fotovoltaicos, um dos principais fatores a serem analisados na tomada de decisão é o cálculo do período de retorno de investimento, ou cálculo de *payback*.

O cálculo de *payback* avalia quanto tempo, em anos, será necessário para que o fluxo de caixa de um projeto seja igual ao valor do investimento líquido feito (LEMES JÚNIOR, CHEROBIM, RIGO, 2015).

O cálculo pode ser feito de forma simplificada, sem considerar o valor do dinheiro no tempo. Nesse caso, subtrai-se anualmente o lucro anual do fluxo de caixa do projeto. A cada ano analisa-se se o fluxo de caixa se tornou positivo. O valor do *payback* consiste na quantidade de tempo que leva para que o investimento seja pago.

Existe também o método de cálculo do *payback* descontado, método escolhido para o estudo, onde é considerado o valor do dinheiro no tempo. Nesse caso, é inserida uma variável chamada Taxa de Atratividade (*i*), que é utilizada no cálculo do Valor Presente (LEMES JÚNIOR, CHEROBIM, RIGO, 2015):

$$VP = \frac{VF}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n} \quad (4)$$

Nesta equação, o valor de lucro por ano é corrigido a partir da Taxa de Atratividade. Dessa forma, o cálculo se torna mais realista, pois o valor do dinheiro muda ao longo do tempo, devido à inflação (LEMES JÚNIOR; CHEROBIM; RIGO, 2015).

4.6 CONSIDERAÇÕES TARIFÁRIAS PARA O ESTUDO

4.6.1 Reajuste anual da tarifa de energia elétrica

Para a definição do valor do aumento na tarifa da energia elétrica por ano, foi considerado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA, que mede a inflação de um conjunto de produtos e serviços comercializados no varejo, referentes ao consumo das famílias, cujo rendimento varia entre 1 e 40 salários mínimos (PBDA, 2017). Para obter um valor de aumento da tarifa de energia elétrica razoável, foi utilizada a série histórica do IPCA entre outubro de 2007 e setembro de 2017, totalizando em um período de 120 meses (IBGE, 2017).

Outro fator para a utilização do IPCA é o fato de que as variações da tarifa de energia elétrica nos últimos anos não ocorreram de forma linear, sendo que em alguns anos a tarifa sofreu aumento de forma expressiva (9,55% em 2013, 24,86% em 2014, 36,79% e 15,32% em 2015, e 5,85% em 2017) e em outros houve uma redução da tarifa de energia (-0,65% em 2012, -19,28% em 2013 e -12,87% em 2016) (COPEL, 2017a).

Com os dados da série histórica do IPCA entre o período de outubro de 2007 e setembro de 2017, foi calculado o valor acumulado do IPCA em média, por ano, que foi igual a 6,08%. Este valor calculado foi utilizado como base para o percentual do aumento da tarifa da energia elétrica ao ano. A tabela com os cálculos está localizada no Apêndice A deste trabalho.

Apesar da média histórica ser de 6,08%, isto não garante que os valores futuros se comportarão da mesma forma. Para fins de cálculo, foi adotada uma inflação média anual de 7%.

4.6.2 Imposto sobre produtos industrializados (IPI) em inversores

Em relação ao IPI incidido sobre o inversor foi considerada uma tributação de 15% sobre o valor do produto, levando em consideração o percentual encontrado na Receita Federal (2015).

4.6.3 Alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS na fatura de energia elétrica e nos aparelhos de sistemas fotovoltaicos

De acordo com a COPEL (2017b), as alíquotas para faturamento, por parte da Copel, são as encontradas na figura 21.

Figura 21 - Aliquotas do PIS/PASEP e COFINS de abril a outubro de 2017

TRIBUTOS	Aliquota vigente (a partir de 01/10/2017)	Aliquota no período de 01/09 a 30/09/2017	Aliquota no período de 01/08 a 31/08/2017	Aliquota no período de 01/07 a 31/07/2017	Aliquota no período de 01/06 a 30/06/2017	Aliquota no período de 01/05 a 31/05/2017	Aliquota no período de 01/04 a 30/04/2017
PIS/PASEP	1,65%	1,52%	1,43%	1,30%	1,18%	1,07%	0,97%
COFINS	7,60%	6,98%	6,55%	5,96%	5,42%	4,93%	4,48%
Total PIS/PASEP + COFINS	9,25%	8,50%	7,98%	7,26%	6,60%	6,00%	5,45%

FONTE: Adaptado de COPEL (2017b)

Para o estudo realizado, são considerados os tributos vigentes a partir de 1º de outubro de 2017 (PIS/PASEP = 1,65%, COFINS = 7,6%)

4.6.4 Aliquota do ICMS na fatura de energia elétrica

Segundo a COPEL (2017b), as alíquotas do ICMS são definidas por Lei Estadual, sendo estas:

- a) 25% sobre a Base de Cálculo para todas as unidades consumidoras da classe residencial, localizadas em áreas rurais; ou classificadas com uma das atividades da Seção A da tabela CNAE, que não sejam beneficiárias do diferimento do ICMS e localizadas em áreas rurais.
- b) 29% sobre a Base de Cálculo para os demais clientes do Estado do Paraná (COPEL, 2017b).

Logo, a alíquota utilizada para o estudo é de 29%.

4.6.5 Metodologia de cálculo da tributação na fatura de energia elétrica

Este item mostra introdutoriamente, como incidem os impostos na fatura de energia elétrica.

ICMS

O ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadorias) é regulamentado pelo código tributário de cada Estado, por isso elas podem variar dependendo do Estado (GUEDES, 2011).

O cálculo do valor do kWh cobrado ao consumidor é feito “por dentro”, isso significa que o valor do imposto imputado compõe sua própria base de cálculo (GUEDES, 2011).

Para Estados que aderiram ao Convênio ICMS 16/2015, o cálculo do ICMS incide sobre a diferença entre a energia consumida e a injetada na rede por mês. No entanto, para os Estados que não aderiram a este convênio, ou seja, eles mantêm a regra do Convênio ICMS 6/2013, a qual utiliza para o cálculo do ICMS somente a energia consumida, não levando em consideração a energia injetada à rede (ANEEL, 2016a).

A equação 5 mostra o cálculo do valor do kWh cobrado ao consumidor, levando-se em conta o valor da tarifa publicada pela ANEEL (sem impostos), o ICMS, PIS e COFINS (GUEDES, 2011).

$$\text{Valor cobrado ao consumidor} = \frac{\text{Valor da tarifa publicada pela Aneel}}{1 - (\text{PIS} + \text{COFINS} + \text{ICMS})} \quad (5)$$

Além disso, são cobrados a arrecadação da contribuição de iluminação pública, e de possíveis acréscimos devido às bandeiras tarifárias amarela e vermelha.

PIS/PASEP e COFINS

Em relação a regulamentação do PIS/PASEP e COFINS não havia até outubro de 2015 uma legislação ou orientação para cobranças em casos de micro e minigeração. Contudo, com a publicação da Lei nº 13.169/2015, a incidência do PIS e COFINS ocorre sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora. Como o PIS e a COFINS são tributos federais, as regras valem para todos os Estados do país (ANEEL, 2016a).

O valor base para o cálculo do PIS/PASEP e COFINS leva em consideração o valor a ser cobrado ao consumidor, e não o valor da tarifa publicada pela ANEEL (valor sem impostos).

4.6.6 Valor da taxa mínima de atratividade (TMA)

A taxa mínima de atratividade geralmente utilizada por pessoas físicas no Brasil são baseadas nos rendimentos da caderneta de poupança ou de aplicações de renda fixas em bancos de primeira linha, podendo dizer que estes são investimento de baixo risco e alta liquidez (CASAROTTO FILHO, KOPITTKKE, 2010, p.97).

Para a definição do valor da TMA, foi considerada a série histórica da rentabilidade da caderneta de poupança dentro do período de junho de 2012 e maio de 2017 (BCB, 2017a). Este intervalo foi escolhido, pois em maio de 2012 foi publicada a Medida Provisória nº 567/2012, que alterava as regras da caderneta de poupança. Posteriormente a Medida Provisória nº 567/2012 foi convertida na Lei nº 12.703/2012 (BRASIL, 2012).

A rentabilidade média da caderneta de poupança ao ano foi igual a 7,09%. A tabela com os cálculos está localizada no Apêndice B deste trabalho. Apesar da média dos últimos cinco anos ser de 7,09%, isto não garante que os valores futuros se comportarão da mesma forma. Para fins de cálculo, foi adotada uma taxa mínima de atratividade de 6%.

4.7 OUTRAS CONSIDERAÇÕES PARA O CÁLCULO

4.7.1 Custo anual de manutenção e operação

De acordo com EPE (2012, p.30), os custos de manutenção e operação anuais valem, no total, 1% do valor investido inicialmente.

Para o estudo, este percentual é reajustado a cada ano, na mesma proporção ao reajuste da tarifa de energia elétrica durante a vida útil da planta.

