



ESTUDO DE MICROGERAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COMPARANDO AS LEGISLAÇÕES DO BRASIL E PORTUGAL CONSIDERANDO FATORES ECONÔMICOS

ANDRÉ FERRARI DIEGUES

Novembro de 2017

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
ESCOLA DE ENGENHARIA
E
INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO
ENGENHARIA ELÉTRICA

ANDRÉ FERRARI DIEGUES

**ESTUDO DE MICROGERAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
COMPARANDO AS LEGISLAÇÕES DO BRASIL E PORTUGAL CONSIDERANDO
FATORES ECONÔMICOS**

São Paulo

2017

ANDRÉ FERRARI DIEGUES

**ESTUDO DE MICROGERAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
COMPARANDO AS LEGISLAÇÕES DO BRASIL E PORTUGAL CONSIDERANDO
FATORES ECONÔMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e do Instituto Politécnico do Porto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, satisfação dos requisitos do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro.

ORIENTADORES:

PROF. MS. ÉDISON MASSAO MOTOKI

PROFA. DRA. TERESA ALEXANDRA NOGUEIRA

São Paulo

2017

RESUMO

O presente trabalho refere-se ao estudo da aplicação da tecnologia fotovoltaica em sistemas de minigeração e microgeração com uso de painéis solares no Brasil e sobre a legislação do autoconsumo em Portugal. Tem como objetivos a fundamentação teórica do tema, a análise de iniciativas de produção de energia elétrica nos dois países, corroborada pelo estudo da legislação vigente em cada um deles. A diferença no trato deste tema entre Brasil e Portugal permite uma troca de experiências que beneficia o desenvolvimento das políticas de incentivo neste meio sustentável de geração de energia, ainda mais sendo um conceito relativamente novo no Brasil. A tecnologia se desenvolvendo rapidamente com painéis fotovoltaicos mais eficientes auxilia o desenvolvimento do país como um todo. Analisa-se também um procedimento experimental sob forma de estudo de caso, com uso de software de planejamento de geração de energia elétrica por sistema fotovoltaico. Este procedimento experimental simula a geração de energia em quatro cenários diferentes, analisando os resultados de custo X benefício na aplicação da tecnologia no Brasil e em Portugal.

Palavras –chaves: Tecnologia Fotovoltaica. Brasil. Portugal. Legislação.

ABSTRACT

The present work refers to the study of photovoltaic technology application in minigeration and microgeneration systems with solar panels in Brazil and Portugal legislation for about the self-consumption in Portugal. The objectives are the theoretical basis of the theme and the analysis of electricity production initiatives in both countries, supported by the study of the legislation in force in each of them. The difference in the treatment of this theme between Brazil and Portugal allows an exchange of experiences that benefits the development of the policies of incentive in this sustainable means of generation of energy, even more being a relatively new concept in Brazil. The rapidly developing technology with more efficient photovoltaic panels helps the development of the country as a whole. We also analyse an experimental procedure in the form of a case study, using planning software to generate electric energy by photovoltaic system. This experimental procedure simulates the generation of energy in four different scenarios, analysing the results of cost X benefit in the application of technology in Brazil and Portugal.

Keywords: Photovoltaic technology. Brazil. Portugal. Legislation.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Consumo de energia por fonte - Ano base 2016.....	14
Gráfico 2	Desenvolvimento das células fotovoltaicas	15
Gráfico 3	Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 1 da simulação	33
Gráfico 4	Excedente de energia referente Cenário 1 da simulação.....	34
Gráfico 5	Retorno de investimento referente Cenário 1 da simulação	35
Gráfico 6	Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 1 da simulação	37
Gráfico 7	Excedente de energia referente Cenário 1 da simulação.....	38
Gráfico 8	Retorno de investimento referente Cenário 1 da simulação	40
Gráfico 9	Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 2 da simulação	41
Gráfico 10	Excedente de energia referente Cenário 2 da simulação.....	42
Gráfico 11	Retorno de investimento referente Cenário 2 da simulação	43
Gráfico 12	Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 2 da simulação	44
Gráfico 13	Excedente de energia referente Cenário 2 da simulação.....	45
Gráfico 14	Retorno de investimento referente Cenário 2 da simulação	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Vilarejo de Sonnenschiff, na Alemanha	17
Figura 2	Seguidores instalados na Central Solar Fotovoltaica.....	18
Figura 3	Painéis fotovoltaicos no espaço urbano	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Matriz energética do Brasil - 2016	14
Tabela 2	Demanda por estação climática no Brasil por período no ano referente Cenário 1 da simulação	32
Tabela 3	Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 1 da simulação (kWh).....	33
Tabela 4	Cálculo econômico referente Cenário 1 da simulação	35
Tabela 5	Demanda por estação climática em Portugal por período no ano referente Cenário 1 da simulação	36
Tabela 6	Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 1 da simulação (kWh).....	37
Tabela 7	Cálculo econômico referente Cenário 1 da simulação	39
Tabela 8	Demanda por estação climática em Portugal por período no ano referente Cenário 2 da simulação	40
Tabela 9	Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 2 da simulação (kWh).....	41
Tabela 10	Demanda por estação climática em Portugal por período no ano referente Cenário 2 da simulação	43
Tabela 11	Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 2 da simulação (kWh).....	44
Tabela 12	Cálculo econômico referente Cenário 2 da simulação	46
Tabela 13	Comparativo econômico referente à análise das 4 simulações – Real e Euro.....	47
Tabela 14	Comparativo de investimentos referente à análise das 4 simulações – Real.....	48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional De Energia Elétrica
APREN	Associação Portuguesa de Energias Renováveis
BEN	Balanço Energético Nacional
DIT	Demais Instalações de Transmissão
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
REN	Resolução Normativa
RESP	Rede Elétrica De Serviço Público
RPP	Regime de Pequena Produção
UP	Unidades de Produção
UPAC	Unidades de Produção para Autoconsumo
UPP	Unidades de Pequena Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo geral	10
1.1.2	Objetivos específicos	10
1.2	JUSTIFICATIVA	11
1.3	METODOLOGIA.....	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
3	NORMAS E REGULAMENTOS	21
3.1	NORMA REGULAMENTADORA DO BRASIL.....	21
3.2	NORMA REGULAMENTADORA DE PORTUGAL	22
3.3	ESTUDO COMPARATIVO DAS NORMAS	23
3.3.1	Definições	24
3.3.2	Condições de acesso aos sistemas de distribuição	25
3.3.3	Medição da energia elétrica	26
3.3.4	Responsabilidade por dano ao sistema elétrico	26
3.3.5	Benefícios ao Produtor	26
4	ESTUDO DE CASO	30
4.1	METODOLOGIA.....	30
4.2	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO	31
4.3	CENÁRIO 1 BRASIL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL NEGATIVO	32
4.4	CENÁRIO 1 PORTUGAL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL NEGATIVO ..	36
4.5	CENÁRIO 2 BRASIL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL POSITIVO.....	40
4.6	CENÁRIO 2 PORTUGAL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL POSITIVO.....	43
4.7	COMPARAÇÃO	47
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta um consumo de energia crescente e devido à utilização de fontes de energia tradicionais, que causam impactos no meio ambiente, todos se movem para analisar novas alternativas sustentáveis, tanto do ponto de vista energético como ambientais.

Dessa forma, a busca de fontes alternativas de energia torna-se uma necessidade e abre novas oportunidades de negócios. Aumentam as iniciativas governamentais e da iniciativa privada, direcionando altos investimentos a esses nichos de mercado em expansão. Há um compromisso ético em frear a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera e o debate sobre os impactos ambientais causados pela dependência nos combustíveis fósseis contribui para a busca mundial por soluções sustentáveis na geração de energia oriunda de fontes limpas e renováveis.

O Brasil já experimenta nessa década a dificuldade de manter a geração de energia elétrica e verifica há algum tempo este mercado ter dificuldades de fornecimento, devido aos reservatórios das usinas hidrelétricas que diminuem pela escassez das chuvas e com as usinas termoelétricas operando a plena capacidade instalada, cuja consequência resulta em um acréscimo nas tarifas de energia, sobrecarregando os consumidores finais com insatisfação.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) desde 1995 até 2016, o Brasil tem um crescimento médio no consumo de energia elétrica de 3,84% ao ano. Este dado mostra que havendo novos investimentos na geração de energia elétrica, o seu custo tende a aumentar, por conta do mercado de oferta e demanda, pois as fontes de energia atuais, como no caso das hidrelétricas, já não suportam o consumo atual.

Já Portugal, assim como toda a Europa e demais potências mundiais, também está engajado no processo de segurança e independência energética, trabalhando tanto em campanhas de redução de consumo quanto em formas de gerir fontes renováveis de energia.

A política energética portuguesa data do início da primeira década de 2000, onde ficaram marcados investimentos significativos em fontes de energia renovável por meio da criação dos planos nacionais de eficiência energética e de energias renováveis.

Segundo o Jornal Económico, em matéria de 09 de outubro de 2017, a seca extrema em Portugal atingiu o mercado da eletricidade, aumentando os custos de produção em 672 milhões de euros. A queda na produção das barragens obrigou a uma maior dependência do gás natural e do carvão, inflacionando o preço do megawatt-hora (MWh).

Apurou-se que no ano passado 64% da eletricidade em Portugal foi obtida por meio de energias renováveis. Porém em 2017 a produção a partir de energia eólica, hídrica, solar e bioenergia ficou apenas em 43%, sendo que a maior queda se verificou nas barragens (ZERO, 2017)

A Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APER) revela que nos primeiros nove meses de 2017, a diminuição da produção de eletricidade renovável em Portugal Continental fez aumentar em 28% o preço de mercado da eletricidade.

Apesar de o mercado brasileiro de micro e minigeração de energia crescer de forma significativa, principalmente em residências, ainda representa uma pequena parte no Balanço Energético Nacional (BEN).

Sabe-se que geração de energia elétrica é quando se transforma uma fonte primária, sendo ela renovável ou não, em energia elétrica. Referente à microgeração ou minigeração de energia elétrica, cada país possui definições diferente para a forma de produção. Será estudado neste trabalho as diferenças existentes entre o Brasil e Portugal.

Em função dessas considerações este trabalho visa comparar as diferenças na microgeração e minigeração de energia solar entre os dois países, com foco na análise da legislação vigente dos mesmos, tendo como objetivo buscar soluções de melhoria para a produção brasileira.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Analisar a legislação de sistemas de minigeração e microgeração de painéis solares do Brasil e a legislação do autoconsumo DL 153/2014 em Portugal.

1.1.2. Objetivos específicos

Têm-se os seguintes objetivos específicos a desenvolver:

- a) Fazer o levantamento de pesquisas teóricas sobre o assunto em questão;
- b) Apresentar iniciativas de produção de energia fotovoltaica no Brasil e em Portugal;
- c) Estudar a legislação de ambos os países, Portugal e Brasil; e
- d) Estudar um caso referente à minigeração e microgeração de energia solar no Brasil e em Portugal.

1.2. JUSTIFICATIVA

Com base nas diferenças da minigeração e microgeração de energia solar existente entre Brasil e Portugal, já apresentadas anteriormente, verifica-se que as experiências dos dois países no mercado energético possam ser compartilhadas de modo a beneficiar as legislações vigentes e as políticas de incentivo.

A microgeração de energia solar no Brasil ainda é um conceito novo. A regulamentação da Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL) foi aprovada no fim de 2012, porém ainda existiam diversos entraves que atrapalharam o crescimento desta forma de se gerar energia no ponto de consumo (Exemplo: produzir a sua energia elétrica com uma placa fotovoltaica no telhado de sua residência). Em 2015, diversos desses entraves foram removidos e o setor de microgeração no Brasil começa a ter um crescimento exponencial com centenas de sistemas fotovoltaicos sendo instalados no Brasil todo.

Com os painéis fotovoltaicos menores e mais eficientes, se tornam cada vez mais uma atração para energia renovável residencial, dando também o incentivo de uma produção de energia a mais do que a necessária da própria residência, tornando viável a venda para a rede (Portugal) ou a geração de créditos de energia produzida (Brasil).

