

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS**

Susana Trentin

**POTENCIAL DE MICROGERAÇÃO ENERGÉTICA EM
PEQUENAS E MÉDIAS PROPRIEDADES RURAIS
PRODUTORAS DE SOJA NA CIDADE DE MARAU, RS**

**Camargo, RS
2017**

Susana Trentin

**POTENCIAL DE MICROGERAÇÃO ENERGÉTICA EM PEQUENAS E
MÉDIAS PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE SOJA NA CIDADE
DE MARAU, RS**

Monografia apresentada ao curso Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Orientadora: Prof^a. Arq^a Giane de Campos Grigoletti

Camargo, RS
2017

Susana Trentin

**POTENCIAL DE MICROGERAÇÃO ENERGÉTICA EM PEQUENAS E
MÉDIAS PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE SOJA NA CIDADE
DE MARAU, RS**

Monografia apresentada ao curso Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Aprovado em 28 de julho de 2017

**Prof^a. Dra. Giane de Campos Grigoletti (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Prof. Dr. Alexandre Aparecido Buenos (UFSM)

Prof. Dr. Carlos Roberto Cauduro (UFSM)

**Camargo, RS
2017**

RESUMO

POTENCIAL DE MICROGERAÇÃO ENERGÉTICA EM PEQUENAS E MÉDIAS PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE SOJA NA CIDADE DE MARAU, RS

AUTORA: Susana Trentin

ORIENTADORA: Prof^a. Arq^a Giane de Campos Grigoletti

Esta monografia apresenta um estudo de avaliação de potencial de microgeração de energia através de painéis fotovoltaicos em coberturas de pequenas e médias propriedades rurais produtoras de soja do município de Marau, RS. Conta com uma revisão bibliográfica, com conceitos e legislações atuantes sobre o tema, panorama nacional e principais países usuários e produtores de energia solar fotovoltaica, além de apresentação da área de estudo e análise econômica de rentabilidade e viabilidade da instalação do sistema de microgeração de energia visto. São verificadas as formas regulatórias dos sistemas de Microgeração Distribuída de Energia conectadas a rede, com dois mecanismos básicos, o sistema de preços ou *feed-in tariff*, onde a energia gerada é remunerada por uma tarifa prêmio e o sistema de quotas ou *net-metering*, no qual a energia injetada na rede é transformada em créditos para abater o consumo do próprio gerador. Através de medidas de coberturas de propriedades selecionadas, foi feita uma análise do potencial de geração de energia fotovoltaica, além dos custos de investimento e retorno para o produtor. Percebeu-se um elevado potencial de produção de energia, porém com baixo retorno e alto investimento financeiro, quando considerada toda a área passível de instalação do sistema, sendo, portanto, o alto custo e a forma de compensação na modalidade de créditos os maiores entraves para o avanço comercial desta forma de geração de energia.

Palavras-chave: Energia Solar. Painel Fotovoltaico. Microgeração Distribuída.

ABSTRACT

POTENTIAL OF ENERGY MICROGENERATION IN SMALL AND MEDIUM RURAL PROPERTIES OF SOYBEAN FARMERS IN THE CITY OF MARAU, RS.

AUTHOR: Susana Trentin

ADVISOR: Prof^a. Arq^a Giane de Campos Grigoletti

This work presents a study of the evaluation of the potential of microgeneration of energy through photovoltaic panels in cover of small and medium rural properties of soybean farmers in the City of Marau, RS. It has a bibliographical review, concepts and active legislation on the theme, national panorama and main users countries and producers of photovoltaic solar energy, besides that show the study area and economic analysis of profitability and feasibility of the installation of the systems of generation of energy. The regulatory forms of grid-connected distributed energy generation systems are verified, with two basic mechanisms, the price system or *feed-in tariff*, where the energy generated is remunerated by a premium rate and the system of quotas or *net-metering*, in which the energy injected into the grid is transformed into credits to reduce the generator's own consumption. Through measures of coverage of selected properties, an analysis was made of the potential of photovoltaic energy generation, in addition to the costs of investment and return to the producer. Was perceived a potential for energy production was realized, but with low return and high financial investment, when considering all the area that can be installed in the system, and therefore, the high cost and the form of compensation in the credit modality are the larger obstacles to the commercial advance of this form of energy generation.

Keywords: Solar Energy. Photovoltaic Panel. Distributed Microgeneration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Radiação Solar no Plano Inclinado - Média Anual: Brasil/Europa.....	11
Figura 2 – Unidades consumidoras com geração solar fotovoltaica.....	18
Figura 3 – Esquema simplificado de Microgeração de Energia Solar	19
Figura 4 – Normais Climatológicas de Temperatura e Precipitações para a cidade de Marau – RS	26
Figura 5 – Níveis de Insolação na Cidade de Passo Fundo	27
Figura 6 – Geração de Energia da Propriedade de Cobertura Padrão.....	30
Figura 7 – Geração de Energia da Propriedade de Maior Cobertura.....	31
Figura 8 – Geração de Energia da Propriedade de Menor Cobertura.....	32
Figura 9 – Análise Financeira para a Propriedade Padrão.....	33
Figura 10 – Análise Financeira para a maior Propriedade.....	34
Figura 11 – Análise Financeira para a menor Propriedade.....	35
Figura 12 – Equipamentos e Serviços para a Propriedade Padrão.....	35
Figura 13 – Equipamentos e Serviços para a maior Propriedade.....	36
Figura 14 – Equipamentos e Serviços para a menor Propriedade.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Potencial técnico fotovoltaico residencial.....	12
Tabela 2 – Estratificação Fundiária por Grupos de Propriedades.....	25
Tabela 3 – Áreas disponíveis para geração fotovoltaica em cada uma das 23 propriedades selecionadas para o estudo.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
COREDE	Conselho Regional de Desenvolvimento
EMATER/RS-ASCAR	Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural e a Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MME	Ministério de Minas e Energia
OIE	Oferta Interna de Energia
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	10
1.1 – OBJETIVOS.....	13
1.1.1 – Objetivos Gerais	13
1.1.2 – Objetivos Específicos	13
1.2 – ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	13
2 – DESENVOLVIMENTO	14
2.1 – ENERGIA SOLAR NO BRASIL.....	14
2.2 – MICROGERAÇÃO DE ENERGIA DISTRIBUÍDA E REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL.	15
2.3 – MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR.....	18
2.4 – MODELO DE PREDIÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR..	19
2.5 – TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA.....	20
2.6 – ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS.....	20
2.6.1 – Valor Presente Líquido – VPL	21
2.6.2 – Payback Simples (PBS) e Payback Descontado	21
2.6.3 – Taxa Interna de Retorno – TIR	21
2.6.4 – Taxa Econômica do Estudo	22
3 – MÉTODO DE PESQUISA	23
3.1 – MARAU - DADOS GERAIS.....	24
3.1.1 – Marau - Caracterização Climática	25
3.2 – POTENCIAL PARA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA.....	27
3.3 – ANÁLISE FINANCEIRA.....	28
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1 – LEVANTAMENTO DE ÁREA E ESTUDOS DE CASO.....	29
5 – CONCLUSÃO	38
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1- INTRODUÇÃO

A energia solar para produção de eletricidade tem grande potencial no Brasil, pois o país conta com altos índices de irradiação no seu território, com níveis superiores aos dos países que atualmente são líderes no segmento, como a Alemanha, França e Espanha (NASCIMENTO, 2017). Por ser uma energia mais limpa e renovável do que as convencionais, a energia solar é uma das formas de geração que deve se expandir na matriz energética brasileira.