4.7.2 Crescimento anual do consumo residencial de energia elétrica

Sabe-se que o consumo de energia elétrica no Brasil cresce continuamente, com exceção do período de racionamento ocorrido no início dos anos 2000. Segundo Tolmasquim, Guerreiro (2015), uma estimativa do crescimento no consumo médio residencial anual até 2024 será de 4,3%; esta estimativa também leva em consideração a expansão do número de consumidores residenciais. Considerando apenas o aumento de consumo pelo indivíduo, este valor cai pra 2,2%.

Para o estudo a ser realizado, considerou-se uma taxa de crescimento do consumo residencial anual de 2%.

4.7.3 Redução anual na eficiência de painéis solares

Como parâmetro técnico fornecido por Pinho, Galdino (2014) a redução de eficiência dos painéis varia de 0,5% a 1% ao ano. Para o estudo foi aplicado uma redução do rendimento de painéis solares de 1% ao ano.

4.7.4 Tarifa vigente Copel - Subgrupo B1 (residencial)

Segundo a COPEL (2017c), as tarifas vigentes para consumidores residenciais são as tarifas exibidas na figura 22. Para a simulação foi utilizado o valor sem impostos em conjunto com as alíquotas do ICMS e PIS/PASEP e COFINS referentes a outubro de 2017.

Figura 22 - Tarifas vigentes para consumidores residenciais - Subgrupo B1

CONVENCIONAL	Resolução ANEEL N° 2.255, de 20 de junho de 2017	
Tarifa em R\$/kWh	Resolução ANEEL	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
B1 - Residencial	0,44056	0,69118
Vigência em 24/06/2017		

FONTE: Adaptado de COPEL (2017c)

4.7.5 Cálculo do valor das prestações do financiamento

Para o cálculo do valor da prestação foi utilizada uma metodologia de financiamentos com prestações fixas, que é explicada por BCB (2017b). No cálculo é utilizada a equação 6:

$$p = \frac{j \cdot q_0}{1 - (1 + j)^{-n}} \quad (6)$$

Sendo:

n = nº de parcelas

j = taxa de juros mensal

p = valor da prestação

q_0 = valor financiado

5 RESULTADOS

Com a definição do consumo médio mensal da residência, e da potência a ser instalada de painéis fotovoltaicos, foi possível fazer um orçamento em uma empresa especializada em instalações de painéis fotovoltaicos para geração distribuída, e também consultar os preços dos aparelhos de forma separada.

Conforme calculado na seção 4.2, é necessária a instalação de 0,743 kWp em painéis fotovoltaicos. No orçamento obtido, foram especificados 3 painéis solares JINKO de 265 Wp, totalizando 0,795 kWp de potência instalado.

Dessa forma, utilizando as informações apresentadas na seção 4.2, de Tiepolo (2015), sabemos que a produtividade total anual média em Curitiba é de 1372 kWh/kWp; logo, para uma potência instalada de 0,795 kWp, temos (Equação 7):

$$\text{Geração média mensal} = \frac{\text{Capacidade} \times \text{Produtividade anual}}{12 \text{ meses}} \quad (7)$$

$$\text{Geração média mensal} = \frac{0,795 \text{ kWp} \times 1372 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \text{ por ano}}{12 \text{ meses}} = 90,895 \text{ kWh}$$

Este pequeno ajuste nos cálculos é necessário para adequar os valores calculados com os componentes especificados.

O orçamento obtido foi de R\$ 7.800,00, podendo ser financiado pela CEF (seção 4.4.1) por cinco anos.

A partir do orçamento obtido, foram encontrados também os valores de alguns dos aparelhos que compõem o sistema. Os painéis solares e inversor custam respectivamente R\$ 1.740,00 e R\$ 2.149,00.

Considerou-se que haverá uma substituição do inversor no 13º ano da planta, devido à vida útil do aparelho, que pode ser de até 15 anos (WOODHOUSE et al, 2016). O valor do inversor substituído foi considerado igual ao valor do inversor na data de implementação do sistema fotovoltaico.

Com estes valores iniciais, foram definidos os parâmetros necessários para o cálculo de payback em diferentes cenários, levando-se em conta as considerações

realizadas nas seções 4.6 e 4.7, em um período de 25 anos, período de vida útil dos painéis solares (PINHO; GALDINO, 2014, p.52).

- geração média mensal: 90,895 kWh;
- consumo mensal: 135 kWh;
- custo de disponibilidade: 50 kWh;
- custo do kWh com impostos: R\$ 0,71346;
- custo do kWh sem impostos: R\$ 0,44056;
- PIS/PASEP: 1,65%;
- COFINS: 7,60%;
- ICMS: 29%;
- perda de eficiência anual: 1%;
- crescimento médio do consumo anual: 2%;
- custo dos painéis solares: R\$ 1.740,00;
- custo do inversor: R\$ 2.149,00;

Além desses valores, também foram definidos, para fins de cálculo:

- taxa de inflação da energia elétrica (anual): 7%;
- taxa de juros do parcelamento (mensal): 2%;
- taxa de mínima de atratividade (anual): 6%;
- número de parcelas: 60 meses (5 anos).

O valor inicial de R\$ 7.800,00 para a instalação dos painéis solares, quando parcelado em 60 meses a uma taxa de juros de 2% a.m., resultará em um investimento de R\$ 13.463,41. Supondo parcelas fixas ao longo dos cinco anos, serão de R\$ 224,39, num total anual de R\$ 2.692,68.

Além disso, foi definido que toda a energia gerada pelos painéis será injetada no sistema de distribuição, supondo que o consumo da residência durante o dia seja nulo. Isso é necessário para o cálculo das faturas de energia, pois caso a energia seja gerada e consumida diretamente, não há incidência alguma de imposto neste consumo, pois a energia não passa pelo medidor bidirecional. Essa definição

foi feita partindo da ideia de que nos dias atuais, as famílias passam o dia fora de casa trabalhando e/ou estudando, e consomem mais energia no período noturno.

Todos esses valores são necessários para o cálculo de payback descontado.

A partir de agora, serão feitas simulações em quatro cenários econômicos diferentes, partindo de um cenário mais realista, até cenários mais vantajosos, supondo que alguns dos projetos de lei apresentados no capítulo 3 entrem em vigor.

5.1 CENÁRIO 1 – SEM CONVÊNIO ICMS Nº 16

O cenário 1 é a simulação mais realista da taxa de retorno. Neste caso, não é considerado o convênio ICMS nº 16 (Seção 3.1), que ainda não foi adotado no Paraná. Sem o convênio, o ICMS será cobrado em toda energia consumida, não só na diferença entre energia consumida e energia injetada na rede. A incidência do PIS/PASEP e COFINS é feita sobre a diferença entre a energia consumida e energia injetada na rede.

A tabela 2 contém os valores de consumo, geração, aquisição do SFCR, custo de reposição do inversor elétrico, e os fluxos de caixa: anual, anual considerando o Valor Presente, e o fluxo de caixa acumulado (considerando o Valor Presente).

Tabela 2 - Payback descontado para o cenário 1

Anos	Consumo mensal (kWh)	Geração mensal (kWh)	Valor anual sem SFCR	Valor anual com SFCR	Custo de aquisição SFCR	Reposição do inversor	Fluxo de caixa anual	Fluxo de caixa anual - VP	Fluxo de caixa acumulado - VP
1	135,00	91,00	-R\$ 1.155,80	-R\$ 717,12	-R\$ 2.692,68		-R\$ 2.254,00	-R\$ 2.126,41	-R\$ 2.126,41
2	137,70	90,09	-R\$ 1.261,44	-R\$ 774,49	-R\$ 2.692,68		-R\$ 2.205,73	-R\$ 1.963,09	-R\$ 4.089,50
3	140,45	89,19	-R\$ 1.376,74	-R\$ 845,33	-R\$ 2.692,68		-R\$ 2.161,28	-R\$ 1.814,65	-R\$ 5.904,15
4	143,26	88,30	-R\$ 1.502,57	-R\$ 940,61	-R\$ 2.692,68		-R\$ 2.130,72	-R\$ 1.687,73	-R\$ 7.591,88
5	146,13	87,41	-R\$ 1.639,91	-R\$ 1.045,64	-R\$ 2.692,68		-R\$ 2.098,42	-R\$ 1.568,06	-R\$ 9.159,94
6	149,05	86,54	-R\$ 1.789,79	-R\$ 1.161,38			R\$ 628,41	R\$ 443,00	-R\$ 8.716,93
7	152,03	85,67	-R\$ 1.953,38	-R\$ 1.288,88			R\$ 664,50	R\$ 441,93	-R\$ 8.275,00
8	155,07	84,82	-R\$ 2.131,92	-R\$ 1.429,26			R\$ 702,66	R\$ 440,86	-R\$ 7.834,14
9	158,17	83,97	-R\$ 2.326,78	-R\$ 1.583,79			R\$ 742,98	R\$ 439,77	-R\$ 7.394,37
10	161,34	83,13	-R\$ 2.539,44	-R\$ 1.753,84			R\$ 785,61	R\$ 438,68	-R\$ 6.955,69
11	164,56	82,30	-R\$ 2.771,55	-R\$ 1.940,89			R\$ 830,66	R\$ 437,58	-R\$ 6.518,11
12	167,86	81,48	-R\$ 3.024,87	-R\$ 2.146,59			R\$ 878,28	R\$ 436,48	-R\$ 6.081,63
13	171,21	80,66	-R\$ 3.301,34	-R\$ 2.372,74		-R\$ 2.149,00	-R\$ 1.220,40	-R\$ 572,17	-R\$ 6.653,80
14	174,64	79,85	-R\$ 3.603,08	-R\$ 2.621,30			R\$ 981,79	R\$ 434,25	-R\$ 6.219,56
15	178,13	79,06	-R\$ 3.932,41	-R\$ 2.894,41			R\$ 1.038,00	R\$ 433,12	-R\$ 5.786,44
16	181,69	78,27	-R\$ 4.291,83	-R\$ 3.194,43			R\$ 1.097,40	R\$ 431,99	-R\$ 5.354,45
17	185,33	77,48	-R\$ 4.684,10	-R\$ 3.523,93			R\$ 1.160,17	R\$ 430,85	-R\$ 4.923,60
18	189,03	76,71	-R\$ 5.112,23	-R\$ 3.885,72			R\$ 1.226,51	R\$ 429,70	-R\$ 4.493,90
19	192,81	75,94	-R\$ 5.579,49	-R\$ 4.282,88			R\$ 1.296,60	R\$ 428,54	-R\$ 4.065,36
20	196,67	75,18	-R\$ 6.089,45	-R\$ 4.718,78			R\$ 1.370,67	R\$ 427,38	-R\$ 3.637,98
21	200,60	74,43	-R\$ 6.646,03	-R\$ 5.197,09			R\$ 1.448,93	R\$ 426,21	-R\$ 3.211,77
22	204,61	73,69	-R\$ 7.253,47	-R\$ 5.721,85			R\$ 1.531,62	R\$ 425,03	-R\$ 2.786,73
23	208,71	72,95	-R\$ 7.916,44	-R\$ 6.297,45			R\$ 1.618,99	R\$ 423,85	-R\$ 2.362,89
24	212,88	72,22	-R\$ 8.640,00	-R\$ 6.928,70			R\$ 1.711,30	R\$ 422,66	-R\$ 1.940,23
25	217,14	71,50	-R\$ 9.429,70	-R\$ 7.620,87			R\$ 1.808,83	R\$ 421,45	-R\$ 1.518,78