Portanto torna-se importante o estudo comparativo das legislações entre os dois países, pois cada um prevê na sua própria legislação, a busca para atender a demanda de energia por alternativas em energias sustentáveis.

1.3. METODOLOGIA

O desenvolvimento da metodologia é constituído dos seguintes tópicos:

- Estudos para a implementação de um sistema de energia solar.
- Levantamento de custos da implementação e manutenção do sistema solar.
- Estudos da legislação do Brasil e de Portugal para aplicação de minigeradores e microgeradores de energia solar.
- Estudos do retorno de investimento obtido no sistema solar no Brasil e Portugal, através de estudo de caso
- Comparar os dados obtidos tanto na legislação como nos custos entre os países.

- Concluir o trabalho discutindo as comparações dos tópicos estudados

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos:

O Capítulo 1, reporta-se a introdução, que é composta pelos seguintes itens: texto de conceituação e caracterização do tema; Objetivos; Justificativa; e Metodologia.

No capítulo 2, se desenvolve o referencial teórico aborda a parte dos estudos de revisão teórica, dando embasamento na energia solar e sobre o sistema fotovoltaico.

No capítulo 3 se trata mais especificamente sobre a conceituação da microgeração e minigeração de energia. Traz também exemplos sobre os projetos aplicados de energia fotovoltaica no Brasil e no mundo.

No capítulo 4, se desenvolvem à um aprofundamento maior nas legislações tanto brasileira quanto na portuguesa sobre a mesma temática, promovendo um comparativo entre os dois países.

O Capítulo 5, demonstra um estudo de caso, simulando a questão da geração de energia pelo processo fotovoltaico nos dois países, realizando análise de custo X benefício.

E diante desses capítulos se pode então desenvolver a conclusão e as considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Energia significa capacidade de se realizar trabalho. As fontes de energia primárias, ou seja, as que são fornecidas pela natureza são classificadas em renováveis e não-renováveis.

As renováveis são assim denominadas porque são fontes inesgotáveis resultantes da exploração de fonte solar, hidráulica, eólica, maremotriz dos mares e oceanos e energia das ondas, matérias orgânicas (biomassa), calor da Terra (energia geotérmica) e as não-renováveis são aquelas que se esgotam com o uso, porque advêm de recursos finitos, compreendendo os minerais energéticos e radioativos, como carvão mineral, petróleo, xisto, urânio e tório (BERTOLI, 2012 p. 03).

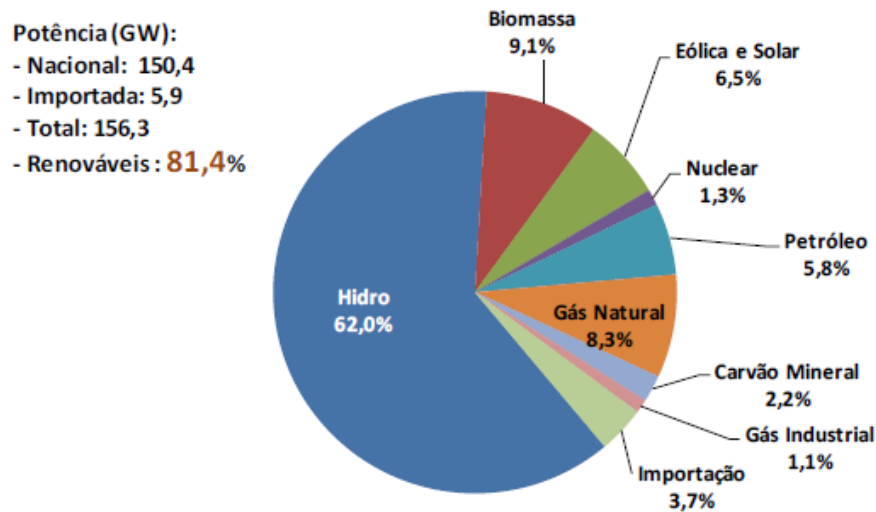
A energia Solar é uma excelente alternativa para um país como o Brasil por meio do aproveitamento da radiação solar, e além de ser uma energia limpa, sem emissão de poluentes, pode ser transformada em energia elétrica por meio de painéis com células fotovoltaicas ou solares e armazenada em bancos de bateria para ser usada em período de baixa radiação, durante a noite.

Segundo Souza Filho (2008, p. 05) “O sol libera energia em forma de ondas eletromagnéticas e uma parcela dessa energia incide sobre a Terra e sofre pequena atenuação quando interage com os gases atmosféricos”.

As tecnologias têm se desenvolvido para otimizar o aproveitamento do potencial da luz solar, que, devido ao movimento contínuo da terra, no Brasil é abundante já que a região menos iluminada é 40% superior a qualquer região da Alemanha que mantém o status de maior produtor mundial de energia fotovoltaica (BERTOLI, 2012, p. 04).

No Gráfico 1 pode-se observar a inexistência de um segmento específico, para a produção de energia fotovoltaica, no bojo da matriz energética brasileira, na qual prepondera a utilização da produção hídrica, no qual se depende de chuvas e reservatórios, e das térmicas com uma equivalência de 30,2% da energia gerada, as quais demonstram a alta dependência de fontes fósseis não-renováveis.

Gráfico 1 - Consumo de energia por fonte - Ano base 2016



Fonte: EPE, 2016

Nota-se que a produção de energia fotovoltaica no Brasil é inexpressiva em comparação aos demais modos de geração de energia, conforme se observa na Tabela 1:

Tabela 1 - Matriz energética do Brasil - 2016

ESPECIFICAÇÃO	GWh		16/15 (%)	Estrutura (%)	
	2015	2016		2015	2016
HIDRÁULICA	359.743	380.911	5,9	58,4	61,5
BAGAÇO DA CANA	34.163	35.236	3,1	5,5	5,7
EÓLICA	21.626	33.489	54,9	3,5	5,4
SOLAR	59	85	44,1	0,010	0,014
OUTRAS RENOVÁVEIS	15.074	15.805	4,8	2,4	2,6
ÓLEO	25.657	12.103	-52,8	4,2	2,0
GÁS NATURAL	79.490	56.485	-28,9	12,9	9,1
CARVÃO	18.856	17.001	-9,8	3,1	2,7
NUCLEAR	14.734	15.864	7,7	2,4	2,6
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	11.826	11.920	0,8	1,9	1,9
IMPORTAÇÃO	34.422	40.795	18,5	5,6	6,6
TOTAL	615.650	619.694	48,2	100,0	100,0

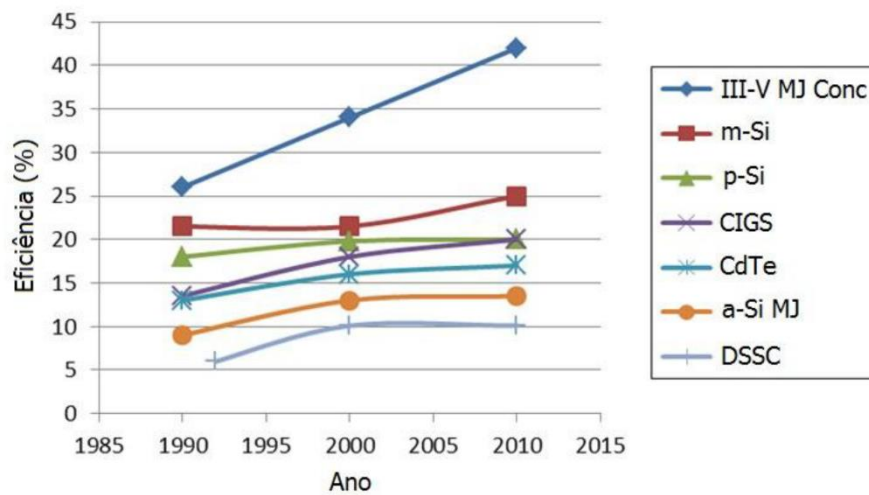
Fonte: EPE, 2016

Para um sistema fotovoltaico, Barbosa, Silva e Melo (2007) explicam que, os parâmetros tradicionais que devem ser monitorados são: recurso solar, tensão e corrente no banco de baterias e do gerador fotovoltaico, potência elétrica solar total produzida, consumida pela carga e injetada na rede.

A conversão direta de energia solar em energia elétrica é realizada nas células solares através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de uma diferença de potencial elétrico através da radiação. O efeito fotovoltaico ocorre quando fótons (energia que o sol carrega) incidem sobre átomos (no caso átomos de silício), provocando a emissão de elétrons, gerando corrente elétrica. Este processo não depende da quantidade de calor, pelo contrário, o rendimento da célula solar cai quando sua temperatura aumenta (BERTOLI, 2012, p 23).

O Gráfico 2 demonstra que esta tecnologia avança a cada dia principalmente na análise comparativa dos materiais.

Gráfico 2 - Desenvolvimento das células fotovoltaicas



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Brandão (2009) menciona que o sistema fotovoltaico pode ser instalado em qualquer superfície com boa exposição solar, com a referência de estudos realizados na Alemanha, no *Institut fur Solare Energiesysteme*, em Fraunhofer, no qual trabalho no estudo de sistemas fotovoltaicos a mais de 20 anos, que consegue dar uma perfeita noção da variação da radiação solar com o ângulo de inclinação e a sua orientação.

O autor ainda conclui que, nos sistemas conectados à rede, a corrente contínua produzida pelos painéis fotovoltaicos não pode ser ligada diretamente à rede elétrica, sendo assim, os inversores, que fazem a conversão de corrente contínua em corrente alternada, com características similares à da rede elétrica, no que diz respeito à tensão, frequência, forma de onda, distorção harmônica, e outras características. No entanto, é preciso ter algum cuidado com o sobre dimensionamento a não ultrapassar a máxima potência permitida da entrada do inversor.

Mesmo considerando que os sistemas de microgeração fotovoltaica sejam robustos e apresentem uma baixa necessidade de manutenção, mesmo assim, necessitam de um monitoramento adequado, para evitar que eventuais falhas possam prejudicar a sua eficiência. Para monitoramento, alguns componentes comerciais utilizados no próprio sistema, como inversores e controladores de carga/descarga, podem sinalizar falhas e apresentar informações das condições de funcionamento do sistema em um display. Na ausência de controladores de carga/descarga e inversores que façam monitoramento, ou na necessidade de um monitoramento mais específico os projetos desenvolvidos pelos pesquisadores descritos nesse artigo, podem ser tomados como base para futuros projetos de monitoramento (PEREIRA E SOUSA, 2017, p 1676)

Desta forma, buscou-se estudar experiências na área por meio de projetos efetivamente aplicados tanto no Brasil quanto no resto do mundo, descrevendo assim, sobre a geração utilizando painéis fotovoltaicos.

Fialho, Pinto e Gomes (2017) concluíram que, qualquer cenário de investimento é economicamente viável se for analisado por meio do cálculo do VPL e do retorno, assim, a demanda deve ser maior, tanto por empresas como por indivíduos.

Os autores também mencionam sobre estudos futuros, outras metodologias de opções reais que poderiam ser testadas, e uma das razões, é a taxa de desconto, sendo que pode variar ao longo do tempo, sendo que no estudo feito permaneceu constante.

Segundo Barbosa (2011) na Alemanha, por exemplo, o sistema *feed-in tariff*, também denominado cogeração, permite que as residências vendam a eletricidade produzida em excesso para a companhia de energia, o que permite a autonomia da residência e lucratividade com a venda da energia gerada.

Figura 1 - Vilarejo de Sonnenschiff, na Alemanha



Fonte: Barbosa, (2011).

O Vilarejo alemão de *Sonnenschiff*, o qual é retratado na Figura 2, é composto por 52 casas com telhado inteiro tomado por painéis fotovoltaicos, que lhes permite, por meio do sistema *feed-in tariff*, produzir e vender à companhia, 300% de energia em excesso, porque produz quatro vezes mais do que o necessário para o seu consumo.

Barbosa (2011) em sua matéria argumenta que:

“A auto-suficiência é atingida através do seu projeto de energia solar, que utiliza painéis fotovoltaicos posicionados estrategicamente para aproveitar ao máximo a incidência dos raios de sol. Ancorado em Freiburg, uma das regiões mais ensolaradas do país, o bairro é formado por cinquenta e duas casas, entre residenciais e comerciais.”