A falta de conhecimento dos sistemas de energia solar, os baixos incentivos governamentais e os custos ainda relativamente altos são os principais obstáculos para a produção em grande escala desta forma de energia (SILVA, 2017).

No ano de 2015, com o Acordo de Paris, na COP 21¹, a preocupação com a geração de energia por fontes renováveis tornou-se ainda maior. O Brasil assumiu compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa, em 2025 e 2030, respectivamente em 37% e 43% em relação aos níveis de 2005 (NASCIMENTO, 2017).

Nascimento (2017), explica que:

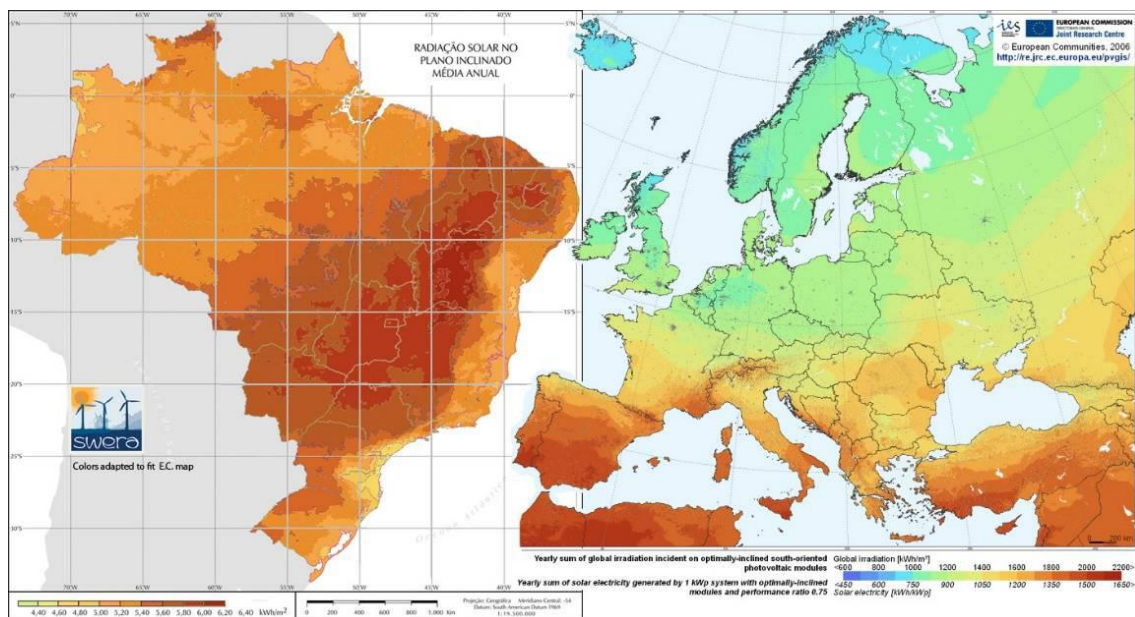
Embora o Brasil possua uma das matrizes mais renováveis do mundo, com aproximadamente 75% de fontes renováveis na oferta de energia elétrica, alcançar as metas firmadas se constitui grande desafio. Conforme EPE (2016), será necessário expandir o uso de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) para ao menos 23% até 2030, principalmente pelo aumento da participação das fontes solar, eólica e biomassa. (NASCIMENTO, 2017).

O Brasil possui um grande potencial de radiação solar para geração de energia. A Figura 1 traz um mapa que faz comparação dos potenciais de geração de energia fotovoltaica do Brasil e da Europa. Segundo o Portal Solar

¹ Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), sua 21ª edição, realizou-se de 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015 em Paris, França (ONU BR, 2015)

(2017), a Europa possui instalados 88 GWp⁽²⁾ de energia fotovoltaica, enquanto o Brasil ainda está em menos de 1GWp na modalidade de geração distribuída. Considerando-se o potencial de geração dos dois territórios (Brasil e Europa), é incompreensível que o Brasil ainda não explore em toda a sua potencialidade esse tipo de energia.

Figura 1 - Radiação Solar no Plano Inclinado - Média Anual: Brasil/Europa



Fonte: (Portal Solar, 2017).

A Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2014), identificou por estados o potencial para geração distribuída por meio da instalação de painéis fotovoltaicos em telhados residenciais, além de obter a sua relação com o consumo residencial de eletricidade, apresentados na Tabela 1.

² Watt (W) é uma medida de potência energética. Já watt-pico (Wp) é uma medida de potência energética associada, em geral, às células fotovoltaicas. No caso da energia solar gerada por essas células, as condições de produção de energia elétrica dependem bastante de fatores externos à célula. Por isso, o valor da potência dado em Wp é um valor obtido em condições ideais específicas. Para as demais fontes de energia, utiliza-se apenas W (Silva, 2015)

Tabela 1 - Potencial técnico fotovoltaico residencial

UF	Potencial Fotovoltaico Residencial (MW médios)	Potencial Fotovoltaico Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	Potencial Fotovoltaico/ Consumo Residencial
São Paulo	7.100	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	2.360	20.674	6.144	337%
Rio Grande do Sul	1.970	17.257	7.750	223%
Paraná	1.960	17.170	6.986	246%
Ceará	1.430	12.527	3.751	334%
Pernambuco	1.410	12.352	4.563	271%
Goiás	1.220	10.687	3.958	270%
Santa Catarina	1.075	9.417	4.935	191%
Maranhão	1.020	8.935	2.563	349%
Pará	1.020	8.935	2.632	339%
Paraíba	655	5.738	1.603	358%
Espírito Santo	595	5.212	2.213	236%
Mato Grosso	570	4.993	2.182	229%
Rio Grande do Norte	555	4.862	1.805	269%
Piauí	555	4.862	1.328	366%
Mato Grosso do Sul	505	4.424	1.571	282%
Alagoas	505	4.424	1.227	361%
Amazonas	420	3.679	1.784	206%
Distrito Federal	410	3.592	2.191	164%
Sergipe	350	3.066	979	313%
Rondônia	265	2.321	1.084	214%
Tocantins	255	2.234	695	321%
Acre	110	964	373	258%
Amapá	80	701	500	140%
Roraima	65	569	345	165%
BRASIL	32.820	287.505	124.896	230%

Fonte: (EPE, 2014)

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

A partir dos dados apresentados, o objetivo deste estudo é analisar o potencial de microgeração energética através de placas fotovoltaicas, em coberturas de propriedades rurais produtoras de soja na cidade de Marau, Rio Grande do Sul, com função de trazer autossuficiência em produção de energia. Esta autossuficiência energética garantiria o abastecimento para o consumo residencial familiar dos produtores envolvidos.

Busca-se também fazer uma análise econômica do tempo de retorno do investimento inicial com o intuito de mostrar a viabilidade e rentabilidade ou não do sistema de geração de energia proposto.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar qual é o potencial energético para produção de energia fotovoltaica, disponível em telhados de pequenas e médias propriedades rurais produtoras de soja, na cidade de Marau, RS.

Como a legislação nacional interfere na comercialização do excedente de produção e expansão da modalidade de microgeração de energia.

1.2 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Este trabalho é composto por uma introdução, que fala de forma geral sobre o assunto de Energia Solar e o seu potencial de expansão, apresentando-se um panorama nacional do setor de geração de energia solar. Segue com o desenvolvimento que traz números do setor energético no Brasil e no mundo, com um apanhado geral sobre as legislações regulatórias vigentes no país, conceitos e definições referentes à energia solar.

Apresenta-se a seguir, o local do estudo, método usado e, por fim, resultados e conclusões.