FONTE: Autoria própria

A coluna do fluxo de caixa acumulado mostra o saldo do investimento a cada ano. Pode-se notar que neste cenário, o fluxo de caixa acumulado não atinge um valor positivo no período de 25 anos. Ao término do período, ainda teria um saldo negativo de R\$ 1.518,78. Dessa forma, o investimento sequer se paga em 25 anos.

5.2 CENÁRIO 2 - COM CONVÊNIO ICMS Nº 16

No cenário 2, foi considerada a adesão ao convênio ICMS nº 16, que determina que a incidência do ICMS só ocorrerá sobre a diferença entre energia consumida e a energia fornecida à rede, pelos painéis solares. O PIS/PASEP

continua da mesma forma, somente entre a diferença entre energia consumida e injetada.

Nesse caso, um pouco mais vantajoso, as faturas de energia seriam mais baixas do que no cenário 1.

A tabela 3 contém os valores de consumo, geração, aquisição do SFCR, custo de reposição do inversor elétrico, e os fluxos de caixa: anual, anual considerando o Valor Presente, e o fluxo de caixa acumulado (considerando o Valor Presente).

Tabela 3 - Payback descontado para o cenário 2

Anos	Consumo mensal (kWh)	Geração mensal (kWh)	Valor anual sem SFCR	Valor anual com SFCR	Custo de aquisição SFCR	Reposição do inversor	Fluxo de caixa anual	Fluxo de caixa anual - VP	Fluxo de caixa acumulado - VP
1	135	91	-R\$ 1.155,80	-R\$ 506,07	-R\$ 2.692,68		-R\$ 2.042,95	-R\$ 1.927,32	-R\$ 1.927,32
2	137,70	90,09	-R\$ 1.261,44	-R\$ 541,50	-R\$ 2.692,68		-R\$ 1.972,74	-R\$ 1.755,73	-R\$ 3.683,05
3	140,45	89,19	-R\$ 1.376,74	-R\$ 591,80	-R\$ 2.692,68		-R\$ 1.907,75	-R\$ 1.601,78	-R\$ 5.284,83
4	143,26	88,30	-R\$ 1.502,57	-R\$ 672,05	-R\$ 2.692,68		-R\$ 1.862,16	-R\$ 1.475,00	-R\$ 6.759,83
5	146,13	87,41	-R\$ 1.639,91	-R\$ 761,15	-R\$ 2.692,68		-R\$ 1.813,93	-R\$ 1.355,47	-R\$ 8.115,31
6	149,05	86,54	-R\$ 1.789,79	-R\$ 860,02			R\$ 929,77	R\$ 655,45	-R\$ 7.459,86
7	152,03	85,67	-R\$ 1.953,38	-R\$ 969,65			R\$ 983,73	R\$ 654,24	-R\$ 6.805,62
8	155,07	84,82	-R\$ 2.131,92	-R\$ 1.091,10			R\$ 1.040,82	R\$ 653,02	-R\$ 6.152,60
9	158,17	83,97	-R\$ 2.326,78	-R\$ 1.225,58			R\$ 1.101,20	R\$ 651,80	-R\$ 5.500,80
10	161,34	83,13	-R\$ 2.539,44	-R\$ 1.374,38			R\$ 1.165,06	R\$ 650,57	-R\$ 4.850,23
11	164,56	82,30	-R\$ 2.771,55	-R\$ 1.538,93			R\$ 1.232,62	R\$ 649,33	-R\$ 4.200,91
12	167,86	81,48	-R\$ 3.024,87	-R\$ 1.720,80			R\$ 1.304,07	R\$ 648,08	-R\$ 3.552,82
13	171,21	80,66	-R\$ 3.301,34	-R\$ 1.921,70		-R\$ 2.149,00	-R\$ 769,36	-R\$ 360,70	-R\$ 3.913,53
14	174,64	79,85	-R\$ 3.603,08	-R\$ 2.143,51			R\$ 1.459,58	R\$ 645,57	-R\$ 3.267,96
15	178,13	79,06	-R\$ 3.932,41	-R\$ 2.388,29			R\$ 1.544,12	R\$ 644,31	-R\$ 2.623,65
16	181,69	78,27	-R\$ 4.291,83	-R\$ 2.658,30			R\$ 1.633,53	R\$ 643,03	-R\$ 1.980,61
17	185,33	77,48	-R\$ 4.684,10	-R\$ 2.956,00			R\$ 1.728,10	R\$ 641,75	-R\$ 1.338,86
18	189,03	76,71	-R\$ 5.112,23	-R\$ 3.284,12			R\$ 1.828,11	R\$ 640,47	-R\$ 698,39
19	192,81	75,94	-R\$ 5.579,49	-R\$ 3.645,60			R\$ 1.933,88	R\$ 639,17	-R\$ 59,22
20	196,67	75,18	-R\$ 6.089,45	-R\$ 4.043,71			R\$ 2.045,74	R\$ 637,87	R\$ 578,65
21	200,60	74,43	-R\$ 6.646,03	-R\$ 4.481,99			R\$ 2.164,03	R\$ 636,56	R\$ 1.215,22
22	204,61	73,69	-R\$ 7.253,47	-R\$ 4.964,34			R\$ 2.289,13	R\$ 635,25	R\$ 1.850,46
23	208,71	72,95	-R\$ 7.916,44	-R\$ 5.495,02			R\$ 2.421,42	R\$ 633,92	R\$ 2.484,38
24	212,88	72,22	-R\$ 8.640,00	-R\$ 6.078,69			R\$ 2.561,31	R\$ 632,59	R\$ 3.116,97
25	217,14	71,50	-R\$ 9.429,70	-R\$ 6.720,46			R\$ 2.709,24	R\$ 631,25	R\$ 3.748,22

FONTE: Autoria própria

Neste cenário atinge-se o payback do investimento em seu 20º ano, e ao final de 25 anos tem-se um saldo de R\$ 3.748,22. Percebe-se nesse caso, que somente com a tributação da diferença entre energia consumida e energia fornecida à rede, o investimento se torna muito mais viável. No primeiro cenário, o saldo final

do fluxo de caixa acumulado foi de R\$ 1.518,78 negativos, ou seja, há uma diferença de cerca de R\$ 5.200,00 entre os dois casos.

5.3 CENÁRIO 3 - COM CONVÊNIO ICMS Nº 16 E PL 1609/2015

No cenário 3, foi considerada a adesão ao convênio ICMS nº 16, e a suposição de que o ao Projeto de Lei 1609/2015, da Câmara dos Deputados entre em vigor (Seção 3.2).

Quanto aos impostos na tarifa de energia elétrica, devido ao convênio ICMS nº16, o ICMS só será tributado sobre a diferença entre a energia consumida e a energia fornecida à rede. O PIS/PASEP e COFINS também só serão tributados sobre a diferença entre a energia consumida e energia gerada.