As experiências se multiplicam em ambientes diversos. A Arábia Saudita que possui grande tradição na produção estatal de óleo bruto e gás natural, avança com a possibilidade de produzir energia fotovoltaica, cerca de 16 GW de energia solar até o ano de 2032. Dessa forma, o país responderia ao seu potencial energético no âmbito das energias renováveis. O intuito do país, é se posicionar entre as principais nações do mundo no que diz respeito à produção de energia limpa a partir do sol. O país totalizaria 41 GW de energias com a produção geotérmica, biomassa, eólica e mesmo na construção de usinas nucleares.

Tomando o exemplo de uma Central Solar Fotovoltaica de Portugal, localizada no Alentejo, no conselho de Moura, se pode perceber a importância da energia fotovoltaica no cenário europeu. A construção ou montagem da central teve um investimento de 261 milhões

de euros (corresponde, atualmente, a cerca de R\$ 684,5 milhões), com capacidade para produzir 93 milhões de quilowatts hora/ano, suprimindo 30 mil residências portuguesas. (Central, 2010).

O impacto ambiental de uma central desse porte é, razoavelmente, pequeno, porque ocupa 270 hectares de terra. Quando comparado com o impacto ambiental para a construção de uma UHE – Usina Hidroelétrica.

Segundo o Portal Energia (2008) a Central Solar Fotovoltaica de Amareleja, em Portugal, é um bom exemplo de utilização de seguidores solares para potencializar a captação de energia solar. São 2.520 seguidores azimutais instalados com dimensões de 13,05x10,78 m; com ângulo de inclinação de 45°; rotação de orientação azimutal é de +/- 135° Leste-Oeste; potência de 18.720 Wp; resistem a ventos de 140 km/h e possuem superfície de 140, 76 m². Ainda a Central é composta de 262.080 módulos (104 módulos por seguidor), modelo YL-170 e YL-180, sendo que cada módulo possui 48 células de silício policristalino, que é menos influenciável à temperatura, como afirmamos anteriormente. A Figura 3 demonstra uma visão aérea parcial da Central de Amareleja.

Figura 2 - Seguidores instalados na Central Solar Fotovoltaica



Fonte: Portal Energia, 2008

Segundo Lacombe (2012) a primeira Usina Fotovoltaica foi inaugurada no Brasil, no Estado do Ceará, no município de Tauá. Desta forma, a Usina Tauá, é um empreendimento da MPX, foi inaugurada em agosto de 2011 e após um ano de atividade tem demonstrado uma boa capacidade de produção de energia devido às condições climáticas da região cearense onde está instalada. Sua capacidade é de 1 MWh, mas há planos de dobrar esta capacidade e muitos entendimentos com a iniciativa privada e órgãos públicos para produzir 10 vezes mais.

Tauá, no primeiro ano, produziu 1,5 mil MWh de energia ativa, demonstrando a viabilidade do empreendimento no Brasil.

“Tauá demonstra ainda que os fatores de capacidade superam os 20% em diversos períodos, ou seja, em diversos meses a produção de energia supera 20% da capacidade instalada, o que para equipamentos fotovoltaicos é um nível de performance excelente”. (LACOMBE, 2012)

O projeto da construção de um bairro solar com 4 mil casas e 240 apartamentos já está em andamento, pois as primeiras 2 mil casas do conjunto habitacional da Serra, município da Grande Vitória, no Espírito Santo serão entregues no próximo mês de abril. Nelas, os chuveiros elétricos serão substituídos por painéis solares para o aquecimento da água, dispensando, portanto, a energia dos chuveiros, que consome 10% do consumo nacional de energia elétrica; os painéis fotovoltaicos gerarão energia para outras finalidades nas residências, na Imagem 4 retrata os painéis solares instalados no projeto.

Figura 3 - Painéis fotovoltaicos no espaço urbano



Fonte: Exame/Sustentabilidade, (2011)

Segundo a matéria da Exame/Sustentabilidade (2011) comenta, para incentivar o uso racional e seguro da energia elétrica, a EDP Escelsa, uma das maiores distribuidoras de energia elétrica do Espírito Santo, investirá R\$ 25,3 milhões em ações, sendo que 15% desse total serão usados no desenvolvimento do condomínio e do bairro solar.

Os critérios para a escolha dos bairros foram estipulados com base em estudos e cadastros que consideraram a renda familiar e a estrutura das casas para suportarem os equipamentos.

Alonso *et. al* (2017) mencionam que nos últimos anos tiveram ajustes e atualizações significativas para as regulamentações e procedimentos brasileiros para microgeradores e certificação de inversores, demonstra também que ainda são esperadas várias mudanças para a perspectiva do futuro local, tendo em vista a aceitabilidade do mercado, com a demanda do mercado aumentando. Também é mencionado que a regulamentação e as resoluções brasileiras estão progredindo, embora ainda sejam necessárias melhorias significativas para alcançar o nível de serviço e o cumprimento das normas elétricas estabelecidas em outros países líderes.

3. NORMAS E REGULAMENTOS

Neste capítulo é apresentado as normas do Brasil e Portugal, para um entendimento das definições e das legislações.

“Construções sustentáveis capazes de produzir mais energia do que consomem a partir de fontes renováveis estão se tornando realidade pelo mundo. Os melhores exemplos são encontrados em cidades com o sistema *feed-in tariff*, uma política de estímulo ao uso de energia renovável que permite a venda de excedentes à rede de distribuição”. (BARBOSA, 2011).

3.1. NORMA REGULAMENTADORA DO BRASIL

A normal que regulamenta o cenário brasileiro de microgeração e minigeração de energia fotovoltaica, é a REN N°482/2012.

É a legislação brasileira mais atual aplicada pela ANEEL, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica, que entrou em vigor no dia 17 de abril de 2012.

A resolução denomina as instalações pela quantidade de potência instalada conectada na rede de distribuição, por meio de instalações de unidades consumidoras como microgeração, a quantidade é menor ou igual a 75 kW, e minigeração quando a potência é superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

O proprietário da instalação pode ser uma pessoa física ou jurídica e o sistema de minigeração ou microgeração, não necessariamente esteja na mesma propriedade de consumo, para que tenha os benefícios, tendo de ser o mesmo proprietário, a somatória se totalize a quantia máxima especificada para um micro gerador e na mesma área de concessão, sendo caracterizado como autoconsumo remoto.

A distribuidora arca integralmente com os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição, exclusivamente da conexão da microgeração distribuída, com exceção para os casos de geração compartilhada e minigeração, que devem arcar com os custos.

A unidade consumidora é cobrada por um valor mínimo referente ao custo de disponibilidade, e no faturamento deve contar algumas informações, que é a energia consumida e a energia injetada na rede fica como um crédito da energia. Já a energia excedente é acumulada um crédito, tendo um vencimento de 60 meses, qual pode ser aplicado a faturas de meses subsequentes. Os créditos expirados serão revertidos em prol da restrição tarifaria.

A ANEEL (2016) criou ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma, micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Referente ao sistema de medições a distribuidora é responsável pela parte técnica e financeira para microgeração, já a minigeração é de responsabilidade do interessado. Após a adequação do sistema de medição, a distribuidora é responsável pela operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação.

No caso de dano no sistema de distribuição as despesas são do consumidor.

A distribuidora é a responsável pela coleta de informações das unidades consumidoras e o envio dos mesmos para registro junto a ANEEL.

3.2. NORMA REGULAMENTADORA DE PORTUGAL

Em Portugal, foi aprovado o Decreto-Lei 153/2014, de 20 de outubro, que regula o regime jurídico aplicável à produção e venda de eletricidade para autoconsumo, com ou sem ligação à rede eléctrica, para a Rede Eléctrica De Serviço Público (RESP), a partir de energias renováveis ou não renováveis, para as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), qual entrou em vigor em janeiro de 2015.

Os antigos regimes foram reformulados, relativamente à microprodução e miniprodução, designados como pequena produção de eletricidade em baixa tensão a partir de fontes de energias renováveis para as Unidades de Pequena Produção (UPP).

Adicionando, o mesmo regime jurídico se aplica a produção de eletricidade, o Regime de Pequena Produção (RPP), vendida na sua totalidade à RESP, por intermédio de instalações de pequena potência, a partir de recursos renováveis, designadas como UPP, são aquelas que não possuem o Autoconsumo, a UPP tem que ser baseada em uma só tecnologia de produção, cuja potência de ligação à rede seja igual ou inferior a 250 kW, destinada à venda total de energia à rede.

A atividade de produção de energia eléctrica é livre. As atividades de produção distribuída obrigatoriamente têm que seguir aos direitos e deveres dos promotores, e por normas específicas que acolhem as questões essenciais a cada uma das modalidades. Podendo ter mais de uma unidade produtora (UP) sendo elas associadas em nome do mesmo produtor.

A UPAC que não se encontre ligada a RESP com potência instalada seja superior a 200 W e igual ou inferior a 1,5 kW está sujeita a comunicação previa de exploração, se a potência

instalada for igual ou inferior a 200 W a mesma está isenta do controle prévio. Caso o titular da UPAC que possui uma potência instalada igual ou inferior a 1,5 KW pretenda fornecer a energia não consumida, necessita de registro para obter o certificado de exploração. Sabendo que a energia elétrica produzida é destinada primeiramente ao consumo na instalação associada à UP, com possibilidade de ligação à RESP para venda, a preço de mercado, da eletricidade não autoconsumida.

O produtor de uma UPAC pode celebrar com o comercializador de último recurso um contrato de venda da eletricidade não consumida, tendo períodos de 5 anos, com um prazo máximo de 10 anos, com direito a renovação, sendo assim forçar o produtor a ter a inspeção antes do início de outro contrato.

Para a ligação da instalação produtora à RESP, o interessado celebra um seguro de responsabilidade civil para problemas que possam acarretar, e tem que arcar com os custos para se adequar aos termos do regulamento, inspeções periódicas, para UPAC de 10 em 10 anos de periodicidade, e as taxas em geral.

A instalação obrigatoriamente deve ser feita por uma entidade de serviços ou por técnicos responsáveis tendo a aprovação dos termos da legislação, e logo após uma inspeção é necessária para identificar defeitos ou não conformidades caso houver.

Para a remuneração e compensação são utilizadas expressões matemáticas fixas ao regulamento, onde será detalhado em capítulos seguintes, sendo o pagamento realizado mediante transferência bancária e com uma periodicidade mensal ou outra superior, desde mencionado no contrato.

A infração do produtor constitui, sem prejuízo da responsabilidade civil e criminal, com o pagamento de um valor que varia de € 100,00 a € 44 800,00 dependendo do caso, podendo ser até um simples ato de solicitar a inspeção não tendo uma instalação operacional.

3.3. ESTUDO COMPARATIVO DAS NORMAS

Após análise das normas e regulamentos para a microgeração de energia aplicados no Brasil e em Portugal é possível levantar algumas questões de carácter comparativo entre as duas gestões.

3.3.1. Definições

A ANEEL (2017) caracteriza de forma mais detalhada as definições dos produtores de energia, categorizando-os da seguinte forma:

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; (Redação dada pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW 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; (Redação dada pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento (ANEEL, 2017).

Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2017).

Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2017).

Enquanto que em Portugal as categorias se resumem principalmente em duas divisões, as UPAC's e as UPP's:

O presente decreto-lei estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, destinada ao autoconsumo na instalação de utilização associada à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à rede elétrica pública, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis, adiante designadas por UPAC.

O presente decreto-lei estabelece ainda o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, vendida na sua totalidade à RESP, por intermédio de instalações de pequena potência, a partir de recursos renováveis, adiante designadas por UPP.

As categorizações brasileiras abrangem maiores possibilidades como forma de incentivo à produção de energia, sendo mais detalhista nesta categorização. Na regulamentação portuguesa, a categorização simples em duas alternativas simplifica na separação entre quem usa e produz e quem apenas produz.