2- DESENVOLVIMENTO

Este capítulo aborda os temas de energia solar no Brasil, com comparações e análises gerais de outros países que contam com esta tecnologia mais disseminada e desenvolvida. Além disso, se observa as projeções de desempenho no país para os próximos anos, as formas de geração e distribuição regulamentadas atualmente e os incentivos governamentais concedidos para os usuários e produtores.

Também, de forma breve, é apresentado o funcionamento da microgeração de energia solar, exemplificando o processo de geração e consumo.

2.1 ENERGIA SOLAR NO BRASIL

No Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) com dados de 2015 (BEN, 2016), do total da Oferta Interna de Energia (OIE), 58,8% provêm de fontes não renováveis e 41,2% de renováveis, o que faz com que a Matriz Energética Brasileira tenha um dos mais elevados índices de participação de renováveis do mundo. No ano de 2013, a média mundial da participação das renováveis foi de 13,5%, enquanto que no Brasil foi de 40,4%.

A energia foi consumida da seguinte forma: 32,5% nas Indústrias, 32,2% em transportes, 10,7% no setor energético, 9,6% em residências, 4,4% na agropecuária, 4,8% em serviços e 5,8% em uso não energético (BEN, 2016).

Os Sistemas de Micro e Mini Geração Distribuída de energia elétrica, vem crescendo nos últimos anos, incentivados por recentes ações regulatórias, que estabelecem, por exemplo, a possibilidade de compensação da energia excedente produzida. “Em 2015, a geração distribuída atingiu 34,9 GWh com uma potência instalada de 16,5 MW, com destaque para a fonte solar fotovoltaica, com 20,0 GWh e 13,3 MW de geração e potência instalada respectivamente.” (BEN, 2016).

A produção de eletricidade utilizando a energia do sol, através da geração fotovoltaica é realizada no mundo todo e considerada promissora, principalmente devido ao seu apelo de aspecto limpo e sustentável (PORTAL SOLAR, 2017).

Segundo Nascimento (2017), a capacidade de geração de energia solar fotovoltaica cresceu significativamente desde 2003 e apenas em 2015, foram implementados, no mundo, cerca de 50 GW de capacidade instalada de geração, um aumento de 25% em relação a 2014.

Nestes últimos anos, houve uma grande expansão de geração fotovoltaica nos países Asiáticos. Em 2015, a China passou a liderar a capacidade total instalada de energia solar fotovoltaica, com 43,5 GWp de potência fotovoltaica, seguida pela Alemanha com 39,7 GWp, Japão com 34,4 GWp, EUA com 25,6 GWp e Itália com 18,9 GWp (Nascimento, 2017).

A geração fotovoltaica é uma tecnologia que permite, por meio da incidência da luz solar sobre painéis fotovoltaicos, dotados de células fotovoltaicas, normalmente feitas de silício ou outro material semicondutor à base de silício cristalino, produzir eletricidade (CPFL, 2017).

Quando a luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica, os elétrons do material semicondutor são postos em movimento, gerando eletricidade (PORTAL SOLAR, 2017).

A partir de dados do Ministério de Minas e Energia, o Brasil deverá estar entre os 20 países com maior geração de energia solar em 2018, considerando-se a potência já contratada e a escala da expansão dos demais países (MME). Segundo o Portal Brasil (2016), o setor passará por grande expansão nos próximos anos.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2024) estima que a capacidade instalada de geração solar chegue a 8.300 MW em 2024, sendo 7.000 MW geração descentralizada e 1.300 MW distribuída. A proporção de geração solar deve chegar a 1% do total. Estudos para o planejamento do setor elétrico em 2050 estimam que 18% dos domicílios no Brasil contarão com geração fotovoltaica (8,6 TWh), ou 13% da demanda total de eletricidade residencial. (PORTAL BRASIL, 2016).

2.2 MICROGERAÇÃO DE ENERGIA DISTRIBUÍDA E REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, considera-se microgeração de energia distribuída toda e qualquer central de geração de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, ou fonte renovável de

energia elétrica conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, conforme Resolução Normativa nº 687 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2015).

Conforme o Portal Solar (2017):

A Microgeração de Energia Distribuída é caracterizada por uma central geradora de energia elétrica conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes de energia renovável, conforme regulamentação 482/12 da ANEEL. (PORTAL SOLAR, 2017).

Segundo Nascimento (2017), os países que mais desenvolveram a energia solar fotovoltaica contaram com políticas de incentivo a essa tecnologia, seja para a fabricação ou importação de equipamentos, ou para o financiamento da compra de painéis, com modelos regulatórios de comercialização da energia elétrica gerada.

O Ministério das Minas e Energia (MME, 2009) ressalta dois mecanismos regulatórios básicos de incentivos: o sistema de preços e o sistema de quotas. Nascimento (2017) explica que:

O sistema de preços consiste na definição de um valor pago ao dono do gerador de energia solar fotovoltaica ao longo de um período geralmente igual ou superior a vinte anos. No sistema mais utilizado, estabelece-se uma tarifa prêmio (*feed-in tariff*), no qual toda a energia produzida e injetada na rede é remunerada pela tarifa prêmio. A *feed-in tariff* é estabelecida de forma a garantir uma taxa interna de retorno (TIR) atrativa para os investidores. Há um outro tipo de sistema similar ao sistema de preços chamado *net-metering*, em que a energia gerada e injetada na rede, ao invés de ser remunerada por uma tarifa prêmio, é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade. O sistema de *net-metering* é utilizado no Brasil desde 2012 para unidades consumidoras com geração distribuída. (NASCIMENTO, 2017, p.11).

A regulamentação de 2012 da ANEEL para Microgeração de Energia, expressa na Resolução Normativa Nº 482 (ANEEL, 2012), continha vários entraves para o crescimento desta forma de geração de energia. Em 2015, com o objetivo de reduzir os custos e tempo para a conexão, compatibilizar o

sistema de compensação de energia elétrica com condições gerais de fornecimento, aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura, a ANEEL publicou a Resolução Normativa Nº 687 que revisou a Resolução Normativa Nº 482 (ANEEL, 2017). A partir destes avanços na legislação, o sistema passou a se difundir mais pelo país (NASCIMENTO, 2017).

As novas regras começaram a valer em 1º de março de 2016, e permitiram o uso de qualquer fonte renovável conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Conforme a ANEEL (2017):

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”. Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores. (ANEEL, 2017).

A ANEEL também estabeleceu regras que simplificam o processo em relação aos procedimentos necessários para a microgeração ou minigeração distribuída conectada à rede da distribuidora. Foram instituídos formulários padronizados para realização da solicitação de acesso, pelo consumidor. O prazo para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW foi reduzido para 34 dias (ANEEL, 2017).

A partir da Resolução Normativa nº 482 (2012), a geração distribuída de energia solar fotovoltaica começou de fato a avançar no País, com um significativo aumento do número de unidades consumidoras com painéis fotovoltaicos a partir de 2014, a Figura 2 apresenta esta evolução. Hoje são 9.697 unidades que utilizam os créditos de geração compartilhada e múltiplas unidades (NASCIMENTO, 2017).