O Projeto de Lei 1609/2015, da Câmara dos Deputados, prevê a isenção da contribuição para o PIS/PASEP e COFINS nas vendas de painéis fotovoltaicos e inversores elétricos, isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) na compra de inversores elétricos. No inversor elétrico, a incidência do IPI é de 15% (RECEITA FEDERAL, 2015).

Sendo assim, com as isenções de impostos, os painéis fotovoltaicos, que inicialmente custariam R\$ 1.740,00, com a isenção do PIS/PASEP (1,65%) e COFINS (7,60%), passariam a custar R\$ 1592,00. Os inversores elétricos, que inicialmente custariam R\$ 2.150,00, com a isenção do PIS/PASEP (1,65%), COFINS (7,60%) e IPI (15%), passaria a custar R\$ 1.729,58.

Dessa forma, o investimento inicial (sem parcelamento), que nos outros cenários foi de R\$ 7.800,00, cai para R\$ 7.233,25. O valor total do financiamento caiu de R\$ 13.463,41 para R\$ 12.485,16, e as parcelas de R\$ 224,39 para R\$ 208,09.

A tabela 4 contém os valores de consumo, geração, aquisição do SFCR, custo de reposição do inversor elétrico, e os fluxos de caixa: anual, anual considerando o Valor Presente, e o fluxo de caixa acumulado (considerando o Valor Presente).

Tabela 4 - *Payback* descontado para o cenário 3

Anos	Consumo mensal (kWh)	Geração mensal (kWh)	Valor anual sem SFCR	Valor anual com SFCR	Custo de aquisição SFCR	Reposição do investidor	Fluxo de caixa anual	Fluxo de caixa anual - VP	Fluxo de caixa acumulado - VP
1	135	91	-R\$ 1.155,80	-R\$ 500,41	-R\$ 2.497,03		-R\$ 1.841,64	-R\$ 1.737,39	-R\$ 1.737,39
2	137,70	90,09	-R\$ 1.261,44	-R\$ 535,44	-R\$ 2.497,03		-R\$ 1.771,03	-R\$ 1.576,21	-R\$ 3.313,60
3	140,45	89,19	-R\$ 1.376,74	-R\$ 585,31	-R\$ 2.497,03		-R\$ 1.705,61	-R\$ 1.432,06	-R\$ 4.745,66
4	143,26	88,30	-R\$ 1.502,57	-R\$ 665,10	-R\$ 2.497,03		-R\$ 1.659,56	-R\$ 1.314,53	-R\$ 6.060,20
5	146,13	87,41	-R\$ 1.639,91	-R\$ 753,72	-R\$ 2.497,03		-R\$ 1.610,85	-R\$ 1.203,72	-R\$ 7.263,92
6	149,05	86,54	-R\$ 1.789,79	-R\$ 852,08			R\$ 937,72	R\$ 661,05	-R\$ 6.602,86
7	152,03	85,67	-R\$ 1.953,38	-R\$ 961,14			R\$ 992,24	R\$ 659,90	-R\$ 5.942,97
8	155,07	84,82	-R\$ 2.131,92	-R\$ 1.082,00			R\$ 1.049,92	R\$ 658,73	-R\$ 5.284,24
9	158,17	83,97	-R\$ 2.326,78	-R\$ 1.215,84			R\$ 1.110,93	R\$ 657,56	-R\$ 4.626,68
10	161,34	83,13	-R\$ 2.539,44	-R\$ 1.363,96			R\$ 1.175,48	R\$ 656,38	-R\$ 3.970,29
11	164,56	82,30	-R\$ 2.771,55	-R\$ 1.527,78			R\$ 1.243,77	R\$ 655,20	-R\$ 3.315,09
12	167,86	81,48	-R\$ 3.024,87	-R\$ 1.708,87			R\$ 1.316,00	R\$ 654,01	-R\$ 2.661,08
13	171,21	80,66	-R\$ 3.301,34	-R\$ 1.908,93		-R\$ 1.729,58	-R\$ 337,17	-R\$ 158,08	-R\$ 2.819,16
14	174,64	79,85	-R\$ 3.603,08	-R\$ 2.129,85			R\$ 1.473,24	R\$ 651,61	-R\$ 2.167,55
15	178,13	79,06	-R\$ 3.932,41	-R\$ 2.373,67			R\$ 1.558,73	R\$ 650,40	-R\$ 1.517,14
16	181,69	78,27	-R\$ 4.291,83	-R\$ 2.642,66			R\$ 1.649,17	R\$ 649,19	-R\$ 867,95
17	185,33	77,48	-R\$ 4.684,10	-R\$ 2.939,27			R\$ 1.744,83	R\$ 647,97	-R\$ 219,99
18	189,03	76,71	-R\$ 5.112,23	-R\$ 3.266,21			R\$ 1.846,01	R\$ 646,74	R\$ 426,75
19	192,81	75,94	-R\$ 5.579,49	-R\$ 3.626,45			R\$ 1.953,04	R\$ 645,50	R\$ 1.072,26
20	196,67	75,18	-R\$ 6.089,45	-R\$ 4.023,21			R\$ 2.066,24	R\$ 644,26	R\$ 1.716,52
21	200,60	74,43	-R\$ 6.646,03	-R\$ 4.460,06			R\$ 2.185,97	R\$ 643,01	R\$ 2.359,53
22	204,61	73,69	-R\$ 7.253,47	-R\$ 4.940,88			R\$ 2.312,60	R\$ 641,76	R\$ 3.001,29
23	208,71	72,95	-R\$ 7.916,44	-R\$ 5.469,91			R\$ 2.446,53	R\$ 640,50	R\$ 3.641,79
24	212,88	72,22	-R\$ 8.640,00	-R\$ 6.051,82			R\$ 2.588,18	R\$ 639,23	R\$ 4.281,01
25	217,14	71,50	-R\$ 9.429,70	-R\$ 6.691,71			R\$ 2.737,99	R\$ 637,95	R\$ 4.918,96

FONTE: Autoria própria

Neste cenário atinge-se o *payback* do investimento em seu 18º ano, e ao final de 25 anos tem-se um saldo de R\$ 4.918,96. Como esse cenário é mais favorável do que o anterior, devido às isenções de impostos nos aparelhos, já era esperado que o *payback* seria atingido em menos tempo.

5.4 CENÁRIO 4 - COM CONVÊNIO ICMS Nº 16 E PL 7255/2017

No cenário 4, foi considerada a adesão ao convênio ICMS nº 16, e a suposição de que o ao Projeto de Lei nº 7.255/2017, da Câmara dos Deputados entre em vigor (Seção 3.2).

Em relação aos impostos na tarifa de energia elétrica, devido ao convênio ICMS nº16, o ICMS só será tributado sobre a diferença entra a energia consumida e

a energia fornecida à rede. O PIS/PASEP e COFINS também só serão tributados sobre a diferença entre a energia consumida e energia injetada na rede.

O Projeto de Lei nº 7.255/2017, caso entre em vigor, garantiria que pelo menos dois bilhões de reais seriam destinados anualmente para financiar consumidores na aquisição de sistemas fotovoltaicos (geração distribuída).

Esse fundo seria administrado pelo BNDES, que aplicaria a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP). No ano de 2016, a TJLP foi de 7,5% ao ano, e no ano de 2017, caiu para 7% ao ano (BNDES, 2017).

Utilizando essa taxa de juros, o valor do juro mensal seria de 0,57%, valor muito menor do que nos cenários anteriores (2% ao mês). Com esse valor, o financiamento custaria R\$ 9.219,52, resultando em parcelas fixas de R\$ 153,66, valor muito menor do que nos cenários anteriores (R\$ 224,39 nos Cenários 1 e 2 e R\$ 208,09 no Cenário 3).

A tabela 5 contém os valores de consumo, geração, aquisição do SFCR, custo de reposição do inversor elétrico, e os fluxos de caixa: anual, anual considerando o Valor Presente, e o fluxo de caixa acumulado (considerando o Valor Presente).