3.3.2. Condições de acesso aos sistemas de distribuição

Após instituição da REN N°482/2012 no Brasil, foi dado as distribuidoras um prazo de 240 dias para que adequassem seus sistemas comerciais e elaborassem ou revisassem normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída. A resolução brasileira instituiu alguns critérios técnicos e jurídicos para regulamentar esta atividade.

As condições de acesso e de exercício da atividade no decreto-lei n. ° 153/2014 de Portugal também regulamentou questões técnicas e jurídicas para instituição desta atividade, descrevendo os itens de controle prévio, requisitos para acesso e obtenção ao registro e do certificado de exploração. Cita também os direitos e deveres do produtor, além de nomear as entidades instaladoras de unidade de produção. Define algumas competências para a direção geral de Energia e Geologia, definindo atribuições e delegação de funções deste órgão. Especifica os procedimentos para o acesso e exercício da atividade desde o procedimento da obtenção do registro, inspeções na unidade de produção, regulamentações e controle dos equipamentos.

Verifica-se que a legislação portuguesa já define em seu decreto-lei os detalhes das burocracias para formalização dos métodos de microgeração de energia. A legislação brasileira é mais sucinta neste processo de formalização, informando que a regulamentação se adequa ao descritivo do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), documento específico publicado em 27/01/2016 que tem como objetivo

Estabelecer as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, ao sistema de distribuição, não abrangendo as Demais Instalações de Transmissão (DIT), e definir os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos usuários bem como aos existentes.

3.3.3. Medição da energia elétrica

A legislação brasileira define que a distribuidora é responsável técnica e financeiramente pelo sistema de medição para microgeração distribuída, de acordo com as especificações do PRODIST no módulo 5, bem como por sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação. Já no artigo 8º da legislação portuguesa, que descreve os deveres do produtor, em seus capítulos “a” e “b” definem que os custos das ligações elétricas de utilização da RESP e os custos associados aos contadores que medem o total da eletricidade produzida pela UPAC são de obrigação do produtor.

3.3.4. Responsabilidade por dano ao sistema elétrico

Ambas as legislações preveem responsabilidade dos produtores a possíveis danos causados na rede elétrica caso sejam oriundos de suas unidades de produção, após comprovação, por negligência a observação de normas e padrões da distribuidora local.

Na legislação brasileira prevê-se que caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, os créditos de energia gerados não poderão ser utilizados.

A legislação portuguesa contempla como dever do produtor a contratação de um seguro de responsabilidade civil para a reparação de danos corporais ou materiais causados a terceiros em resultado do exercício das atividades de produção de eletricidade para autoconsumo e de pequena produção de eletricidade, além de definir multas de 100,00 a 44.800,00 euros no caso de infrações, sem prejuízo das responsabilidades civis e criminais.

Verifica-se que a legislação portuguesa é mais rígida nos procedimentos de segurança e responsabilidade.

3.3.5. Benefícios ao Produtor

A legislação brasileira define o Sistema de Compensação como um arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída

é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade.

Esse sistema é também conhecido pelo termo em inglês *net metering*.

Nele, um consumidor de energia elétrica instala pequenos geradores em sua unidade consumidora (como, por exemplo, painéis solares fotovoltaicos e pequenas turbinas eólicas) e a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade.

Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses. Há ainda a possibilidade de o consumidor utilizar esses créditos em outra unidade (desde que as duas unidades consumidoras estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular).

Já a legislação portuguesa prevê a remuneração da energia proveniente das unidades de produção para autoconsumo, contabilizando a energia total produzida pelas UPP's e o saldo não utilizado pelas UPAC's.

O decreto-lei nº 153/2014 prevê que o valor da energia elétrica fornecida à RESP pelo produtor abrangido das unidades de produção para autoconsumo que não seja superior a 1 MW é calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$RUPAC, m = E \text{ fornecida, } m \times OMIE, m \times 0,9 \quad (1)$$

Sendo:

- a) «RUPAC, m» — Remuneração da eletricidade fornecida à RESP no mês 'm', em €;
- b) «E fornecida, m» — A energia fornecida no mês 'm', em kWh;
- c) «OMIE, m» — O valor resultante da média aritmética simples dos preços de fechamento do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês 'm', em €/kWh;
- d) «m» — O mês a que se refere a contagem da eletricidade fornecida à RESP.

Ou seja, o produtor recebe a remuneração na base de uma alíquota de 90% sobre o valor que a energia possui no mercado, a partir de média aritmética aferida nos últimos 12 meses.

Para as UPAC's com potência instalada superior a 1,5 kW, cuja instalação elétrica de utilização está ligada a RESP, uma compensação mensal fixa nos primeiros 10 anos após obtenção do certificado de exploração, calculada na seguinte expressão:

$$CUPAC, m = PUPAC \times VCIEG, t \times Kt \quad (2)$$

Sendo:

a) «CUPAC,m» — A compensação paga no mês m por cada kW de potência instalada, que permita recuperar uma parcela dos custos decorrentes de medidas de política energética, de sustentabilidade ou de interesse económico geral (CIEG) na tarifa de uso global do sistema, relativa ao regime de produção de eletricidade em autoconsumo;

b) «PUPAC» — O valor da potência instalada da UPAC, constante no respetivo certificado de exploração;

c) «VCIEG,t» = O valor que permite recuperar os CIEG da respetiva UPAC, medido em € por kW, apurado no ano «t» nos termos do número seguinte;

d) Kt» — O coeficiente de ponderação, entre 0 % e 50 %, a aplicar ao «VCieg,t» tendo em consideração a representatividade da potência total registada das UPAC no Sistema Elétrico Nacional, no ano «t»;

e) «t» — O ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC.

O «VCieg,t» referido na alínea c) do número anterior é calculado com base na seguinte expressão:

$$V_{Cieg,t} = \sum_{n=0}^2 (Cieg_{i(t-n)}^P) * \frac{1}{3} + \sum_{n=0}^2 (Cieg_{i,h(t-n)}^e) * \frac{1}{3} * \frac{1500}{12} \quad (3)$$

Em que:

a) «Ciegp i» — Corresponde ao somatório do valor das parcelas «i» do CIEG, mencionadas no n.º 1 do artigo 3.º da Portaria n.º 332/2012, de 22 de outubro, designadamente na alínea c), medido em € por kW, para o nível de tensão da respetiva UPAC, constante nos documentos de suporte da proposta de fixação de tarifas, publicados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) para o ano «t-n»;

b) «Ciege i,h» — Corresponde ao somatório, da média aritmética simples do valor para os diferentes períodos horários «h» de cada uma das parcelas «i» dos CIEG, mencionadas no n.º 1 do artigo 3.º da Portaria n.º 332/2012, de 22 de outubro, designadamente nas alíneas a), b), d), e), f), g), h), i), e j), medido em € por kWh, para o nível de tensão da respetiva UPAC, constante nos documentos de suporte da proposta de fixação de tarifas, publicados pela ERSE para o ano «t-n »;

c) «i» — Refere-se a cada uma das alíneas do n.º 1 do artigo 3.º da Portaria n.º 332/2012, de 22 de outubro;

d) «h» — Corresponde ao período horário de entrega de energia elétrica aos clientes finais, tal como definido na Portaria n.º 332/2012, de 22 de outubro;

e) «t» — Corresponde ao ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC.

3 — O coeficiente de ponderação «Kt», referido na alínea d) do n.º 1 assume os seguintes valores:

a) «Kt» = 50 %, caso o total acumulado de potência instalada das UPAC, no âmbito do regime de autoconsumo, exceda 3 % do total da potência instalada de centro eletro produtores do SEN;

b) «Kt» = 30 %, caso o total acumulado de potência instalada de UPAC, no âmbito do regime de produção de eletricidade em autoconsumo, se situe entre os 1 % e 3 % do total da potência instalada de centro eletro produtores do SEN;

c) «Kt» = 0 %, caso o total acumulado de potência instalada de UPAC, no âmbito do regime de autoconsumo, seja inferior a 1 % do total da potência instalada de centro eletro produtores do SEN.

Verifica-se então que a produção de energia neste caso terá seu faturamento considerando principalmente como variável a representatividade da potência total registrada das UPAC no Sistema Elétrico Nacional, definido através do coeficiente de ponderação “Kt”, onde caso o total da potência acumulada exceda a 3% do total da potência instalada de centros eletro produtores do SEN (Sistema Elétrico Nacional), a remuneração possui o coeficiente máximo de 50% sobre o somatório, da média aritmética simples do valor para os diferentes períodos horários «h» de cada uma das parcelas «i» dos CIEG (interesse econômico geral).

Percebe-se então a grande diferença entre as legislações brasileira e portuguesa. Enquanto no Brasil a geração de energia resulta em créditos para os produtores, permitindo que ele consuma energia das distribuidoras no período de até 60 meses, em Portugal os produtores recebem um pagamento pelo fornecimento da energia para a rede pública.

4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso em questão tem a finalidade de obter dados para uma comparação de custos e retorno de investimento da microgeração e da minigeração visando o autoconsumo como prioridade entre Portugal e Brasil, por meio de simulações.

4.1. METODOLOGIA

Utilizou-se como ferramenta de projeção de resultados o *software* PV*SOL, produzido pela empresa alemã Valentin Software GmbH. Este é aprovado pelo National Renewable Energy (NREL) além de ser reconhecido mundialmente principalmente pelos seus resultados, pois realiza a projeção do sol no ambiente simulado, trazendo resultados gráficos e tabelas em um relatório próprio.

No PV*SOL existe uma base de dados extensa para equipamentos e dados relevantes à análise, como irradiação solar, o clima, entre outros.

As simulações foram divididas em 4 cenários, sendo:

Cenário 1 Brasil - excedente de energia anual negativo

Cenário 1 Portugal-excedente de energia anual negativo

Cenário 2 Brasil - excedente de energia anual positivo

Cenário 2 Portugal - excedente de energia anual positivo

As simulações foram provisionadas com o consumo igual entre os dois países, de acordo com as estações climáticas, sendo no Brasil durante o verão no início do primeiro semestre e em Portugal durante o verão sendo no início do segundo semestre.

Sobre o excedente de energia anual, projetou-se para demonstrar as diferentes aplicações das legislações, sendo negativo quando a somatória anual do consumo é maior que a geração, e positiva quando a somatória anual do consumo é menor que a geração.

Verificou-se nas simulações a aplicação do projeto em regiões com um melhor aproveitamento do sol. No Brasil as simulações feitas foram na região de São Carlos, cidade próxima a São Paulo. Em Portugal foram realizadas simulações na região do Porto, cujo *software* provisionou dados próximos a de São Carlos, de modo que a comparação seja equilibrada.

Em ambas as simulações, as placas foram posicionadas de modo fixo e com uma inclinação 24°, simulando a aplicação dos equipamentos em um telhado.

O *software* apresenta os resultados obtidos em tabelas e gráficos que auxiliam o estudo das considerações finais. Estes dados demonstram:

Consumo: Energia consumida no período de referência.

Autoconsumo direto: Energia consumida no mesmo instante que é gerada pelos painéis fotovoltaicos.

Energia Gerada: É a geração fotovoltaica do período.

Compensação: Excedente da geração fotovoltaica que não foi autoconsumida e, não sendo armazenada, é injetada na rede. No Brasil, a compensação é ressarcida com créditos de energia elétrica e em Portugal, a compensação é ressarcida em dinheiro.

Rede: Energia do período que é injetada na rede quando positivo ou utilizada para consumo quando negativo.

O cálculo do gasto com a energia elétrica realizada no Brasil provém do total de consumo da energia utilizada da rede com a incidência das tarifas do sistema de distribuição de energia, taxa do COSIP, taxa da bandeira tarifária. Aplicam-se os impostos de PIS e COFINS.

Em Portugal, o cálculo econômico aplica a tarifa de energia no consumo total de energia utilizada da rede, deduzindo a remuneração da energia injetada na rede por meio da fórmula do RUPAC. Os valores se alteram a cada mês, visto o valor da energia variar sob orientação da OMIE.