Figura 2 - Unidades consumidoras com geração solar fotovoltaica



Fonte: (Nascimento, 2017)

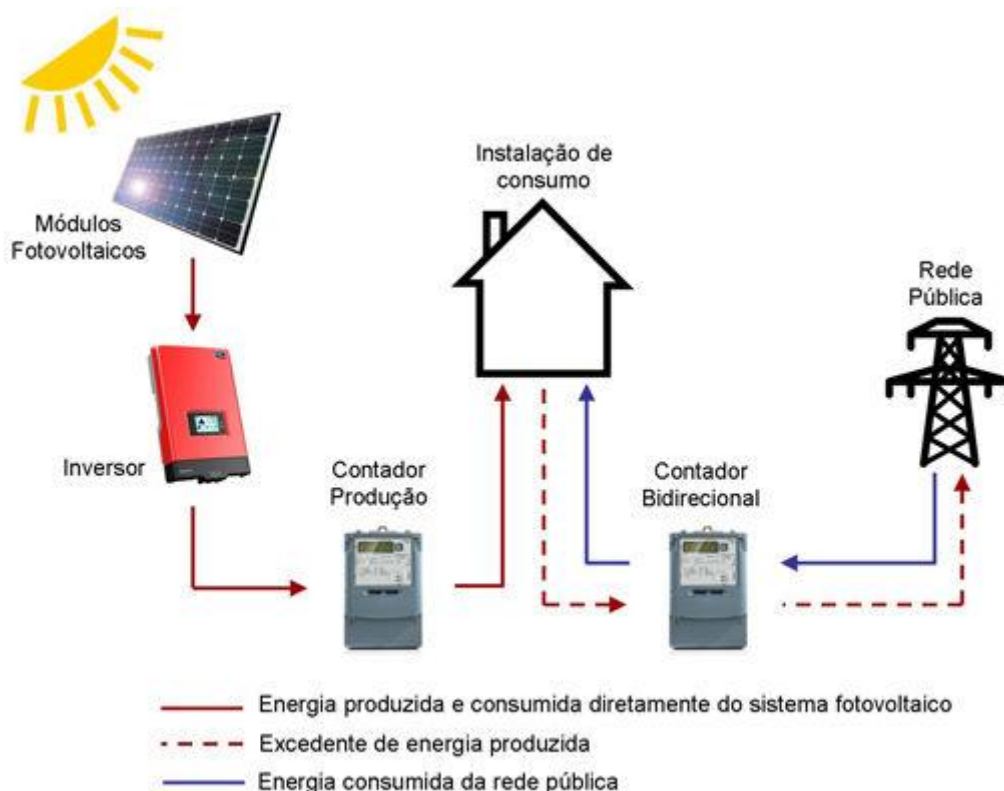
Mesmo com o aumento, apenas 0,01% das unidades consumidoras, ou uma a cada dez mil, possuem painéis fotovoltaicos instalados. Isso mostra como ainda é pequeno o aproveitamento do potencial brasileiro para esta fonte de geração de energia (NASCIMENTO, 2017).

2.3 MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

A microgeração de energia solar, de forma simplificada, se dá pela incidência de luz em painéis solares. A luz é absorvida e convertida em energia elétrica em corrente contínua (CC). O inversor capta a corrente contínua e a transforma em corrente alternada (CA), que passa pelo quadro de distribuição de energia, podendo assim, ser consumida pelos equipamentos elétricos (PORTAL SOLAR, 2017).

Conforme regulamentação da ANEEL de 2016, o excedente de energia gerada é injetado na rede de distribuição, gerando créditos que podem ser consumidos em outra unidade consumidora ou em até 60 dias pela unidade geradora. Um medidor bidirecional computa a energia entregue e consumida pela rede e a concessionária abate automaticamente o valor da conta de energia da edificação em que o gerador está instalado. A Figura 3 apresenta um fluxograma desse processo.

Figura 3 - Esquema simplificado de Microgeração de Energia Solar



Fonte: (Solar Connect, 2017)

2.4 MODELO DE PREDIÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR

Para se implementar um sistema de geração fotovoltaico, deve-se obter informações sobre os dados de irradiação solar da localidade a receber o sistema, realizando uma análise rigorosa, a fim de se garantir a disponibilidade energética (UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2013).

A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25% (ANEEL, 2003).

O processo de instalação do sistema fotovoltaico, consiste em estudo do local a fim de se escolher a área mais apropriada para o sistema. Deve analisar dados como orientação solar, inclinação, área disponível, sombreamento e consumo de energia. Em seguida, se faz a seleção dos módulos fotovoltaicos em função do tipo de material que constitui as células, ou seja, células de silício monocristalino, policristalino ou de filme fino. As especificações técnicas do fabricante do módulo selecionado determinam as etapas seguintes de

dimensionamento do sistema. Por último, deverá ser determinado o número máximo de módulos que podem ser instalados na área disponível. Este número permitirá estimar de forma aproximada a potência total que é possível instalar na área que se tem ao dispor (CARNEIRO, 2009).

2.5 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Nas últimas décadas, houve avanços no desenvolvimento de materiais que permitiram o aumento da eficiência dos painéis fotovoltaicos, com a diminuição de custos, tornando a tecnologia mais acessível (ALVES, 2008).

Existem várias tecnologias fotovoltaicas baseadas em diferentes elementos, entre as quais se destacam as células solares de silício cristalino, silício policristalino e o silício amorfo hidrogenado (MARINOSKI, 2004).

As células fotovoltaicas são dispositivos construídos a partir de materiais semicondutores que produzem eletricidade, são encontradas em diferentes tamanhos e formatos e, comumente conectadas para formar os módulos fotovoltaicos, que, por sua vez, podem ser combinados para formarem painéis, que podem ter diferentes tamanhos e potências (ALVES, 2008).

O silício tem sido explorado sob diversas formas: monocristalino (mono-Si), policristalino (poly-Si) e amorfo (a-Si) e impera no ranking dos materiais utilizados na Indústria Fotovoltaica. As principais diferenças entre os materiais são a eficiência na absorção da luz e na conversão da energia luminosa em eletricidade, a tecnologia de fabricação e o custo de produção, tendo cada um suas vantagens e desvantagens (ALVES, 2008).

A tecnologia de filmes finos, onde o silício amorfo se enquadra, vem sendo muito utilizada, principalmente na integração com o entorno construído, apresentando diversidade de modelos, com painéis flexíveis, semitransparentes, ou com superfícies curvas, que podem substituir elementos de revestimento na edificação (MARINOSKI, 2004).

2.6 ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS

A conservação de energia elétrica proporciona ao cliente uma redução do custo com esse insumo. Uma tomada de decisão por caminhos alternativos deve consistir na escolha de opções mais interessantes do ponto de vista econômico. A principal ferramenta para se decidir por um investimento é a

análise econômica, que permite comparar soluções tecnicamente diferentes. A matemática financeira trata da relação entre o dinheiro (valores monetários) e o tempo (ELEKTRO, 2014).

Os critérios para tomada de decisão baseados em análise econômica utilizam-se de métodos elementares para análise de investimentos, sendo que os principais e mais usuais são: Valor Presente Líquido (VPL), tempo de retorno de capital (ou *payback*) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Quando comparadas entre si, cada uma dessas técnicas apresenta vantagens e desvantagens, o que exige o conhecimento de suas limitações e de seus pontos positivos (ELETROBRAS, 2008).

2.6.1 Valor Presente Líquido - VPL

Este método avalia um projeto transferindo para o momento presente todas as variações de caixa esperada no período considerado do projeto, descontadas à taxa mínima de atratividade. Seria o transporte para a data zero, de todos os recebimentos e desembolsos esperados, descontados à taxa de juros considerada. Quanto maior for o VPL, mais atrativo será o projeto (ELEKTRO, 2014).

2.6.2 *Payback* Simples (PBS) e *Payback* Descontado

O tempo de retorno de capital, também conhecido por *payback*, é o mais difundido no meio técnico para análises de viabilidade econômica, devido à sua facilidade de aplicação. Pode ser determinado de duas maneiras: o *Payback* Simples (considera-se apenas o custo do investimento e o benefício que este trará, sem considerar o custo de capital, ou seja, as taxas de juros) e o *Payback* Descontado (obtem-se o tempo de retorno considerando as taxas de juros) (ELETROBRAS, 2008).