Tabela 5 - Payback descontado para o cenário 4

Anos	Consumo mensal (kWh)	Geração mensal (kWh)	Valor anual sem SFCR	Valor anual com SFCR	Custo de aquisição SFCR	Reposição do investidor	Fluxo de caixa anual	Fluxo de caixa anual - VP	Fluxo de caixa acumulado - VP
1	135	91	-R\$ 1.155,80	-R\$ 506,07	-R\$ 1.843,90		-R\$ 1.194,18	-R\$ 1.126,58	-R\$ 1.126,58
2	137,70	90,09	-R\$ 1.261,44	-R\$ 541,50	-R\$ 1.843,90		-R\$ 1.123,96	-R\$ 1.000,32	-R\$ 2.126,90
3	140,45	89,19	-R\$ 1.376,74	-R\$ 591,80	-R\$ 1.843,90		-R\$ 1.058,97	-R\$ 889,13	-R\$ 3.016,04
4	143,26	88,30	-R\$ 1.502,57	-R\$ 672,05	-R\$ 1.843,90		-R\$ 1.013,38	-R\$ 802,69	-R\$ 3.818,73
5	146,13	87,41	-R\$ 1.639,91	-R\$ 761,15	-R\$ 1.843,90		-R\$ 965,15	-R\$ 721,22	-R\$ 4.539,94
6	149,05	86,54	-R\$ 1.789,79	-R\$ 860,02			R\$ 929,77	R\$ 655,45	-R\$ 3.884,49
7	152,03	85,67	-R\$ 1.953,38	-R\$ 969,65			R\$ 983,73	R\$ 654,24	-R\$ 3.230,25
8	155,07	84,82	-R\$ 2.131,92	-R\$ 1.091,10			R\$ 1.040,82	R\$ 653,02	-R\$ 2.577,23
9	158,17	83,97	-R\$ 2.326,78	-R\$ 1.225,58			R\$ 1.101,20	R\$ 651,80	-R\$ 1.925,44
10	161,34	83,13	-R\$ 2.539,44	-R\$ 1.374,38			R\$ 1.165,06	R\$ 650,57	-R\$ 1.274,87
11	164,56	82,30	-R\$ 2.771,55	-R\$ 1.538,93			R\$ 1.232,62	R\$ 649,33	-R\$ 625,54
12	167,86	81,48	-R\$ 3.024,87	-R\$ 1.720,80			R\$ 1.304,07	R\$ 648,08	R\$ 22,54
13	171,21	80,66	-R\$ 3.301,34	-R\$ 1.921,70		-R\$ 2.149,00	-R\$ 769,36	-R\$ 360,70	-R\$ 338,17
14	174,64	79,85	-R\$ 3.603,08	-R\$ 2.143,51			R\$ 1.459,58	R\$ 645,57	R\$ 307,41
15	178,13	79,06	-R\$ 3.932,41	-R\$ 2.388,29			R\$ 1.544,12	R\$ 644,31	R\$ 951,71
16	181,69	78,27	-R\$ 4.291,83	-R\$ 2.658,30			R\$ 1.633,53	R\$ 643,03	R\$ 1.594,75
17	185,33	77,48	-R\$ 4.684,10	-R\$ 2.956,00			R\$ 1.728,10	R\$ 641,75	R\$ 2.236,50
18	189,03	76,71	-R\$ 5.112,23	-R\$ 3.284,12			R\$ 1.828,11	R\$ 640,47	R\$ 2.876,97
19	192,81	75,94	-R\$ 5.579,49	-R\$ 3.645,60			R\$ 1.933,88	R\$ 639,17	R\$ 3.516,14
20	196,67	75,18	-R\$ 6.089,45	-R\$ 4.043,71			R\$ 2.045,74	R\$ 637,87	R\$ 4.154,01
21	200,60	74,43	-R\$ 6.646,03	-R\$ 4.481,99			R\$ 2.164,03	R\$ 636,56	R\$ 4.790,58
22	204,61	73,69	-R\$ 7.253,47	-R\$ 4.964,34			R\$ 2.289,13	R\$ 635,25	R\$ 5.425,82
23	208,71	72,95	-R\$ 7.916,44	-R\$ 5.495,02			R\$ 2.421,42	R\$ 633,92	R\$ 6.059,75
24	212,88	72,22	-R\$ 8.640,00	-R\$ 6.078,69			R\$ 2.561,31	R\$ 632,59	R\$ 6.692,33
25	217,14	71,50	-R\$ 9.429,70	-R\$ 6.720,46			R\$ 2.709,24	R\$ 631,25	R\$ 7.323,59

FONTE: Autoria própria

Neste cenário atinge-se o *payback* do investimento em seu 14º ano, e ao final de 25 anos tem-se um saldo de R\$ 7.323,59. Este é o cenário mais vantajoso.

6 CONCLUSÕES

A utilização da energia solar fotovoltaica para geração de energia elétrica vem se tornando cada vez mais acessível, e obteve nos últimos anos um enorme crescimento ao redor do mundo nos últimos anos.

Alguns fatores para o crescimento da utilização desta fonte de energia em alguns países são devidos à diversificação de matrizes energéticas, que são predominantemente compostas por fontes não renováveis de energia. Outro fator é que maioria desses países é signatária de acordos de redução de emissão de gases de efeito estufa.

No Brasil, apesar do grande potencial fotovoltaico a ser explorado como indicado no estudo da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), a participação da energia solar fotovoltaica na matriz energética é muito pequena, como mostrado no Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016 (EPE, 2016).

Foram mostrados alguns detalhes dos tipos de sistemas de compensação existentes (*Feed-in Tariff*, *Feed-in Premium* e *Net-Metering*) para a energia solar fotovoltaica encontradas nos países, e onde eles foram ou são aplicados. Nota-se que estes sistemas podem ser alterados, de acordo com as legislações de cada país.

Em relação às legislações e incentivos de países como Alemanha, Espanha, Estados Unidos da América e Itália, nota-se que eles foram e/ ou são bem sucedidos com suas políticas de energias renováveis. À exceção da Espanha, que foi bem sucedida nos anos 2000; contudo a partir de 2012, a situação tornou-se desfavorável, no que diz respeito, ao aumento da participação da energia solar fotovoltaica em sua matriz energética.

Percebe-se que estes países utilizam ou utilizaram de sistemas de compensação distintos para alcançar suas metas no setor energético. Isso mostra que cada sistema tem suas vantagens e desvantagens e estas devem ser levadas em consideração, juntamente com as políticas governamentais e as características de cada país ou Estado, para que este sistema seja aproveitado da melhor forma.

Analisando os resultados obtidos nos quatro cenários, percebe-se primeiramente que a isenção do ICMS sobre a energia gerada pela unidade consumidora torna esse tipo de investimento muito mais atrativo. Comparando os resultados dos cenários 1 e 2, onde no primeiro ocorre a incidência de ICMS sobre

toda a energia consumida, e no segundo a incidência se dá somente na diferença entre energia consumida e gerada, tem-se uma diferença de cerca de R\$ 5.200,00 de saldo entre os dois casos.

Somente em uma condição o cenário 1 poderia ter a mesma viabilidade econômica do cenário 2; isso ocorreria somente se toda a energia gerada pelo SFCR fosse consumida pela residência, pois assim o ICMS incidiria somente sobre a energia consumida da rede, que seria a diferença entre o consumo total da residência e a energia gerada pelo SFCR.

Em relação aos cenários 2, 3 e 4, mudanças no perfil de consumo da energia gerada pelo SFCR não alteram o valor pago pelo consumidor, pois os impostos incidem sobre a diferença entre energia consumida e energia fornecida à rede.

O fato do Estado do Paraná ser um dos poucos estados brasileiros que ainda não aderiu ao convênio ICMS nº 16, prejudica o crescimento da micro e minigeração distribuída na região.

O Cenário 3, onde se supôs a isenção do ICMS sobre a energia gerada e a isenção de alguns impostos sobre os aparelhos (PL 1609/2015, Câmara dos Deputados), mostrou um avanço em relação aos casos anteriores, com o *payback* sendo atingido no 18º ano, enquanto no Cenário 2 foi atingido no 20º ano.

O Projeto de Lei em questão, em sua justificativa, propõe a isenção do PIS/PASEP e COFINS e do IPI para inversores como uma forma de equilibrar as condições de implementação de um sistema fotovoltaico, pois existe esse tipo de incentivo na venda ou importação de aparelhos e máquinas utilizados em obras de infraestrutura (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015b). Isso mostra que o PL não está tratando de um benefício exagerado, mas sim de uma equiparação de condições.

O Cenário 4, onde, além da isenção do ICMS para a energia gerada, também supõe-se a vigência do PL 7255/2017, da Câmara dos Deputados, onde se permite que o BNDES financie empreendimentos de micro e minigeração de energia utilizando a TJLP.

Este cenário foi o mais vantajoso, pois o juro mensal caiu de 2% para 0,57%, o que resultou no *payback* sendo atingido no 14º ano.

Apesar dessa taxa de juros parecer ser muito baixa e irreal dentro do cenário econômico brasileiro, o PL 7255/2017, em sua justificativa, argumenta que essa taxa

de juros é utilizada na construção de empreendimentos de geração de energia convencionais, como as termelétricas a combustíveis fósseis, que são contempladas com financiamentos referenciados à TJLP. Da mesma forma que no cenário 3, percebe-se que, na realidade, o que está sendo tratado nestes projetos de lei é uma equiparação de condições em relação a outros tipos de tecnologias.

Os cenários aqui simulados e discutidos apresentaram resultados não satisfatórios, levando no mínimo 14 anos para atingir o *payback* do investimento. Como se tratava de um consumo muito baixo (135 kWh/mês), a taxa de disponibilidade (50 kWh), que obrigatoriamente deve ser paga à concessionária, tem um peso muito grande no total do consumo (cerca de 37% do total). Dentro da situação aqui proposta, a unidade consumidora, mesmo com SFCR em sua residência, ainda pagaria uma quantia significativa de fatura.

Se a proposta fosse de uma residência com o dobro do consumo, a taxa de disponibilidade teria um impacto menor dentro do consumo total.