4.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO

Para as simulações são identificados abaixo alguns equipamentos e suas especificações, os mesmos foram localizados em seus respectivos países, tendo como base as especificações similares ou próximas para não ter divergência na simulação. Os equipamentos utilizados são:

Simulação no Brasil:

- Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b, da empresa Yingli.
- Painel fotovoltaico policristalino 250 Watts. Terá decréscimo em seu rendimento de 10% em 10 anos e 20% de decréscimo da potência máxima em 25 anos. Custo de R\$ 889,00 por unidade.
- Inversor SMA Sunny Boy SB 3000TL-21, da empresa Sunny Boy. Sua potência nominal de entrada é de 3000W. Custo de R\$ 10.490,00 por unidade.

Simulação em Portugal

- Placa solar Ecosolar 250W 24V, da empresa Ecosolar.

- Painel policristalino de 250 Watts. Terá decréscimo em seu rendimento de 10% em 10 anos e 20% de decréscimo da potência máxima em 25 anos. Custo de € 216,00 por unidade.
- Inversor Multiplus Ecosolar 5Kva 4000W MPPT 24V (inversor + fonte + regulador), da empresa Ecosolar. Sua potência nominal de entrada é de 4000W. Custo de € 1.040,00 por unidade.

4.3. CENÁRIO 1 BRASIL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL NEGATIVO

No cenário 1, verificou-se a demanda da curva de carga representada na Tabela 2. A carga entre os países é diferenciada por conta da demanda para as temporadas climáticas, sendo no Brasil, o verão ocorre no início do ano e em Portugal, na metade do ano, sendo este consumo referente ao usuário brasileiro.

Tabela 2 - Demanda por estação climática no Brasil por período no ano referente Cenário 1 da simulação

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (kWh)	469	406	467	413	480	354	357	407	370	395	397	485

Fonte: Próprio Autor (2017)

A simulação dimensiona um sistema para suprir a necessidade de consumo descrita anteriormente, considerando o uso da energia da rede.

Para essa simulação, faz-se necessário o uso das seguintes quantidades de equipamentos:

- 13x Painéis Solares – 3,25 kWp: resultando em um custo de R\$ 10.668,00.
- 1x Inversor: resultando em um custo de R\$ 10.490,00
- Custo Total de R\$ 21.178,00

A simulação feita inclui o período solar, dando um resultado demonstrado na Tabela 3, sendo a energia em kWh.

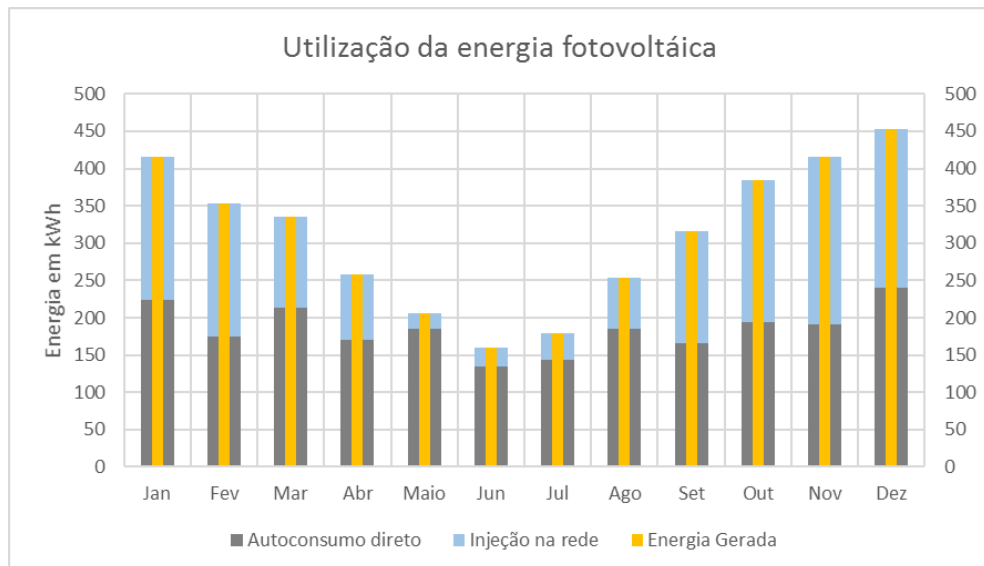
Tabela 3 - Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 1 da simulação (kWh)

Mês	Consumo	Energia Gerada	Autoconsumo direto	Compensação	Rede
Jan	469	416,2	223,6	192,6	-52,8
Fev	406	353,7	174	179,8	-52,3
Mar	467	335	212,9	122,1	-132
Abr	413	258	170,9	87,1	-155
Mai	480	205,3	185,6	19,7	-274,7
Jun	354	160,3	134	26,3	-193,7
Jul	357	179,3	143	36,4	-177,7
Ago	407	253	184,6	68,3	-154
Set	370	315,5	166,4	149,1	-54,5
Out	395	383,9	193,6	190,4	-11
Nov	397	415	191,5	205,5	18
Dez	485	453,4	240,6	212,8	-31,6

Fonte: Próprio Autor (2017)

No Gráfico 3, é demonstrado a geração fotovoltaica, o consumo e o autoconsumo referente ao horário de geração solar.

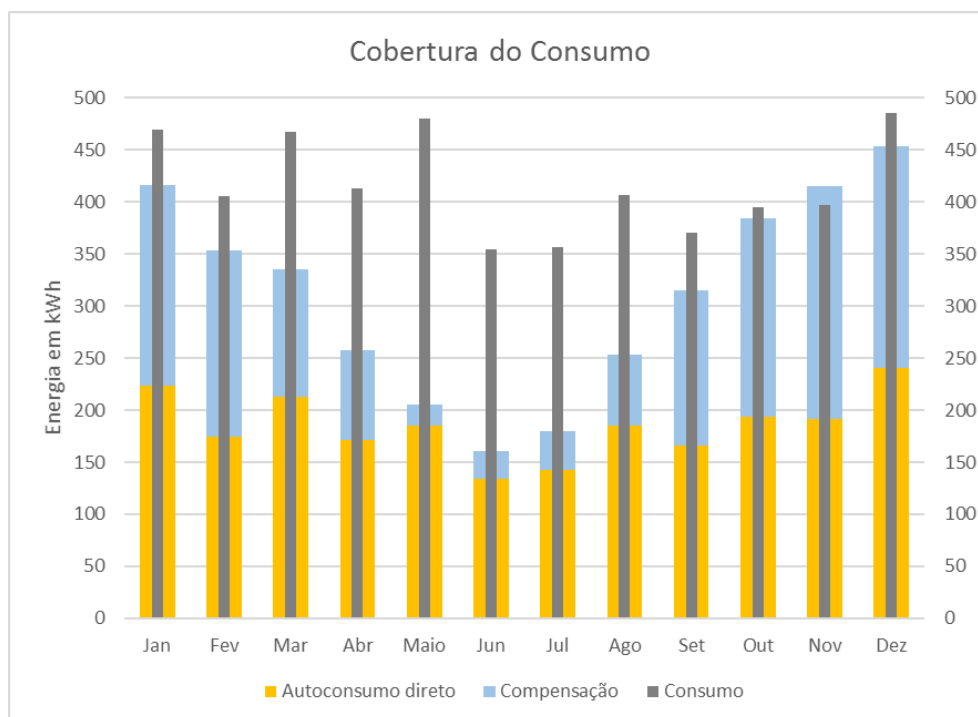
Gráfico 3 - Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 1 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

O Gráfico 4 mostra o excedente de energia, onde o consumidor ou compra ou tem uma compensação de energia para outro mês.

Gráfico 4 - Excedente de energia referente Cenário 1 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

Cálculo Econômico

Implementação: R\$ 21.158,00

Manutenção: é acrescido um valor de R\$ 438,00 mensalmente, valor estipulado pela chance de ter a troca de algum equipamento pelo tempo de 25 anos

Excedente de energia: verifica-se na Tabela 3 que o excedente anual de energia é -1271 kWh, ou seja, far-se-ia necessária a compra de energia do distribuidor local, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo econômico referente Cenário 1 da simulação

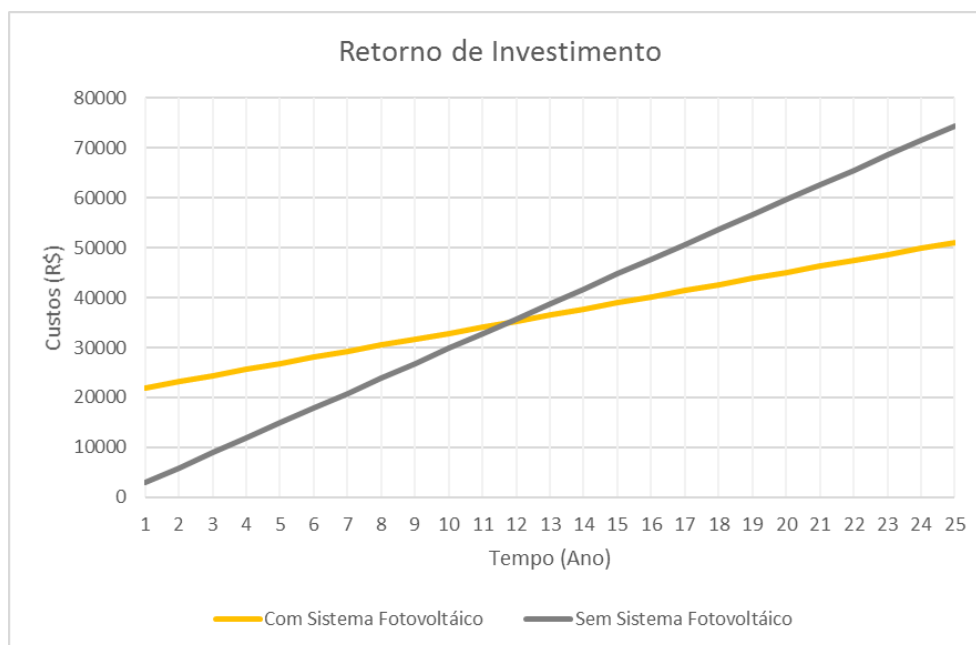
	Energia (kWh)	Tarifa com ICMS	Valor
Uso Sistema de Distribuição (TUSD)	1271	0,24438	R\$ 310,61
Energia (TE)	1271	0,32301	R\$ 410,55
Bandeira			R\$ 18,15
COSIP LEI 13.479/02			R\$ 7,69
		Total 1	R\$ 746,99
PIS	0,72%		R\$ 5,38
		Total 2	R\$ 752,37
COFINS	3,34%		R\$ 25,13
		TOTAL	R\$ 777,50

Fonte: Próprio Autor (2017)

Verifica-se na Tabela 4 que o gasto de energia elétrica anual é de R\$777,50.

O Gráfico 5, demonstra um comparativo do mesmo consumidor com a implementação do sistema fotovoltaico e sem o sistema, onde se nota que o retorno aconteceria em 11 anos.

Gráfico 5 - Retorno de investimento referente Cenário 1 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

4.4. CENÁRIO 1 PORTUGAL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL NEGATIVO

Para o estudo de caso de Portugal, foi dimensionado um sistema para suprir a necessidade de consumo que foi descrita anteriormente. Verifica-se que as variantes referentes à a simulação do Brasil foram: a irradiação solar, custo da energia e custos dos equipamentos.

Na Tabela 5, o consumo do usuário português é o mesmo, porém existe a mudança na estação climática, sendo que o verão é no segundo semestre do ano.

Tabela 5 - Demanda por estação climática em Portugal por período no ano referente Cenário 1 da simulação

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (kWh)	357	407	370	395	397	485	469	406	467	413	480	354

Fonte: Próprio Autor (2017)

Para essa simulação, faz-se necessário o uso das seguintes quantidades de equipamentos:

- 15x Painéis Solares – 3,75kWp: resultando em um custo de € 3.240,00
- 1x Inversor: resultando um custo de € 1.040,00
- Custo Total de € 4.280,00

A simulação feita inclui o período solar, resultando conforme demonstrado na Tabela 6, sendo a energia em kWh.