2.6.3 Taxa Interna de Retorno - TIR

Esta é a taxa de juros para a qual as receitas de um projeto tornam-se iguais aos desembolsos. Isso significa que a TIR é a taxa de juros que torna nulo o Valor Presente Líquido do projeto, ou seja, não existe nem prejuízo, nem lucro. Pode-se ainda entender a TIR como sendo a taxa de remuneração do capital investido em um projeto (ELEKTRO, 2014).

2.6.4 Análise Econômica do Estudo

A análise econômica do estudo se dará pela avaliação do Valor Presente Líquido (VPL) e pelo *Payback* Descontado. O VPL será considerado para analisar a taxa de atratividade do investimento, trazendo uma ideia de validade ou não do investimento. Conjuntamente ao VPL, o *Payback* Descontado deverá ser examinado, pois ele traz o tempo de retorno (em anos) do investimento, considerando o capital inicial e as taxas de juros incidentes sobre ele.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram obtidos dados relativos ao município de Marau, RS, por consulta ao IBGE, Prefeitura Municipal, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural e a Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (EMATER/RS-ASCAR). Foram considerados dados referentes ao clima e aos padrões de áreas das propriedades. Marau pertence ao COREDE³ Produção, estando assim, inclusa em uma região de fortes conexões agroindustriais, a produção de grãos (devido ao clima, condições geográficas e cultura) é bastante elevada, principalmente para a cultura de soja. Desta forma, selecionou-se um grupo de propriedades rurais para estudo onde o critério de escolha das propriedades foi: área entre 50 ha e 100 ha, pois dentro da região em que estão inseridas e pelas dimensões, são grandes para ficar apenas voltadas para a agropecuária, assim, tornam-se produtoras de grãos, onde a maior parte trabalha com a produção de soja.

Por se tratar de pequenas ou médias propriedades, a maior parte delas têm galpões para guardar maquinários e insumos agrícolas, tendo assim, grandes coberturas com potencial de geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos. Desta forma, foram selecionadas para medida e análise, 23 propriedades de um universo de 142 estabelecimentos entre 50 ha e 100 ha (IBGE, 2017), definindo uma amostragem de 16,20% do total das propriedades rurais dessa proporção. A seleção se deu por meio de conhecimento prévio próprio, de produtores que se encaixavam no perfil da pesquisa.

Assim, foram avaliados os potenciais de microgeração em telhados selecionados, instigando a viabilidade de implantação, com estudo de quantidade de produção, custo inicial e viabilidade econômica.

O estudo teve como base pesquisas bibliográficas, medições e simulações. Por meio de medições realizadas com a ferramenta Geolocalização do programa Sketchup (GOOGLE, 2017), se avaliou as

³ Conselho Regional de Desenvolvimento - COREDE é uma iniciativa política do estado do Rio Grande do Sul para o desenvolvimento das diversas regiões e pelas estatísticas econômicas das mesmas, Coordenado pela Fundação de Economia e Estatística, o estado é dividido em 28 COREDES (Wikipedia, 2017).

coberturas dos galpões que compõem a amostra, gerando, a partir disso, áreas de telhados de galpões das propriedades, e, assim, traçando média aritmética simples das áreas obtidas e o potencial energético.

Depois dos dados contabilizados, obteve-se, por meio de parceria com uma empresa de instalação de painéis fotovoltaicos, a capacidade de geração de energia instalada nestas coberturas, custo do investimento e o tempo de retorno.

3.1 MARAU - DADOS GERAIS

Marau é uma cidade localizada ao norte do Estado do Rio Grande do Sul. É um dos municípios que mais cresce no estado. Situada na região do planalto médio, tem uma área de mais de 650 quilômetros quadrados. Colonizada por imigrantes italianos, em 1904, foi transformada em município em 28 de fevereiro de 1955 (IBGE, 2017).

A população estimada em 2016 era de 40.629 habitantes (IBGE, 2017) e, segundo dados da Prefeitura Municipal de Marau (MARAU, 2017), as empresas instaladas no município atendem aos mais diversos setores da economia, como alimentos, couros, equipamentos para avicultura e suinocultura, metalomecânico e o setor da construção civil. Marau possui cerca de 2.600 famílias que vivem da agricultura familiar através da produção de grãos, leite, aves e suínos (MARAU, 2017).

O último Censo agropecuário foi realizado no ano de 2006 e, segundo ele, a cidade conta com 1.313 unidades de estabelecimentos agropecuários na condição de produtor–proprietário, sendo que, destes, 1.228 unidades utilizam as terras com lavouras temporárias (plantio de culturas de curta duração) e 937 unidades produzem soja em grão (IBGE, 2017).

Segundo dados da Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural e a Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (EMATER/RS-ASCAR) da cidade de Marau, existem 142 estabelecimentos que têm de 50 ha a 100 ha, sendo estas as propriedades que serão foco deste estudo. A partir disso, foi selecionado esse grupo de propriedades (50 ha a 100 ha), pois, dentro do universo total, propriedades menores podem ter sua renda e ocupação de solo em outras formas que não sejam a produção de soja, enquanto que propriedades maiores são um número

de amostras muito pequeno, com maior dificuldade de acesso para a pesquisa. A Tabela 2 traz a estratificação fundiária do município de Marau conforme informações do IBGE (2017), destacando o grupo de propriedades selecionadas para o foco do estudo.

Tabela 2 - Estratificação Fundiária por Grupos de Propriedades

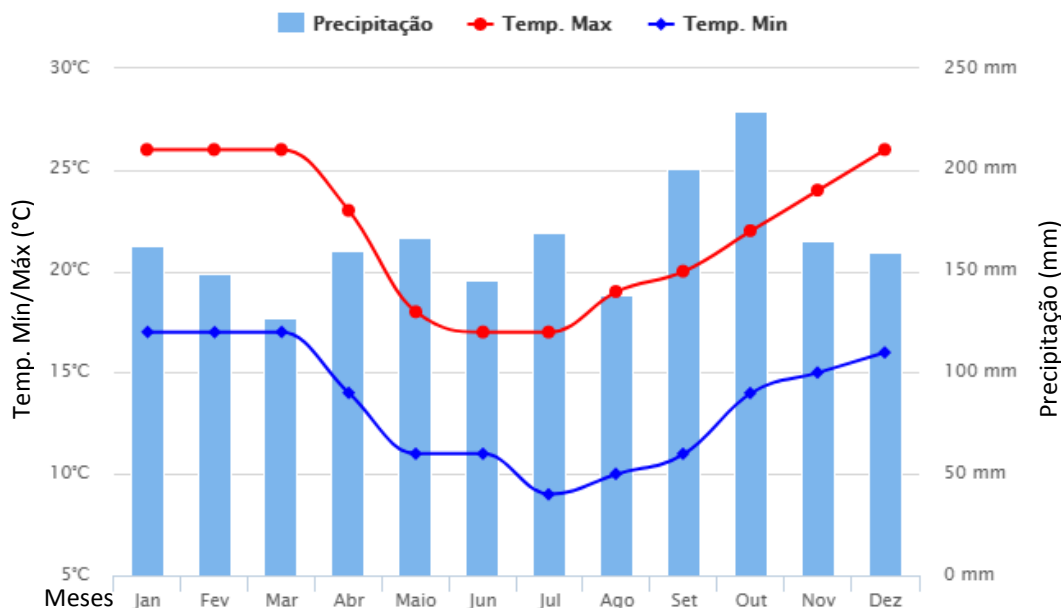
Estratificação Fundiária por Grupos de Estabelecimentos Agropecuários (unidades) (CENSO 2006)													
Até 1 ha	De 1 a menos de 2 ha	De 2 a menos de 3 ha	De 3 a menos de 4 ha	De 4 a menos de 5 ha	De 5 a menos de 10 ha	De 10 a menos de 20 ha	De 20 a menos de 50 ha	De 50 a menos de 100 ha	De 100 a menos de 200 ha	De 200 a menos de 500 ha	De 500 a menos de 1000 ha	De 100 a menos de 1.000 ha	De 1.000 acima
13	50	59	27	19	163	371	451	142	44	21	6	71	3

Fonte: IBGE. (CENSO, 2006)

3.1.1 Marau - Caracterização Climática

O município de Marau localiza-se no Planalto Médio – Região da Produção, a uma latitude 28°26'52" sul e a uma longitude 52°11'14" oeste, estando a uma altitude de 571 metros. O clima é classificado como temperado, sendo que é caracterizado por verão e inverno amenos, atingindo temperatura máxima no entorno dos 39°C e mínima no entorno dos 0,3°C. A temperatura média anual é 17,5 °C. A Figura 4 permite caracterizar o clima e sua variabilidade.