Pode-se concluir então que, o governo deveria adotar de medidas para melhorar a atratividade da energia solar fotovoltaica, principalmente para a população que possui um menor poder aquisitivo, pois os custos de implantação destes sistemas são altos, e as formas de financiamento deste investimento possuem altas taxas de juros. O crescimento da participação da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira passa inevitavelmente por um maior acesso desse tipo de tecnologia às pessoas com menor poder aquisitivo. Algumas medidas que poderiam ser adotadas são:

- adesão ao Convênio ICMS nº 16 pelos Estados não participantes (Amazonas, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina); como visto no estudo, a adoção a este convênio promove uma melhora considerável em relação a viabilidade econômica de SFCR;
- redução das taxas de juros para financiamentos, como observado no cenário 4, com a utilização da Taxa de Juros de Longo Prazo para o financiamento;
- incorporação de sistemas fotovoltaicos no projeto inicial de habitações populares, pois novas habitações do PMCMV podem ser financiadas por taxas de juros inferiores a 7% ao ano, para uma renda familiar inferior a R\$ 4.000,00 (CEF, 2017b);

- isenção de impostos e contribuições, como os citados no Projeto de Lei nº 1609/2015.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10899, **Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia**, segunda edição. Associação Brasileira de Normas Técnicas; 04 de Novembro de 2013.

ALEMANHA. Deutscher Bundestag. **Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Bundesgesetzblatt (13)**, p. 305-308, 2000. Disponível em: <<http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg/gesamt.pdf>>. Acesso em: 21 de abril de 2017.

_____. Deutscher Bundestag. **Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Bundesgesetzblatt (40)**, p. 1918-1930, 2004. Disponível em: <http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl104s1918.pdf>. Acesso em: 21 de abril de 2017.

_____. Deutscher Bundestag. **Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Bundesgesetzblatt (49)**, p. 2074-2100, 2008. Disponível em: <http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl108s2074.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2017.

_____. Deutscher Bundestag. **Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Bundesgesetzblatt (42)**, p. 1634-1678, 2011. Disponível em: <http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl111s1634.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2017.

_____. Deutscher Bundestag. **Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Bundesgesetzblatt (33)**, p. 1066-1132, 2014. Disponível em: <http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl114s1066.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2017.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **“Resolução Normativa 482 de 17 de abril de 2012”**, 2012, Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 03 de outubro de 2016.

_____. **“Resolução Normativa 687 de 24 de novembro de 2015”**, 2015, Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2017.

_____. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2016a. Disponível em: <<http://www.mh7.net.br/wpp/wp-content/uploads/caderno-tematico-micro-e-minigeracao-distribuida-2edicao.pdf>> . Acesso em: 02 de abril de 2017.

_____. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública**, Agência Nacional de Energia Elétrica. 7. ed.. Brasília: ANEEL, 2016b. Disponível em:< <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Por+dentro+da+conta+de+luz/9b8bd858-809d-478d-b4c4-42ae2e10b514> >. Acesso em: 02 de abril de 2017.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **“Ranking das tarifas”**, Brasil, 2017a, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 02 de junho de 2017.

_____. **Geração Distribuída: Unidades consumidoras com geração distribuída**, 2017b. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/VerGD.asp>> . Acesso em: 10 de setembro de 2017.

BANCO DO NORDESTE. **Programas do FNE: Programas de Financiamento à Micro e à Minigeração Distribuída**, 2017. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/programas_fne/programa-de-financiamento-a-micro-e-a-minigeracao-distribuida-de-energia-eletrica-fne-sol. Acesso em: 13 de agosto de 2017.

Banco Nacional do Desenvolvimento, BNDES. **Taxa de Juros de Longo Prazo – TJLP**, 2017.

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/taxa-de-juros-de-longo-prazo-tjlp>. Acesso em: 02 de Novembro de 2017.

BANCO SANTANDER. Santander Financiamentos: **Linhas de financiamento para sustentabilidade**, 2017. Disponível em: <<https://sustentabilidade.santander.com.br/pt/produtos-e-servicos/paginas/santander-financiamentos.aspx>>. Acesso em: 13 de agosto de 2017.

BANKENGRUPPE, KfW. **„KfW-Programm Erneuerbare Energien-Speicher“**. Kreditanstalt für Wiederaufbau, Frankfurt, Merkblatt, 2016. Disponível em: < [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002700_M_275_Speicher.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002700_M_275_Speicher.pdf)>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

BAYOD-RÚJULA, Angel A. et al. **Recent Developments of Photovoltaics Integrated with Battery Storage Systems and Related Feed-In Tariff Policies: A Review**. International Journal of Photoenergy, v. 2017, 2017. Disponível em:< <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2017/8256139/>>. Acesso em: 18 de abril de 2017.

[BCB]. Banco Central do Brasil. **SGS - Sistema Gerenciador de Séries Temporais**. 2017a. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>>. Acesso em 06 de novembro de 2017.

_____. Banco Central do Brasil. **Metodologia do Financiamento com Prestações Fixas**. 2017b. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirMetodologiaFinanciamentoPrestacoesFixas.do?method=exibirMetodologiaFinanciamentoPrestacoesFixas>>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.

BMUB, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. **100.000 Dächer-Solarstrom-Programm kurz vor dem Ziel**, 2003. Disponível em <<http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/100000-daecher-solarstrom-programm-kurz-vor-dem-ziel/>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2017.

BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. **„Renewable Energy Sources in Figures - . National and International Development“**, Berlim, 2016. Disponível em: https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/renewable-energy-sources-in-figures.pdf?__blob=publicationFile&v=9. Acesso em: 22 de abril de 2017.

BOST, Mark; HIRSCHL, Bernd; ARETZ, Astrid. **Effekte von Eigenverbrauch und Netzparität bei der Photovoltaik**. 2014. Disponível em: < http://2014.greenpeace-energy.de/uploads/media/Studie_Effekte-der-Netzparit%C3%A4t__Langfassung.pdf>. Acesso em 01 de março de 2017.

BRASIL. **Portaria nº 447, de 31 de dezembro de 2004** – A MINISTRA DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos II e IV, da Constituição, e considerando o disposto no Decreto no 4.873, de 11 de novembro de 2003, que instituiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - “LUZ PARA TODOS”. Diário Oficial da União - DOU, 2005 Disponível em: < <https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Portaria%20447.pdf>>. Acesso em: 03 de agosto de 2017.

_____. **Lei nº 12.703, de 7 de agosto de 2012** – Altera o art. 12 da Lei no 8.177, de 1º de março de 1991, que estabelece regras para a desindexação da economia e dá outras providências, o art. 25 da Lei nº 9.514, de 20 de novembro de 1997, que dispõe sobre o Sistema de Financiamento Imobiliário, institui a alienação fiduciária de coisa imóvel e dá outras providências, e o inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, que dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União - DOU, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12703.htm>. Acesso em: 06 de novembro de 2017.

_____. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015** – Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. 2015. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15>. Acesso em: 02 de abril de 2017.

_____. **Convênio ICMS 39, de 07 de abril de 2017** – Dispõe sobre a adesão do Estado do Amapá às disposições do Convênio ICMS 16/15, que autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. 2015. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2017/cv039_17>. Acesso em: 13 de maio de 2017.

BRITO, M. C.; SERRA, M. J. **Células Solares para a Produção de Energia Elétrica**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2005. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/JM_Serra/publication/267721954_Celulas_solares_para_a_producao_de_energia_electrica/links/5576c39b08ae7521586c5334.pdf>. Acesso em 29 de março de 2017.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei nº 1138, de 14 de abril de 2015**, Brasília, DF, 2015. Disponível em:<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1320801&filename=PL+1138/2015>. Acesso em 22 de abril de 2017.

_____. **Projeto de Lei nº 1609, de 20 de maio de 2015**, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=12149A94DFD52A22853208A61D30C045.proposicoesWebExterno1?codteor=1336894&filename=PL+1609/2015>. Acesso em 22 de abril de 2017.

_____. **Projeto de Lei nº 7255, de 29 de março de 2017**, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1540212&filename=PL+7255/2017>. Acesso em 22 de abril de 2017.

CANADIAN SOLAR, **CS6P-260|265|270P**, Canadá, 2017. Disponível em: <http://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/en/v5.54/EN_CS6P-P_en-v5.54.pdf> Acesso em: 03 de Junho de 2017.

CARDOSO, Daniel Corrêa. **Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social—Caso: “Minha Casa Minha Vida”**. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)/Colegiado de Engenharia Civil. Feira de Santana, BA, 2010. Disponível em: <
<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/DANIEL%20C%3%94RREA%20CARDOSO.pdf>
 >. Acesso em: 21 de maio de 2017.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**; Nelson Casarotto Filho, Bruno Hartmut Kopittke, - 11. Ed. -São Paulo: Atlas, 2010.

[CEF]. Caixa Econômica Federal. **Cartão Construcard**, 2017a. Disponível em: <
<http://www.caixa.gov.br/voce/cartoes/casa/construcard/Paginas/default.aspx#>>.
 Acesso em: 13 de agosto de 2017.

_____. Caixa Econômica Federal. **Minha Casa Minha Vida 2017: Entenda o que muda no programa**, 2017b. Disponível em:
 <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=4550>>.
 Acesso em: 05 de novembro de 2017.