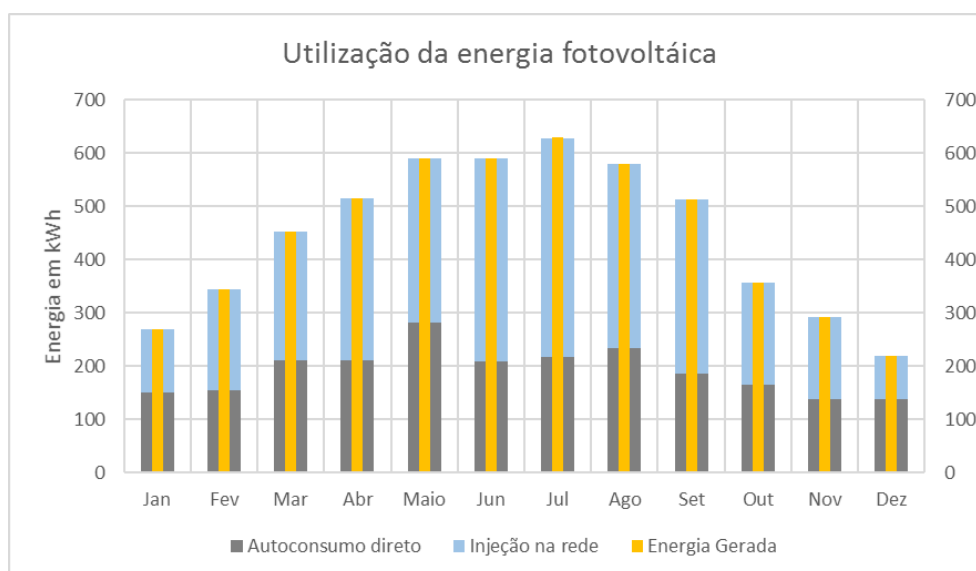
Tabela 6 - Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 1 da simulação (kWh).

Mês	Consumo	Autoconsumo direto	Compensação	Energia Gerada	Rede
Jan	357	150,1	119,5	269,6	-206,9
Fev	407	154,8	190,6	345,4	-252,2
Mar	370	212,3	239,6	451,9	-157,7
Abr	395	211,4	303,3	514,7	-183,6
Mai	397	281,8	308,4	590,2	-115,2
Jun	485	209,3	380	589,3	-275,7
Jul	469	217,7	411,1	628,8	-251,3
Ago	406	233,2	346,4	579,6	-172,8
Set	467	186,1	326,6	512,7	-280,9
Out	413	164,9	191,5	356,4	-248,1
Nov	480	139,1	154	293,1	-340,9
Dez	354	138,7	81	219,7	-215,3

Fonte: Próprio Autor (2017)

No Gráfico 6 é demonstrado a geração fotovoltaica, o consumo e o autoconsumo referente ao horário de geração solar.

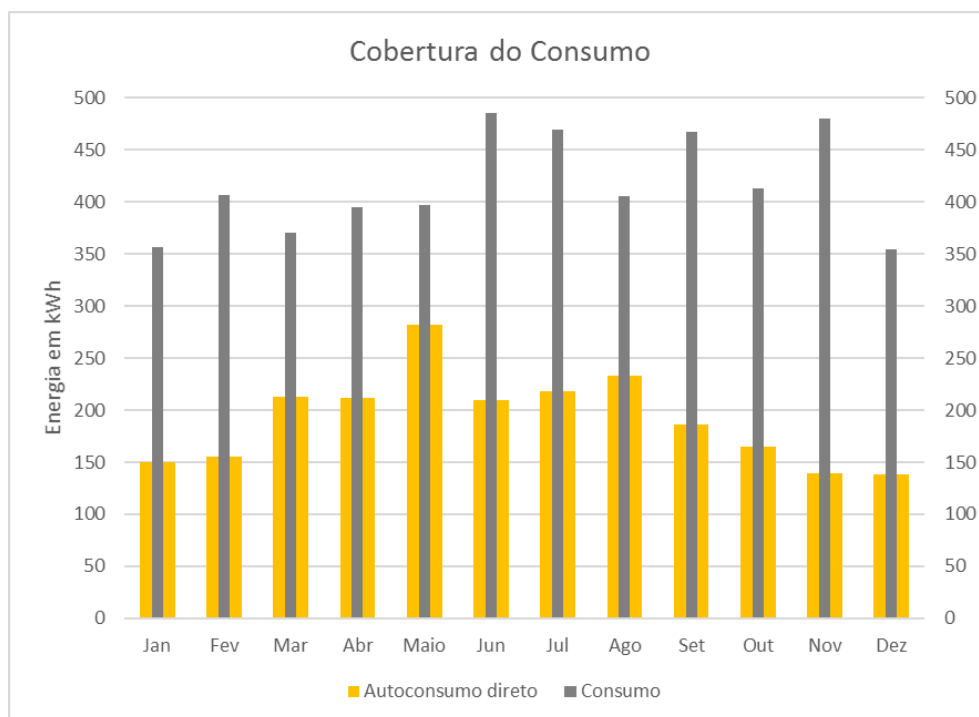
Gráfico 6 - Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 1 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

O Gráfico 7 demonstra o excedente de energia, onde o consumidor ou compra ou vende para o distribuidor local

Gráfico 7 - Excedente de energia referente Cenário 1 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

Cálculo Econômico

Implementação: € 4280,00

Manutenção: Manutenção: é acrescido um valor de € 44,00 mensalmente, valor estipulado pela chance de ter a troca de algum equipamento pelo tempo de 25 anos.

Excedente de energia: Verifica-se na Tabela 6 que, o excedente anual de energia é -2701 kWh, ou seja, seria necessário comprar energia do distribuidor local. O custo da energia na EDP é de € 0,1635/kWh, porém haveria um retorno referente a legislação, utilizando a fórmula do RUPAC, conforme Tabela 7.

$$RUPAC_m = E_m * OMIE_m * 0,9 \quad (4)$$

Tabela 7 - Cálculo econômico referente Cenário 1 da simulação

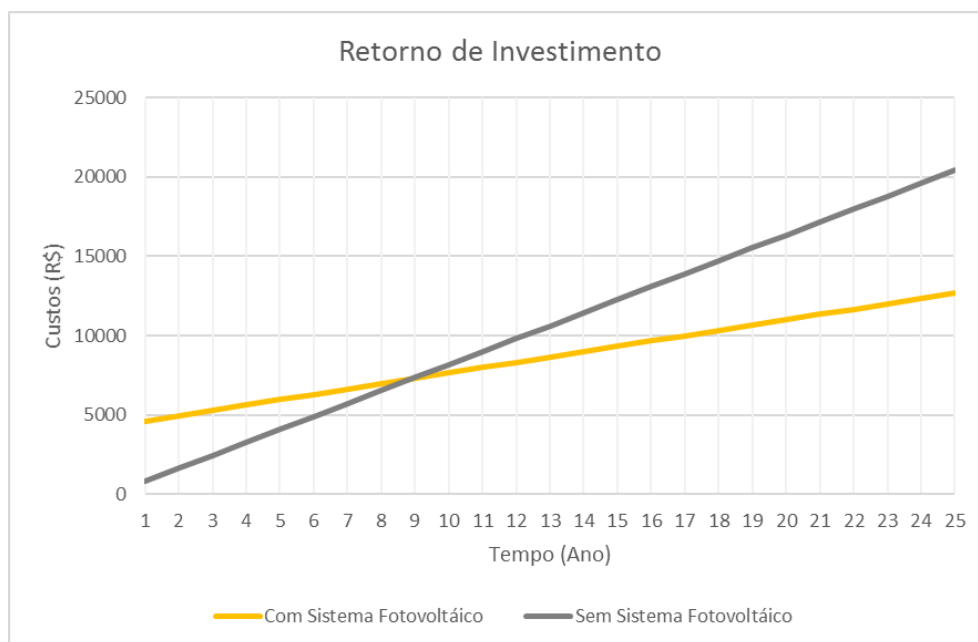
	Energia (kWh)	Tarifa	Valor
Energia (TE)	2701	0,1635	€ 441,61
		TOTAL 1	€ 441,61
Mês	Compensação (kWh)	OMIE (€/kWh)	RUPAC
Jan	119,5	0,058943	€ 6,34
Fev	190,6	0,05162	€ 8,85
Mar	239,6	0,046716	€ 10,07
Abr	303,3	0,045039	€ 12,29
Mai	308,4	0,051239	€ 14,22
Jun	380	0,056876	€ 19,45
Jul	411,1	0,057221	€ 21,17
Ago	346,4	0,055188	€ 17,21
Set	326,6	0,058094	€ 17,08
Out	191,5	0,059634	€ 10,28
Nov	154	0,056505	€ 7,83
Dez	81	0,061913	€ 4,51
		TOTAL 2	€ 149,31
TOTAL = TOTAL 1 – TOTAL 2		TOTAL	€ 292,30

Fonte: Próprio Autor (2017)

Verifica-se na Tabela 7 que, o gasto de energia elétrica anual é de € 292,30.

O Gráfico 8 demonstra um comparativo do mesmo consumidor com a implementação do sistema fotovoltaico e sem o sistema, onde se nota que o retorno aconteceria em 9 anos.

Gráfico 8 - Retorno de investimento referente Cenário 1 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

4.5. CENÁRIO 2 BRASIL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL POSITIVO

No cenário 2 realizou-se estudos para corresponder a demanda da curva de carga representada na Tabela 8, lembrando que a carga entre os países é diferenciada por conta da demanda para as temporadas climáticas, sendo no Brasil o verão no início do ano e Portugal na metade do ano, sendo este consumo referente ao usuário brasileiro.

Tabela 8 - Demanda por estação climática em Portugal por período no ano referente Cenário 2 da simulação

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (kWh)	314	251	312	258	325	209	202	252	215	240	242	330

Fonte: Próprio Autor (2017)

A simulação realizada no Brasil, dimensionando um sistema para suprir a necessidade de consumo que foi descrita anteriormente, com uso da energia da rede.

Simulação:

Para essa simulação é utilizado os equipamentos abaixo:

- 13x Painéis Solares – 3,25 kWp: resultando em um custo de R\$ 10.668,00
- 1x Inversor: resultando um custo de R\$ 10.490,00

A simulação feita inclui o período solar, dando um resultado demonstrado na Tabela 9, sendo a energia em kWh.

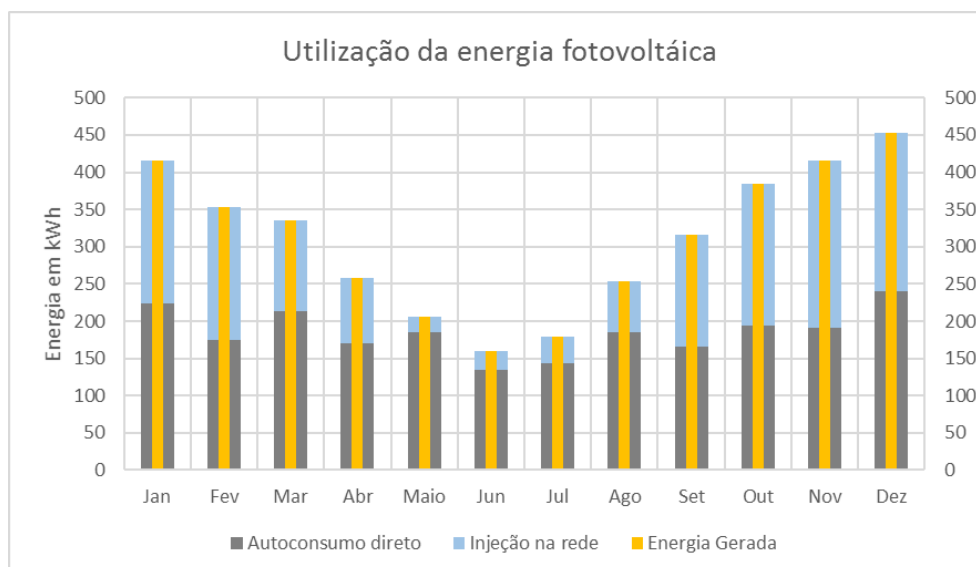
Tabela 9 - Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 2 da simulação (kWh).