Figura 4 - Normais Climatológicas⁴ de Temperatura e Precipitações para a cidade de Marau - RS

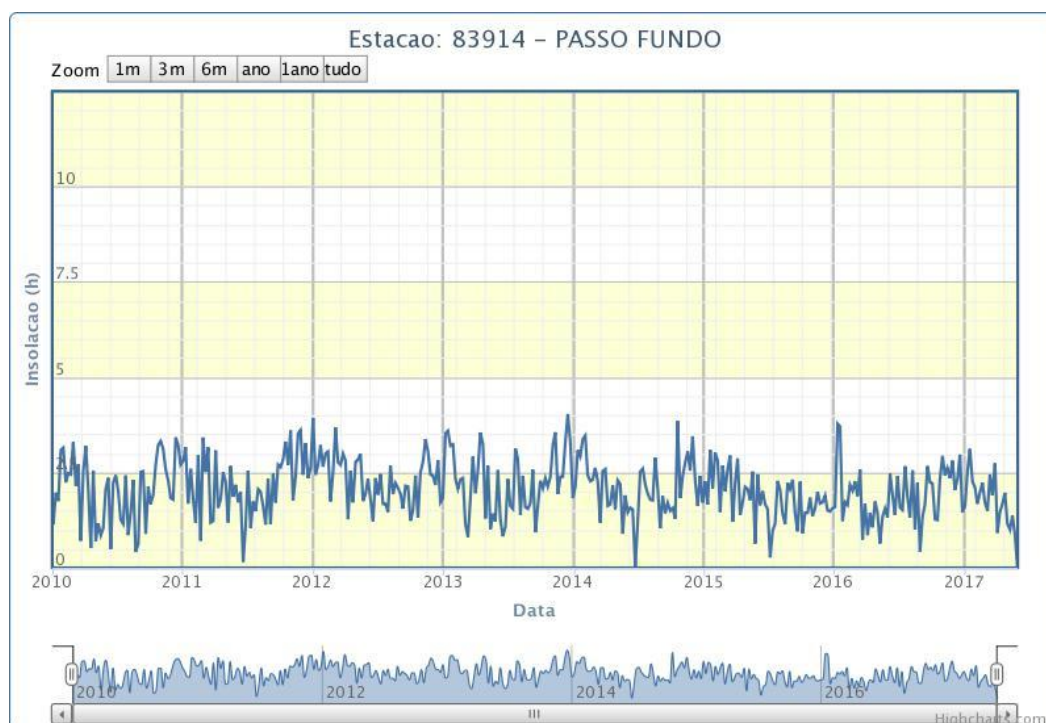


Fonte: (Climatempo, 2017).

O INMET possui um sistema de coleta e distribuição de dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, entre outras variáveis. As cidades com medição são polos estratégicos e têm aplicação em todos os setores da economia, de modo especial no agropecuário e em apoio à Defesa Civil (INMET, 2017). Desta forma, por Marau não possuir medições de informações meteorológicas, os dados da Figura 5 são referentes à cidade vizinha de Passo Fundo, que é um Polo Regional com coleta de dados, as informações são sobre as horas de Insolação incidentes na cidade nos últimos sete anos.

⁴ Os dados apresentados representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias de uma região.

Figura 5 - Níveis de Insolação na Cidade de Passo Fundo.



Fonte: (INMET, 2017)

A média anual de insolação na cidade de Passo Fundo, segundo as normais climatológicas de 1961-1990, são de 2.329,6 horas, uma média diária de 6,38 horas (EMBRAPA, 2017).

3.2 POTENCIAL PARA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA

Os estudos de caso foram analisados em parceria com a empresa EOS Solar – Energias Renováveis, localizada também na cidade de Marau. Foram realizadas simulações de geração de energia, com análise financeira para a propriedade considerada padrão e também, para a maior e a menor propriedade.

A partir dos dados de áreas fornecidos, a empresa usou as medidas de cobertura com a inclinação usualmente utilizada para telhados de fibrocimento (15°) aproveitando, assim, a inclinação existente, foram desconsideradas as estruturas das coberturas, foi considerado que todas teriam capacidade de receber as placas, também foi simulado um gasto genérico de 200kW/h mensais de consumo (consumo referente a uma família com média de quatro pessoas), assim, obteve-se os dados de geração mensal de energia pela área de placas instaladas.

Em todas as três simulações de potencial de geração de energia, foram utilizados apenas 50% das áreas totais de cobertura, pois sabe-se que, em condições normais, geralmente é o percentual que se considera aproveitável pela posição das águas das cobertura e incidência solar sobre elas.

Todos os gráficos e cálculos apresentados nos resultados, para as três áreas de cobertura selecionadas, foram desenvolvidos pela empresa EOS Solar - Energias Renováveis, da cidade de Marau.

3.3 ANÁLISE FINANCEIRA

Juntamente com as análises de geração anual, foram feitas também análises financeiras, com tempo de vida, perda de eficiência das placas com o passar dos anos, valor total do investimento, custo do kWh gerado (impostos), valores de TIR, VPL, *Payback* Simples e *Payback* Descontado.

Para a análise financeira, considerou-se todo o serviço de projeto, instalação, ligação na rede, trâmite com a concessionária e comissionamento do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir estão apresentados os estudos e simulações referentes às propriedades analisadas, com as respectivas considerações e resultados. A partir dessas informações será possível verificar a viabilidade e o potencial de geração de energia do sistema proposto.

4.1 LEVANTAMENTO DE ÁREA E ESTUDOS DE CASO

Através do programa Google SketchUp (GOOGLE, 2017), com o auxílio da ferramenta de Geolocalização, foram localizadas e obtidas as medidas das coberturas de galpões em propriedades rurais selecionadas anteriormente. A Tabela 3 apresenta as propriedades selecionadas com medidas de áreas de cobertura consideradas passíveis de serem usadas para geração fotovoltaica.

Tabela 3 – Áreas disponíveis para geração fotovoltaica em cada uma das 23 propriedades selecionadas para o estudo.