COPEL. **Alterações Tarifárias**, Companhia Paranaense de Energia - COPEL, 2017a. Disponível em:
 <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

_____. **Tributos**, Companhia Paranaense de Energia - COPEL, 2017b. Disponível em:<
<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F3EE1D015FA3F433203257EE6003E128E>>. Acesso em:
 02 de novembro de 2017.

_____. **Tarifa convencional - subgrupo B1**, Companhia Paranaense de Energia - COPEL, 2017c. Disponível em: <
<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fe3a5cb971ca23bf503257488005939ba>>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

COUTURE, Toby; GAGNON, Yves. **An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment**. Energy policy, v. 38, n. 2, p. 955-965, 2010. Disponível em
 <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509007940>>. Acesso em
 02 de abril de 2017.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar: Princípios e Aplicações, 2006.** Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2017.

DE MARTINO JANNUZZI, Gilberto. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**, p.22, 2009. Disponível em: <<http://www.iei-la.org/admin/uploads/relatorio-projeto-2-final.pdf>>. Acesso em: 07 de outubro de 2016.

DECKER, B.; JAHN, U. **Performance of 170 grid connected PV plants in northern Germany—analysis of yields and optimization potentials.** Solar Energy, v. 59, n. 4-6, p. 127-133, 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X96001326>>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

DEL RÍO, Pablo; MIR-ARTIGUES, Pere. **Support for solar PV deployment in Spain: Some policy lessons.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 8, p. 5557-5566, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112003395>>. Acesso em: 18 de abril de 2017.

DRIEMEIER, Luís Henrique. **Geração distribuída.** 2009. TCC (Diplomação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24339/000736407.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 de outubro de 2016.

DUFO-LÓPEZ, Rodolfo; BERNAL-AGUSTÍN, José L. **A comparative assessment of net metering and net billing policies. Study cases for Spain.** Energy, v. 84, p. 684-694, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544215003254>>. Acesso em: 02 de abril de 2017.

DUSONCHET, L.; TELARETTI, E. **Comparative economic analysis of support policies for solar PV in the most representative EU countries.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 42, p. 986-998, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211400879X>>. Acesso em: 18 de abril de 2017.

EDP. ENERGIAS DE PORTUGAL, S. A. **Guia prático da eficiência energética.** Sair da Casca, 2006. Disponível em: <http://proclima.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/guia_pratico_da_eficiencia_energetica_o_que_saber_e_fazer_para_sustentar_o_futuro1.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2017.

EICHELBRÖNNER, Matthias; SPITZLEY, Jan-Benjamin. **German Experience on the Support Mechanism and Technical Aspects of Grid Connectivity of Solar PV Rooftop-Systems.** GIZ. Delhi, 2012. Disponível em: <http://www.reform.info/sites/default/files/presentation_solar_guidelines_mnre_round_table_20032012.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

ENEL SOLUÇÕES. **Conheça 6 linhas de financiamento para energia solar,** 2017 Disponível em: <<http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/11/conheca-linhas-financiamento-sistema-solar/>>. Acesso em: 12 de agosto de 2017.

EPE, Empresa de Planejamento Energético. **Aspectos Fundamentais de Planejamento Energético,** 2005. Disponível em: <www.sudene.gov.br/conteudo/.../PE_Aspectos_Fundamentais.pdf>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2017.

_____. **Matriz Energética Nacional 2030.** 2007. Disponível em:<<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432020/Matriz+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2030+-+%28PDF%29/708f3bd7-f3ed-4206-a855-44f6d4db29f6?version=1.1>>. Acesso em: 05 de abril de 2017.

_____. **Nota Técnica. Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira.** Nota Técnica da EPE, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2017.

_____. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil-Condicionantes e Impactos.** Nota Técnica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA>>, v. 2019, n. 20, p. 5, 7, 2014. Acesso em: 03 de outubro de 2016.

_____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016, ano base 2015,** 2016, Disponível em:<<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202016.pdf>>. Acesso em: 01 de março de 2017.

ERGE, Thomas; HOFFMANN, Volker U.; KIEFER, Klaus. **The German experience with grid-connected PV-systems**. Solar Energy, v. 70, n. 6, p. 479-487, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X00001432>>, Acesso em: 21 de abril de 2017.

ESPANHA. **Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo**, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. **Boletín Oficial del Estado**, n. 75, de 27 de marzo de 2004, páginas 13217 a 13238. Disponível em: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/03/27/pdfs/A13217-13238.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

_____. **Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo**, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. **Boletín Oficial del Estado**, n. 126, 2007. Disponível em: <<https://www.boe.es/boe/dias/2007/05/26/pdfs/A22846-22886.pdf>>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

_____. **Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero**, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución ya la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos. **Boletín Oficial del Estado**, n. 24, p. 8068, 2012. Disponível em: <https://www.boe.es/boe/dias/2012/01/28/pdfs/BOE-A-2012-1310.pdf>. Acesso em: 18 de abril de 2017.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto Estadual N° 53.823/08** – Institucionaliza o Conselho Estadual de Habitação - CEH e cria o Fundo Paulista de Habitação de Interesse Social - FPHIS e o Fundo Garantidor Habitacional - FGH. Disponível em: <<http://www.habitacao.sp.gov.br/secretariahabitacao/downloads/decretos/ceh/dec-53823.pdf>>. Acesso em: 14 de outubro de 2016.

FRAUNHOFER, I. S. E. **Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fassung vom 26.3.2017**. Disponível em: <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>>. Acesso em: 22 de abril de 2017.

GIRARD, A. et al. **Spain's energy outlook: A review of PV potential and energy export**. Renewable Energy, v. 86, p. 703-715, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115302743>>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energias renováveis: um futuro sustentável**. Revista USP, v. 72, p. 6-15, 2007. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Oswaldo_Lucon/publication/274360068_Energias_renovaveis_um_futuro_sustentavel/links/566b160208ae1a797e39a24c.pdf>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2017.

GUEDES, J.C.S. **Manual da Tarifação de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro–RJ: PROCEL EDIFICA, 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20EI%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2017.

HELD, Anne et al. **Design features of support schemes for renewable electricity. A report within the European project “Cooperation between EU MS under the Renewable Energy Directive and interaction with support schemes”**. Ecofys Netherlands, Utrecht, 2014. Disponível em: <<http://www.ecofys.com/files/files/ec-fraunhofer-isi-ecofys-2014-design-features-of-support-schemes.pdf>>. Acesso em: 05 de abril de 2017.

HELD, Anne et al. **Feed-in systems in Germany, Spain and Slovenia: A comparison**. International Feed-in Cooperation, 2007. Disponível em: <<http://www.mresearch.com/pdfs/docket4185/NG11/doc44.pdf>>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

HERTWICH, Edgar G. et al. **Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 112, n. 20, p. 6277-6282, 2015. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/112/20/6277.full.pdf>>. Acesso em: 11 de março de 2017.

IBGE. **Série histórica IPCA**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Precos_Indices_de_Precos_ao_Consumidor/IPCA/Serie_Historica/ipca_SerieHist.zip>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA]. **Technology Roadmap: Solar photovoltaic energy**, Paris, 2014, Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf>, p.23. Acesso em: 03 de outubro de 2016.

JACOBSSON, Staffan; LAUBER, Volkmar. **The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology**. *Energy policy*, v. 34, n. 3, p. 256-276, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421504002393>>. Acesso em: 21 de abril de 2017.

JIMENO, Moira. **Renewable energy policy database and support – RES-LEGAL EUROPE. National profile: Italy**. RES LEGAL Europe, Berlim, 2015. Disponível em: <http://www.res-legal.eu/no_cache/archive/?cid=278&did=611&sechash=eb73d023>. Acesso em: 06 de maio de 2017.

LEMES JÚNIOR, Antônio Barbosa; CHEROBIM, Ana Paula Mussi Szabo; RIGO, Cláudio Miessa. **Fundamentos de finanças empresariais: técnicas e práticas essenciais**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2015.

MASSON, Gaëtan; BRIANO, José Ignacio; BAEZ, Maria Jesus. **Review and analysis of PV self-consumption policies. Report IEA PVPS T1-28:2016**, 2016. Disponível em: <http://iea-pvps.org/index.php?id=353&elID=dam_frontend_push&docID=3066>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. 2017. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 de agosto de 2017.

OLIVEIRA, Elzira Lúcia de; GIVISIEZ, Gustavo Henrique Naves; RIOS-NETO, Luiz Gonçalves. **Demanda futura por moradias no Brasil 2003-2023: uma abordagem demográfica**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.

ONU. **Concepts and Methods in Energy Statistics**, New York, 1982. Disponível em: <https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_29E.pdf>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2017.

ORIOLO, Aldo; DI GANGI, Alessandra. **Five-years-long effects of the Italian policies for photovoltaics on the energy demand coverage of grid-connected PV systems installed in urban contexts**. *Energy*, v. 113, p. 444-460, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216309835>>. Acesso em 18 de abril de 2017.

PBDA. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA**. PORTAL BRASILEIRO DE DADOS ABERTOS - PBDA, 2017. Disponível em <<http://dados.gov.br/dataset/indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo-ipca>>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

PERLOTTI, Edgar et al. **Proposta para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. São Paulo: ABINEE, 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 02 de agosto de 2017.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2017.