Mês	Consumo	Autoconsumo direto	Compensação	Energia Gerada	Rede
Jan	314	223,6	192,6	416,2	102,2
Fev	251	174	179,7	353,7	102,7
Mar	312	212,9	122,1	335	23
Abr	258	170,9	87,1	258	0
Mai	325	185,6	19,7	205,3	-119,7
Jun	209	134	26,3	160,3	-48,7
Jul	202	143	36,3	179,3	-22,7
Ago	252	184,6	68,4	253	1
Set	215	166,4	149,1	315,5	100,5
Out	240	193,6	190,4	384	144
Nov	242	191,5	223,5	415	173
Dez	330	240,6	212,8	453,4	123,4

Fonte: Próprio Autor (2017)

No Gráfico 9 é demonstrado a geração fotovoltaica, o consumo e o autoconsumo referente ao horário de geração solar.

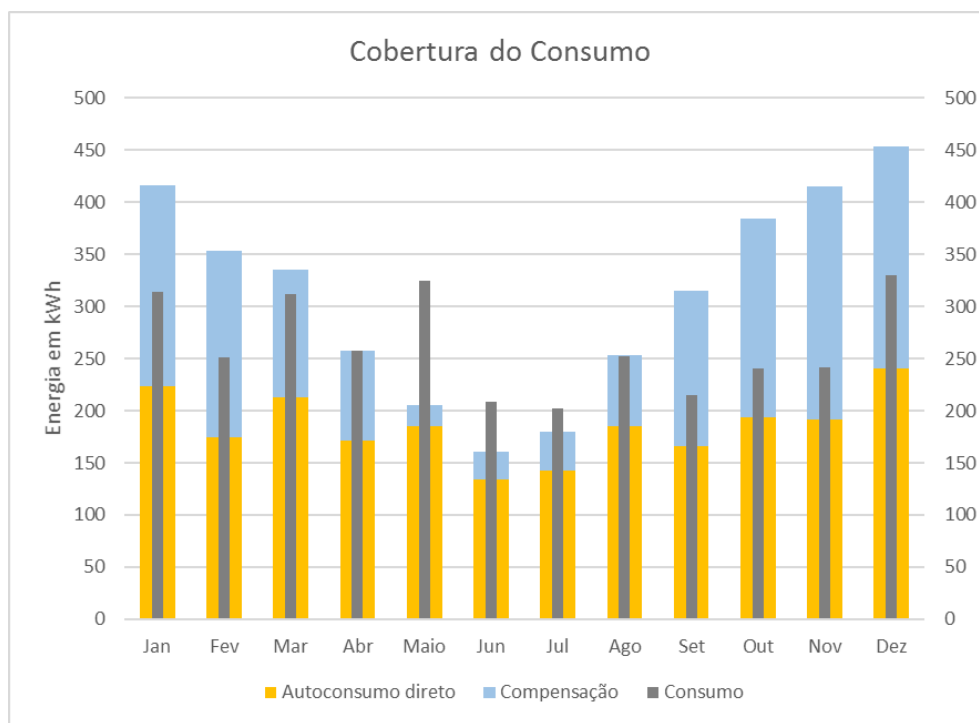
Gráfico 9 - Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 2 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

No Gráfico 10 se demonstra o excedente de energia, onde o consumidor ou compra ou tem uma compensação de energia para outro mês.

Gráfico 10 - Excedente de energia referente Cenário 2 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

Cálculo Econômico:

Implementação: R\$ 21.158,00

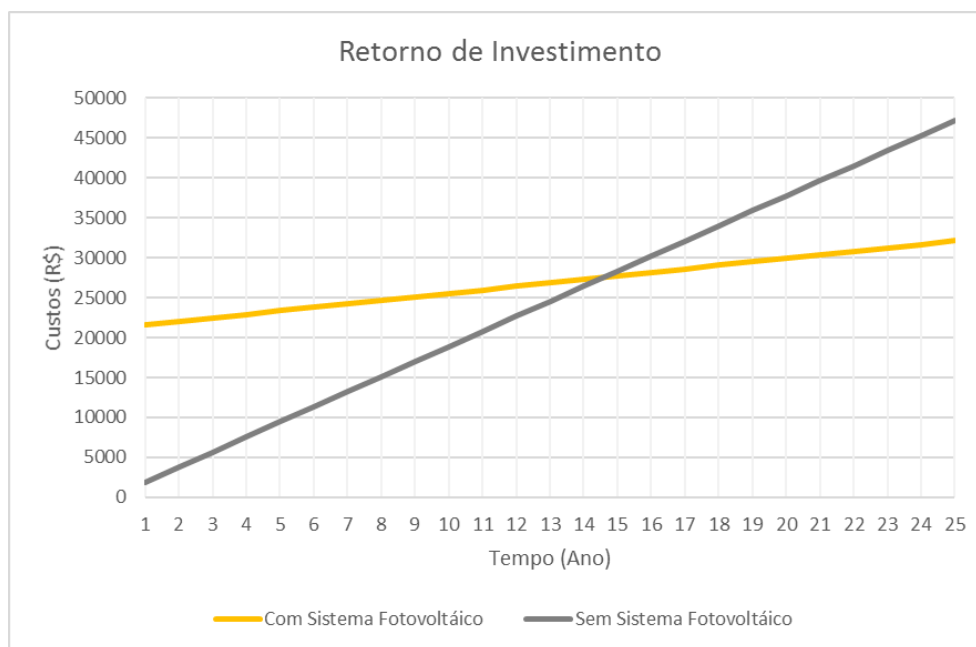
Manutenção: é acrescido um valor de R\$ 438,00 mensalmente, valor estipulado pela chance de ter a troca de algum equipamento pelo tempo de 25 anos

Excedente de energia: vendo na Tabela 9 que o excedente anual de energia é 578,7 kWh, ou seja, não foi necessário comprar energia do distribuidor local, no Brasil não há retorno em dinheiro para energia excedente, portanto foi uma energia perdida para o consumidor/gerador.

O seu custo com energia elétrica anual é zero (R\$ 0,00).

O Gráfico 11 mostra um comparativo do mesmo consumidor com a implementação do sistema fotovoltaico e sem o sistema, onde se nota que o retorno acontece em 15 anos.

Gráfico 11 - Retorno de investimento referente Cenário 2 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

4.6. CENÁRIO 2 PORTUGAL – EXCEDENTE DE ENERGIA ANUAL POSITIVO

No cenário 2 foram feitos estudos correspondentes a demanda da curva de carga da Tabela 10. A carga entre os países é diferenciada por conta da demanda para as temporadas climáticas, sendo no Brasil o verão no início do ano e Portugal na metade do ano.

Na Tabela 10, o consumo do usuário português é o mesmo, porém existe a mudança na estação climática, sendo que o verão é no segundo semestre do ano.

Tabela 10 - Demanda por estação climática em Portugal por período no ano referente Cenário 2 da simulação

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (kWh)	202	252	215	240	242	330	314	251	312	258	325	209

Fonte: Próprio Autor (2017)

Simulação

Para essa simulação foram utilizados os equipamentos abaixo:

- 16x Painéis Solares – 3,75 kWp: resultando em um custo de € 3.456,00
- 1x Inversor: resultando um custo de € 1.040,00

A simulação realizada inclui o período solar, dando um resultado demonstrado na Tabela 11, sendo a energia em kWh.

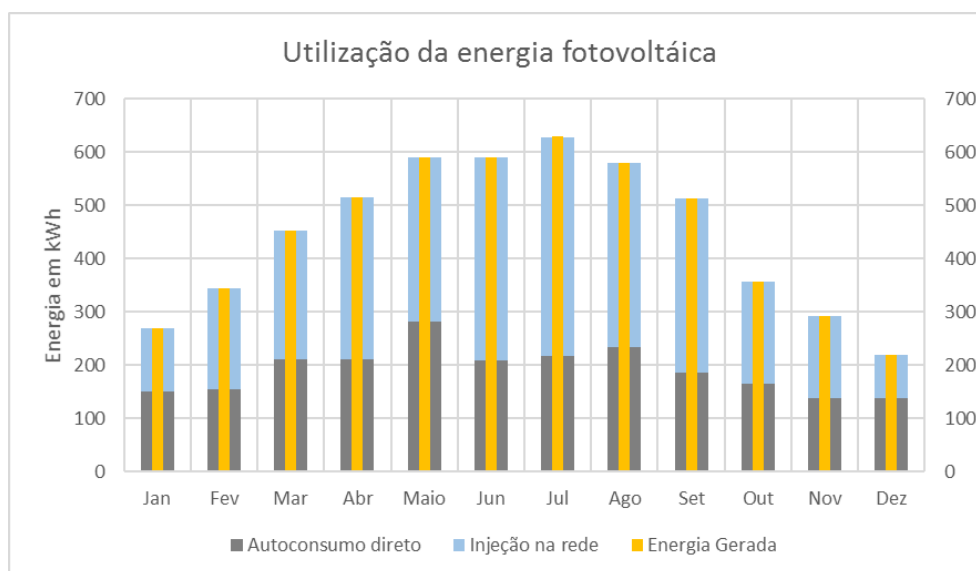
Tabela 11 - Demonstrativo de energia gerada X energia consumida referente cenário 2 da simulação (kWh)

Mês	Consumo	Autoconsumo direto	Compensação	Energia Gerada	Rede
Jan	247	150,1	119,5	269,6	-96,9
Fev	297	154,8	190,6	345,4	-142,2
Mar	260	212,3	239,6	451,9	-47,7
Abr	285	211,4	303,3	514,7	-73,6
Mai	287	281,8	308,4	590,2	-5,2
Jun	375	209,3	380	589,3	-165,7
Jul	359	217,7	411,1	628,8	-141,3
Ago	296	233,2	346,4	579,6	-62,8
Set	357	186,1	326,6	512,7	-170,9
Out	303	164,9	191,5	356,4	-138,1
Nov	370	139,1	154	293,1	-230,9
Dez	254	138,7	81	219,7	-115,3

Fonte: Próprio Autor (2017)

No Gráfico 12 é demonstrado a geração fotovoltaica, o consumo e o autoconsumo referente ao horário de geração solar.

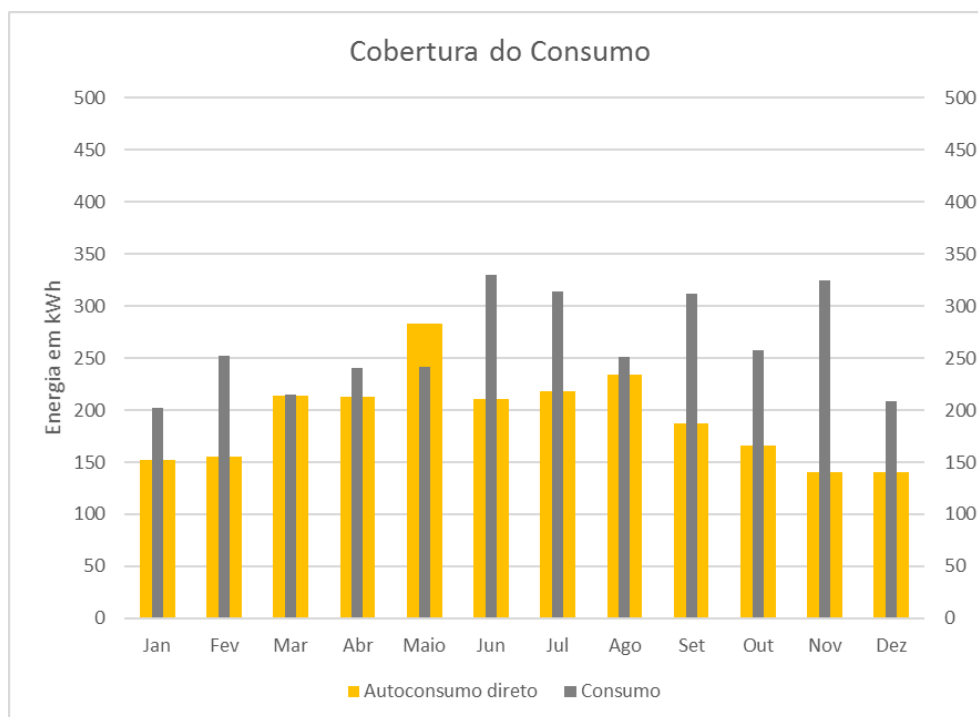
Gráfico 12 - Consumo de energia no horário da geração referente Cenário 2 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

No Gráfico 13 mostra o excedente de energia, onde o consumidor ou compra ou vende para o distribuidor local.