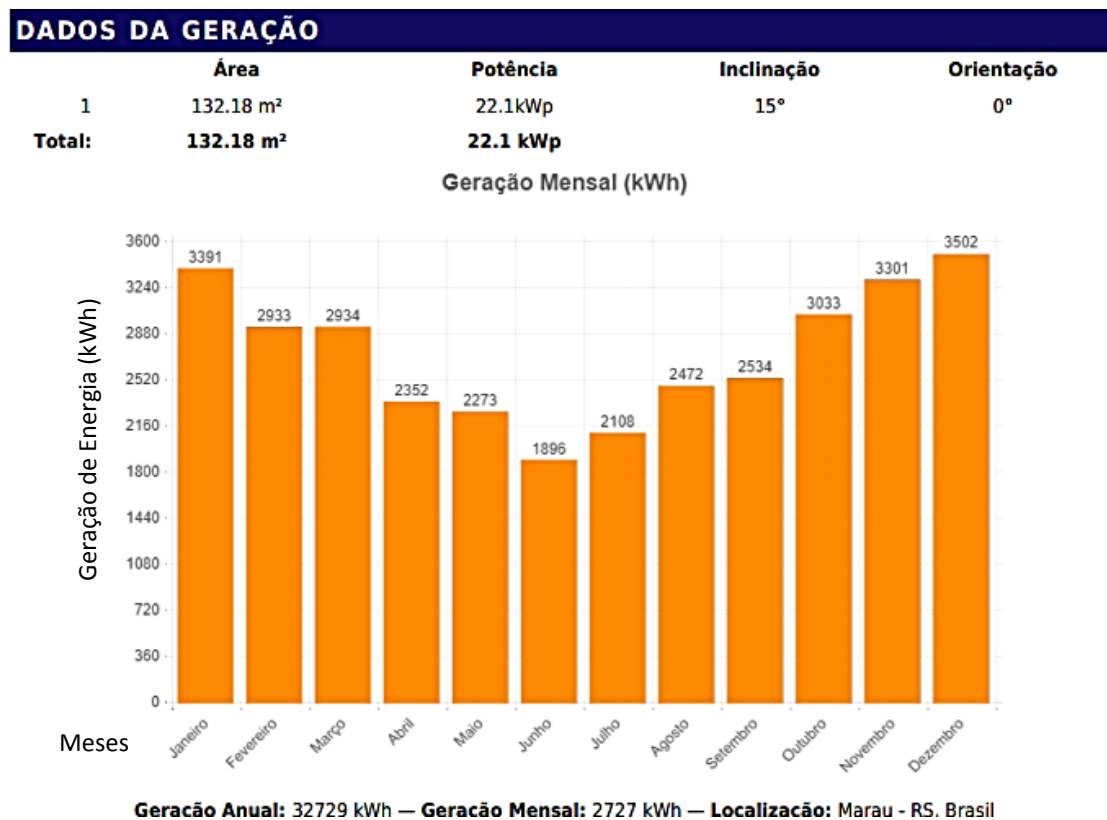
Propriedade	Medida do Galpão (m×m)	Área Total em m ²
01	21,0 x 14,0	294,00
02	13,0 x 13,0	169,00
03	23,0 x 13,0	299,00
04	21,0 x 16,0	336,00
05	19,0 x 18,0	342,00
06	27,0 x 20,0	540,00
07	16,0 x 13,0	208,00
08	15,0 x 14,5	217,50
09	14,0 x 13,0	182,00
10	12,0 x 9,3	111,60
11	8,0 x 7,5	60,00
12	20,0 x 13,0	260,00
13	23,0 x 20,5	471,50
14	13,5 x 12,0	162,00
15	17,0 x 11,0	187,00
16	12,8 x 9,5	121,60
17	26,0 x 12,7	330,20
18	22,0 x 10,0	220,00
19	25,0 x 25,0	625,00
20	18,0 x 11,15	200,70
21	22,5 x 22,5	506,25
22	27,0 x 26,5	715,50
23	24,0 x 20,0	480,00

Fonte: (Autor)

A média de área para o estudo foi obtida a partir do cálculo da média das menores dimensões e da média das maiores dimensões. Esses dois valores, multiplicados, originaram a área considerada média para o grupo estudado. Obteve-se uma média para estudo de 19,12m x 15,00m de cobertura, gerando, dessa forma uma cobertura padrão para a pesquisa.

A cobertura da propriedade considerada padrão, ou seja, de 19,12m x 15,00m, apresentou uma geração mensal média de 2.727kWh, chegando a 32.729kWh anuais, para uma área de cobertura de 132,18m² (aproximadamente 50% da área total do telhado). A geração ficou acima do consumo de 200kWh/mês. A geração pode ser analisada na Figura 6.

Figura 6 - Geração de Energia da Propriedade de Cobertura Padrão.



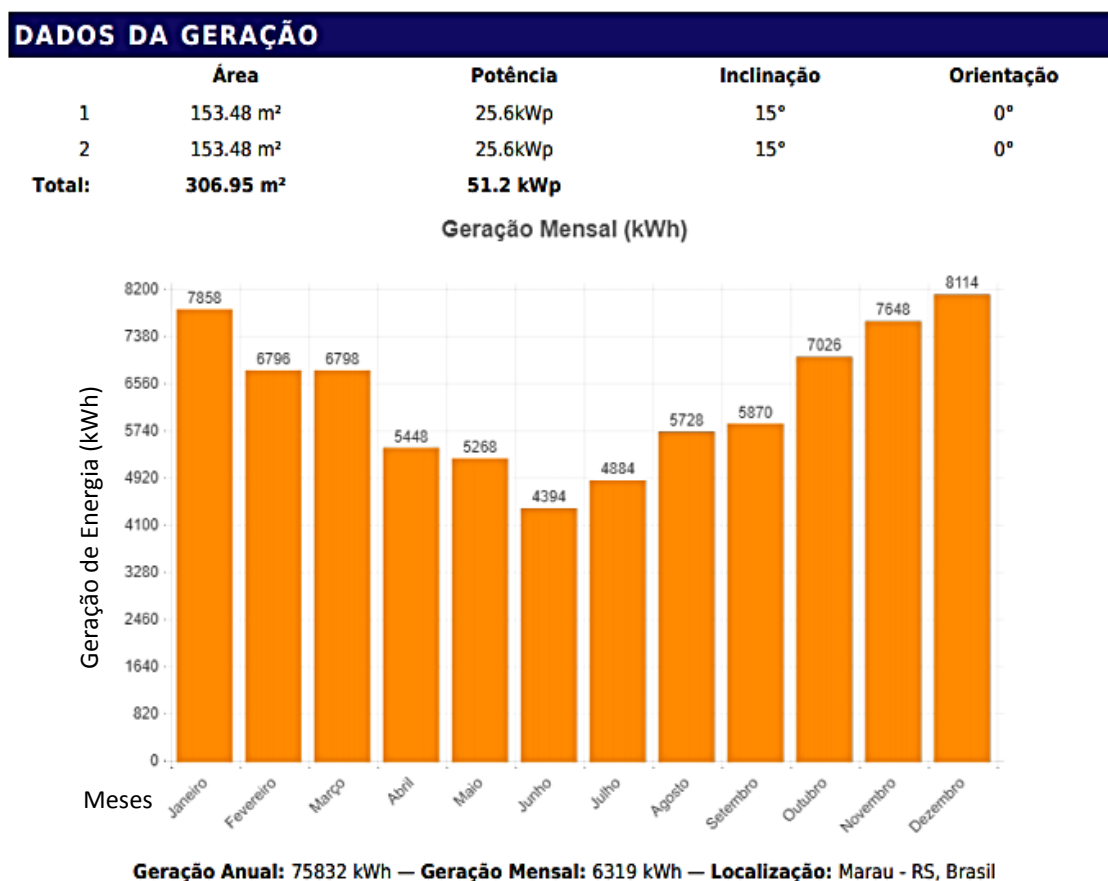
Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Após a análise da propriedade padrão, aplicou-se a mesma simulação para obter o potencial da maior e menor cobertura dos galpões existentes, verificando assim, a partir de quais dimensões o investimento é viável.