PORTAL BRASIL. **Em oito anos, 1,2 milhão de residências vão gerar sua própria energia – Portal Brasil**, 2016. Disponível em :<<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/03/em-oito-anos-1-2-milhao-de-residencias-vaog-gerar-sua-propria-energia-1>>. Acesso em: 03 de outubro de 2016.

PRICE, Selya. **2008 solar technologies market report**. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2010. Disponível em:<http://www.nrel.gov/tech_deployment/pdfs/2008_solar_market_report.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2017.

PVPS, IEA. **Snapshot of Global Photovoltaic Markets**. IEA Photovoltaic Power Systems Programme Report T1-31, 2017. Disponível em: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS__A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2016__1_.pdf. Acesso em: 18 de junho de 2017.

RECEITA FEDERAL. **Decreto nº 8950, de 29 de Dezembro de 2016, Tabela de Incidência do Imposto Sobre Produtos Industrializados (TIPI), pg. 378, NCM: 8504.40.90**, 2017. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/A0A8A2AF-5E09-44EA-9D91-0D7E0B8CA94E/FinalDownload/DownloadId-65BE31A0EACD9E99D12B62C6CF087BA4/A0A8A2AF-5E09-44EA-9D91-0D7E0B8CA94E/acesso-rapido/legislacao/documentos-e-arquivos/tipi.pdf>>. Acesso em: 02 de Novembro de 2017.

RÜTHER, R. et al. **Avaliação do impacto da geração distribuída utilizando sistemas solares fotovoltaicos integrados à rede de distribuição**. Estudos Tecnológicos em Engenharia, 2005.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Editora UFSC, 2004. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

SALAMONI, Isabel Tourinho et al. **Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica**, p.66. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92659/270188.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 07 de Outubro de 2016.

SALAS, V.; OLIAS, E. **Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Spain**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 13, n. 5, p. 1049-1057, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108000506>>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

SCERRATO, Giulia. **Solar PV feed-in Tariff: the distortion of Italian power market**. 2015. XX Summer School “Francesco Turco”, Napoli, Italy, 16th–18th Sept, p. 183-192, 2015. Disponível em: < http://www.summerschool-aidi.it/edition-2015/images/Naples2015/proceed/30_scerrato.pdf> Acesso em 18 de abril de 2017.

SCHEXNAYDER, Susan M. et al. **Assessment of Incentives and Employment Impacts of Solar Industry Deployment**. 2012. Disponível em:<http://bakercenter.utk.edu/wp-content/uploads/2014/11/Solar-incentives-and-benefits-_complete-report_May-1-2012.pdf>. Acesso em 21 de abril de 2017.

SDG. SDGs, **Sustainable Development Knowledge Platform**. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/topics/sustainabledevelopmentgoals>>. Acesso em: 03 de outubro de 2016.

SECRETARIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Especificações das Unidades habitacionais**, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.habitacao.sp.gov.br/casapaulista/downloads/dados_tecnicos/especificacoes_tecnicas_da_casa_paulista.docx>. Acesso em: 13 de outubro de 2016.

SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei nº 224, de 15 de abril de 2015**, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=583883&disposition=inline>>. Acesso em 22 de abril de 2017.

SPE. *SolarPower Europe. Global Market Outlook for Solar Power / 2016 – 2020*, 2016a. Disponível em: <http://www.solarpowereurope.org/insights/global-market-outlook/?tx_powermail_pi1%5Baction%5D=create&tx_powermail_pi1%5Bcontroller%5D=Form&cHash=e7b50b0be64a3d46b58c5aae9418b88f>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2017.

_____. *SolarPower Europe. Overview of the PV investment environment in Italy November 2016*, 2016b. Disponível em: <<http://www.assorinnovabili.it/public/sitoaper/FontiRinnovabili/paper/2016/Investment%20Overview%20Italy%20November%202016.pdf>>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

SUEYOSHI, Toshiyuki; GOTO, Mika. **Photovoltaic power stations in Germany and the United States: A comparative study by data envelopment analysis**. *Energy Economics*, v. 42, p. 271-288, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988314000061>>. Acesso em 22 de abril de 2017.

TIEPOLO, G.M. **"Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Estado do Paraná"**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS. Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR, Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B9uCAMDD9bvbY2IGdUdZMmxoSEU/view>>. Acesso em 01 de junho de 2017.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Energia Renovável. Hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Empresa de Pesquisa Energética–EPE. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renovável%20%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 11 de março de 2017.

TOLMASQUIM, T.; GUERREIRO, A. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Rio de Janeiro, Brasil: Empresa de Pesquisa Energetica, Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA%2003-2015-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015-2024.pdf>>. Acesso em: 30 de setembro de 2017.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**, p. 66, 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/en.php>>. Acesso em: 07 de outubro de 2016.

WOODHOUSE, Michael et al. **On the Path to SunShot. The Role of Advancements in Solar Photovoltaic Efficiency, Reliability, and Costs**. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 2016. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65872.pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

YINGLI SOLAR. **YGE 60 Cell 40mm SERIES**. China, 2017. Disponível em: <http://www.yinglisolar.com/assets/uploads/products/downloads/YGE_60_Cell_Series_EN.pdf> Acesso em: 03 de Junho de 2017.

ZANE, Edoardo Binda. **Renewable energy policy database and support – RES-LEGAL EUROPE. National profile: Italy**. RES LEGAL Europe, Berlim, 2012. Disponível em: <http://www.res-legal.eu/no_cache/archive/?cid=278&did=424&sechash=5e1ee4a3>. Acesso em: 06 de maio de 2017.

APÊNDICE A – CÁLCULO DA MÉDIA ACUMULADA DO IPCA A PARTIR DA SÉRIE HISTÓRICA ENTRE OUTUBRO DE 2007 E SETEMBRO DE 2017

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janeiro		0,54%	0,48%	0,75%	0,83%	0,56%	0,86%	0,55%	1,24%	1,27%	0,38%
Fevereiro		0,49%	0,55%	0,78%	0,80%	0,45%	0,60%	0,69%	1,22%	0,90%	0,33%
Março		0,48%	0,20%	0,52%	0,79%	0,21%	0,47%	0,92%	1,32%	0,43%	0,25%
Abril		0,55%	0,48%	0,57%	0,77%	0,64%	0,55%	0,67%	0,71%	0,61%	0,14%
Mai		0,79%	0,47%	0,43%	0,47%	0,36%	0,37%	0,46%	0,74%	0,78%	0,31%
Junho		0,74%	0,36%	0,00%	0,15%	0,08%	0,26%	0,40%	0,79%	0,35%	-0,23%
Julho		0,53%	0,24%	0,01%	0,16%	0,43%	0,03%	0,01%	0,62%	0,52%	0,24%
Agosto		0,28%	0,15%	0,04%	0,37%	0,41%	0,24%	0,25%	0,22%	0,44%	0,19%
Setembro		0,26%	0,24%	0,45%	0,53%	0,57%	0,35%	0,57%	0,54%	0,08%	0,16%
Outubro	0,30%	0,45%	0,28%	0,75%	0,43%	0,59%	0,57%	0,42%	0,82%	0,26%	
Novembro	0,38%	0,36%	0,41%	0,83%	0,52%	0,60%	0,54%	0,51%	1,01%	0,18%	
Dezembro	0,74%	0,28%	0,37%	0,63%	0,50%	0,79%	0,92%	0,78%	0,96%	0,30%	
Acumulado ao ano	1,43%	5,90%	4,31%	5,91%	6,50%	5,84%	5,91%	6,41%	10,67%	6,29%	1,78%

Acumulado em 120 meses	80,49%
Média do valor acumulado (ao ano)	6,08%

**APÊNDICE B – CÁLCULO DA RENTABILIDADE MÉDIA AO ANO DA
CADERNETA DE POUPANÇA ENTRE JUNHO DE 2012 E MAIO DE 2017 A
PARTIR DA SÉRIE HISTÓRICA**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janeiro		0,4134%	0,6132%	0,5882%	0,6327%	0,6708%
Fevereiro		0,4134%	0,5540%	0,5169%	0,5962%	0,5304%
Março		0,4134%	0,5267%	0,6302%	0,7179%	0,6527%
Abril		0,4134%	0,5461%	0,6079%	0,6311%	0,5000%
Mai		0,4273%	0,5607%	0,6159%	0,6541%	0,5768%
Junho	0,4828%	0,4551%	0,5467%	0,6822%	0,7053%	
Julho	0,4973%	0,4761%	0,6059%	0,7317%	0,6629%	
Agosto	0,4675%	0,4828%	0,5605%	0,6876%	0,7558%	
Setembro	0,4273%	0,5079%	0,5877%	0,6930%	0,6583%	
Outubro	0,4273%	0,5925%	0,6043%	0,6799%	0,6609%	
Novembro	0,4134%	0,5208%	0,5485%	0,6303%	0,6435%	
Dezembro	0,4134%	0,5496%	0,6058%	0,7261%	0,6858%	
Acumulado ao ano	3,1712%	5,8150%	7,0799%	8,0739%	8,3047%	2,9651%

Acumulado em 60 meses	40,8873%
Rendimento anual	7,0963%