Gráfico 13 - Excedente de energia referente Cenário 2 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

Cálculo Econômico

Implementação: € 4496,00

Manutenção: Manutenção: é acrescido um valor de € 46,00 mensalmente, valor estipulado pela chance de ter a troca de algum equipamento pelo tempo de 25 anos.

Excedente de energia: verifica-se na Tabela 11 que, o excedente anual de energia é - 877,1 kWh, ou seja, foi necessário comprar energia do distribuidor local. No caso o valor da energia na EDP é de € 0,1635/kWh, porém teve um retorno referente a legislação, utilizando a fórmula do RUPAC.

$$RUPAC_m = E_m * OMIE_m * 0,9 \quad (5)$$

Observando a Tabela 12, vê-se que não teve gasto de energia elétrica, porém um ganho no final do período de 01 ano de € 19,84.

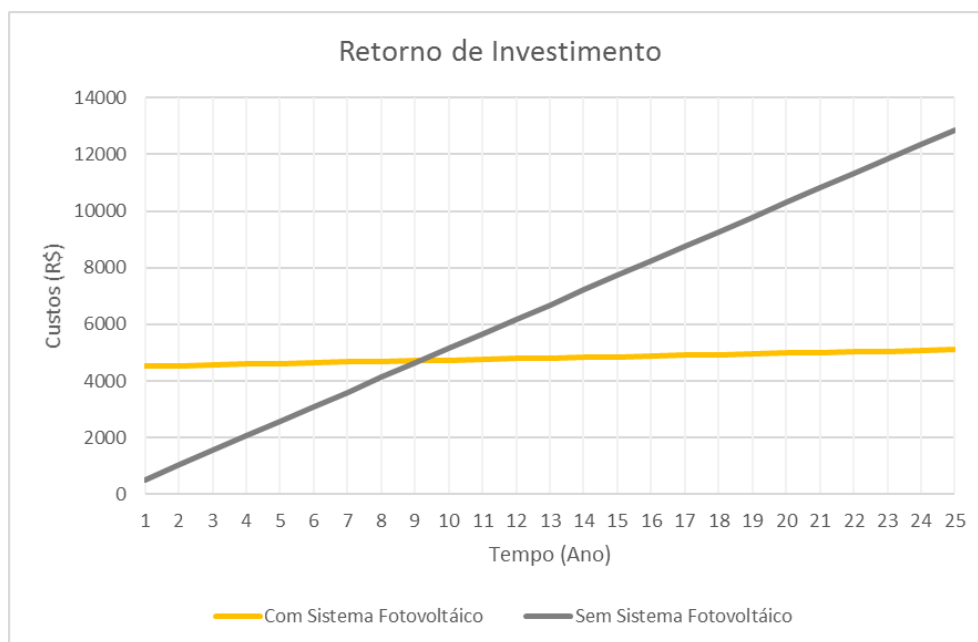
Tabela 12 - Cálculo econômico referente Cenário 2 da simulação

	Energia (kWh)	Tarifa	Valor
Energia (TE)	877,1	0,1635	€ 143,41
		TOTAL 1	€ 143,41
Mês	Compensação (kWh)	OMIE (e/kWh)	RUPAC
Jan	133,7	0,058943	€ 7,09
Fev	209,9	0,05162	€ 9,75
Mar	263,5	0,046716	€ 11,08
Abr	331,6	0,045039	€ 13,44
Mai	340,2	0,051239	€ 15,69
Jun	411,1	0,056876	€ 21,04
Jul	444,4	0,057221	€ 22,89
Ago	377,1	0,055188	€ 18,73
Set	353,8	0,058094	€ 18,50
Out	210,1	0,059634	€ 11,28
Nov	170	0,056505	€ 8,65
Dez	91,7	0,061913	€ 5,11
		TOTAL 2	€ 163,24
TOTAL = TOTAL 1 – TOTAL 2		TOTAL	-€ 19,84

Fonte: Próprio Autor (2017)

O Gráfico 14 demonstra um comparativo do mesmo consumidor com a implementação do sistema fotovoltaico e sem o sistema, onde se nota que o retorno acontece em 10 anos.

Gráfico 14 - Retorno de investimento referente Cenário 2 da simulação



Fonte: Próprio Autor (2017)

4.7. COMPARAÇÃO

Os cenários simulados nos dois países apresentam os resultados descritos na tabela 13, considerando os custos de implementação e manutenção mensal, projeção de gastos nos próximos 25 anos e o tempo do retorno de investimento.

Tabela 13 - Comparativo econômico referente à análise das 4 simulações – Real e Euro

	Brasil			
	Implementação	Manutenção (mensal)	Gasto em 25 Anos	Retorno de Investimento
Cenário 1	R\$ 21.158,00	R\$ 438,00	R\$ 51.107,50	11 Anos
Cenário 2	R\$ 21.158,00	R\$ 438,00	R\$ 32.108,00	15 Anos
	Portugal			
	Implementação	Manutenção (mensal)	Gasto em 25 Anos	Retorno de Investimento
Cenário 1	€ 4.280,00	€ 44,00	€ 12.687,55	9 Anos
Cenário 2	€ 4.496,00	€ 46,00	€ 5.150,10	10 Anos

Fonte: Próprio Autor (2017)

A tabela 14 aplica-se uma taxa de conversão das moedas, verificada no dia 19/10/2017 no site do Banco Central, onde € 1,00 = R\$ 3,756, obtém-se os todos os resultados da tabela 13 convertidos para a moeda Real:

Tabela 14 - Comparativo de investimentos referente à análise das 4 simulações – Real

	Brasil			
	Implementação	Manutenção (mensal)	Gasto em 25 Anos	Retorno de Investimento
Cenário 1	R\$ 21.158,00	R\$ 438,00	R\$ 51.107,50	11 Anos
Cenário 2	R\$ 21.158,00	R\$ 438,00	R\$ 32.108,00	15 Anos
	Portugal			
	Implementação	Manutenção (mensal)	Gasto em 25 Anos	Retorno de Investimento
Cenário 1	R\$ 16.075,68	R\$ 165,26	R\$ 47.654,43	9 Anos
Cenário 2	R\$ 16.886,98	R\$ 172,78	R\$ 19.343,77	10 Anos

Fonte: Próprio Autor (2017)

Verifica-se que o excedente da energia é tratado de forma diferente no Brasil e em Portugal. No Brasil, foi criado o sistema de compensação de energia elétrica e em Portugal o excedente de energia cedido às companhias elétricas reverte-se em remuneração paga.

Também se observa que o custo da implementação é de até 25% mais barato em Portugal do que no Brasil. Como a tecnologia está difundida há mais tempo em Portugal, verifica-se também que os custos com manutenção dos sistemas de geração de energia fotovoltaica também são menores no país europeu.

Sobre os cenários apresentados no estudo de caso, verifica-se no cenário 1, quando o excedente de energia anual possui balanço negativo, o custo total da operação em 25 anos é 7% mais barato em Portugal do que no Brasil. No cenário 2 onde o excedente de energia anual apresenta saldo positivo, o gasto total para o período de 25 anos é 40% mais barato em Portugal do que no Brasil.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que, o trabalho depois de analisar as legislações do Brasil e de Portugal, e ainda realizar estudos com simulações de cenários diferentes qual levaram resultados excepcionais.

Estes resultados demonstraram que, em Portugal, quanto mais se investe em geração de energia, com nível acima do autoconsumo e estando dentro do limite da legislação (até 1 MW), o produtor terá maior retorno de investimento. No Brasil, mesmo com o limite do nível de microgeração ser maior (até 5 MW), o retorno do investimento ainda é menor, devido ao alto custo de implantação e manutenção, e principalmente pelo fato de que a energia produzida em excesso não se reverter em retorno financeiro ao produtor.

Para poder se destacar no mercado de micro e minigeração de energia, o Brasil necessita aplicar políticas incentivadoras, tais quais Portugal utilizou. Desta forma, o ganho será mútuo, com o desenvolvimento do país, benefícios dos produtores e também apoio as atitudes sustentáveis para com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALONSO, MARAFÃO, GONÇALVES, PAREDES, MARTINS, BRANDÃO. **PV Microgeneration Perspective in Brazil**. Ninth Annual IEEE, 2017

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Resolução Normativa Nº 482. Diário Oficial da União

_____ **Resolução Normativa nº 687, de 17 de abril de 2015**. Resolução Normativa Nº 687. Diário Oficial da União

_____ **Resolução Normativa nº 786, de 17 de abril de 2017**. Resolução Normativa Nº 786. Diário Oficial da União

BARBOSA, V. **6 tendências verdes pelo mundo**. Revista Exame. Editora Abril. 05/06/2011. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/6-projetos-verdes-inovadores-pelo-mundo>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

BARBOSA, E.; SILVA, D.; MELO, R. **Sistema fotovoltaico conectados à rede com baterias**: sistema UFPEBrasil. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Argentina, v.11, 2007.

BERTOLI, G. de C. **Sistemas Fotovoltaicos de Geração de Energia: Comparação de Desempenho entre um Sistema com Rastreamento Solar e um Sistema Estático**. Baurú: UNESP/Faculdade de Engenharia, 2012.

BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

BRANDÃO, R. F. M. **Centrais Fotovoltaicas para a Microprodução**. Neutro à Terra, Porto, v. 4, n. 2, p.33-39, out. 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.22/3665>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2012 – Ano base 2011: Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

EXAME/SUSTENTABILIDADE. **Espírito Santo terá primeiro bairro sustentável**. Artigo 2011. Disponível em: http://sustentabilidades.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=325:espírito-santo-tera-primeiro-bairro-sustentavel-&catid=3:noticias&Itemid=84 Acesso em: 28 fev. 2017.

FIALHO, J; PINTO, P; GOMES, A. L. **Photovoltaic System for self-consumption – an economic viability study**. Funchal, Portugal. Energy and Sustainability in Small Developing Economies (ES2DE). DOI: 10.11.09/ES2DE.2017.8015337, 2017.

GALDINO, M. A. E. *et al.* **O Contexto das Energias Renováveis no Brasil**. Revista da Direng, Rio de Janeiro, p.17-25, 2014+. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2016.

IST, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. **Breve história da energia solar**. Lisboa, Portugal, 2014, âmbito do projecto POCI/CTM/58767/2004. Disponível em <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>. Acesso em: 29 Out 2017

LACOMBE, F. Com um ano de operação, usina solar Tauá supera expectativas, diz MPX. **Jornal da Energia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-1, 29 ago. 2012. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/blogs/gesel-ufrj/index.php?/archives/29368-Com-um-ano-de-operaco,-usina-solar-Taua-supera-expectativas,-diz-MPX.html>. Acesso em: 28 maio 2017.

PEREIRA, M. L.; SOUZA, J. R. B. S, Member, IEEE. **Sistemas de Monitoramento Usados em Microgeração Fotovoltaica: Uma Revisão**. IFCE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, ISSN: 1548-0992, 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>. Acesso em: 19 nov. 2016.

PORTAL ENERGIA. Solar Fotovoltaica de Moura, Amareleja, Portugal. **As 10 maiores usinas solares**. 2010. Disponível em: <http://sustentabilidade.allianz.com.br/energia/?754/As-10-maiores-usinas-solares> Acesso em: 28 fev. 2017.

SOUZA FILHO, J. R. de. **Projeto, construção e levantamento de desempenho de um concentrador solar cilindro parabólico com mecanismo automático de Rastreamento Solar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Natal/RN: UFRGN, 2008.

ZERO. **2016 – Um ano de recordes com consumo de eletricidade em Portugal assegurado em 64% por fontes renováveis**. Janeiro, 2017. Disponível em <https://zero.org/2016-um-ano-de-recordes-com-consumo-de-eletricidade-em-portugal-assegurado-em-64-por-fontes-renovaveis/>. Acesso em 28 out. 2017