Para a maior propriedade, a cobertura do galpão tem medida de 27,00m x 26,50m, contabilizando 715,50 m². A área utilizada para orçamento foi de

306,95m² (aproximadamente 50% da área total). Conforme a Figura 7, a geração mensal seria de 6.319kWh, enquanto que o sistema poderia gerar 75.832kWh anualmente, também muito acima do consumo estimado de 200kWh/mês.

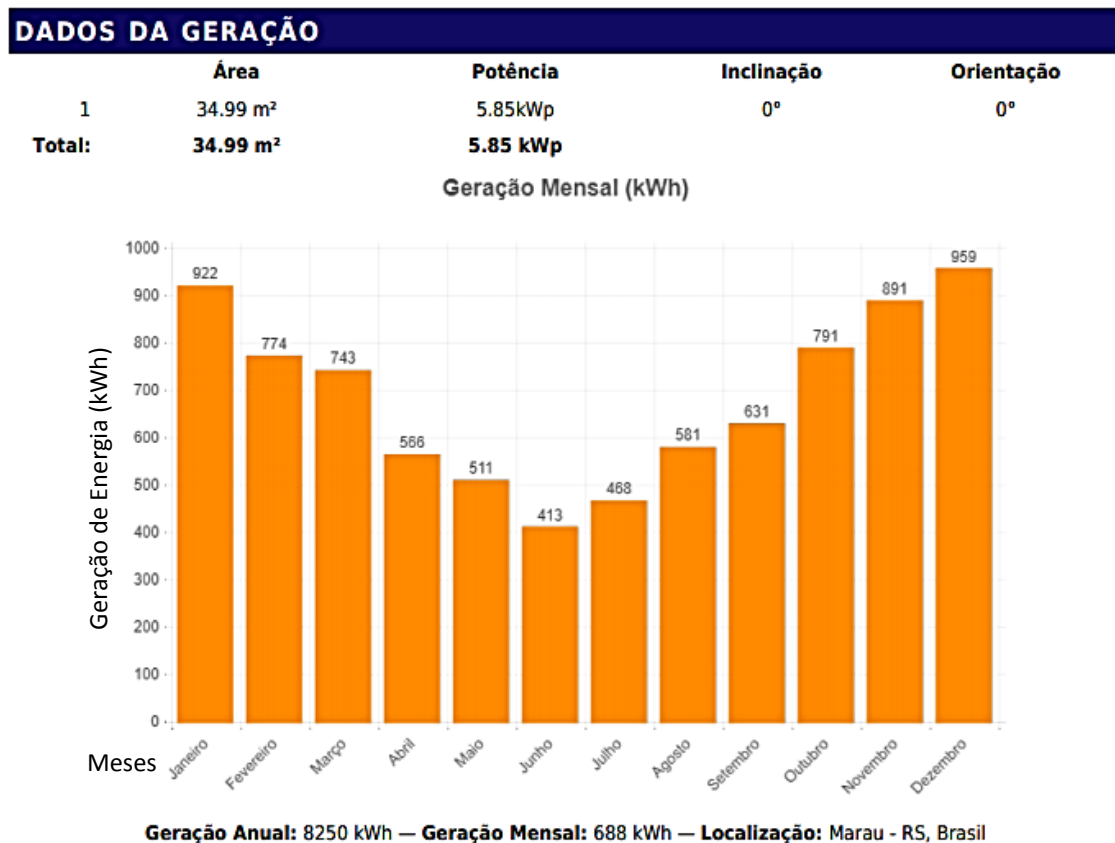
Figura 7 - Geração de Energia da Propriedade de Maior Cobertura.



Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Para a menor propriedade, a cobertura do galpão tem medida de 8,00m x 7,50m, contabilizando 60,00 m². Conforme a Figura 8, a geração mensal seria de 688kWh, enquanto que o sistema poderia gerar 8.250kWh anualmente, sendo esta a cobertura que apresenta uma geração mais próxima do consumo estimado de 200kWh/mês. Esta propriedade poderia utilizar o sistema de compensação de energia e suprir a demanda de outro imóvel, gerando assim, um valor dentro de níveis considerados usuais e adequados para o sistema.

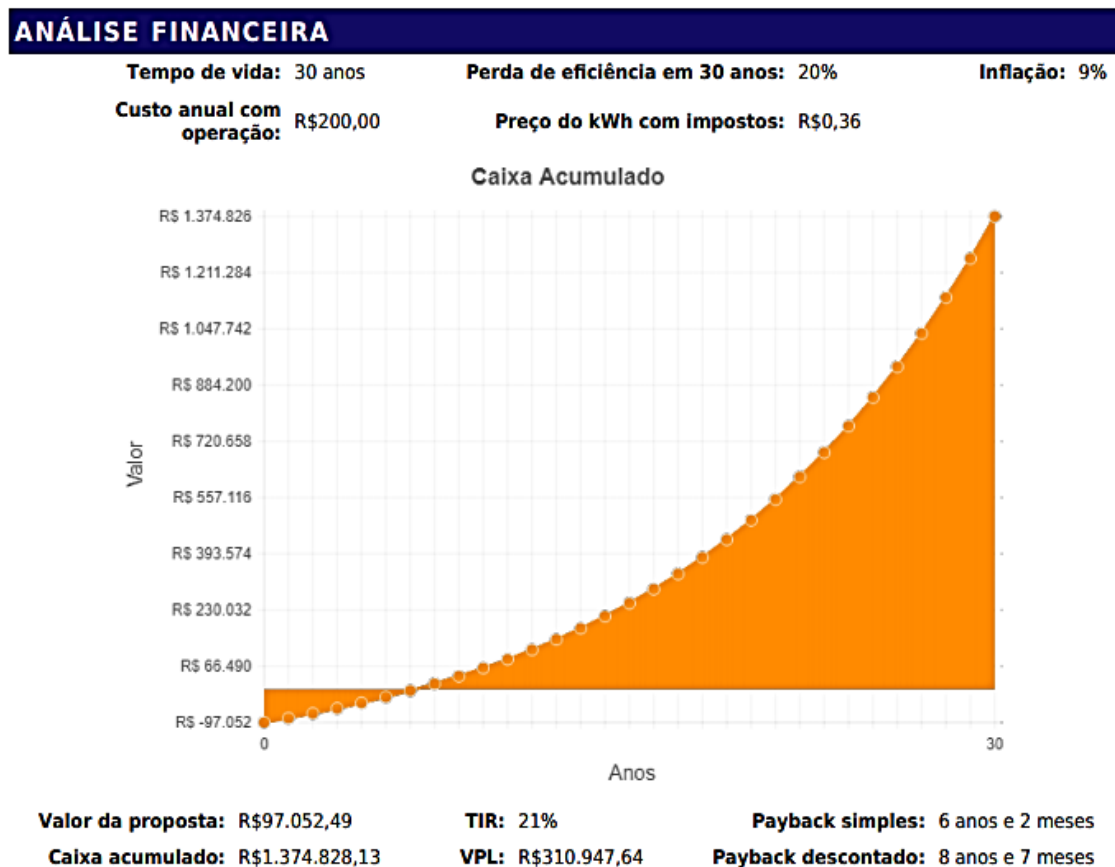
Figura 8 - Geração de Energia da Propriedade de Menor Cobertura.



Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

A propriedade tida como padrão, apresentou, conforme a Figura 9, um investimento estimado em R\$ 97.052,49, com um *Payback* Descontado (tempo de retorno) de 8 anos e 7 meses. A VPL, que analisa a viabilidade, ficou positiva, demonstrando que o investimento é viável se as interferências externas não forem consideradas. Porém, a energia consumida pela unidade produtora, seria apenas uma fração da energia gerada, ocasionado uma grande perda para o produtor, pois esta geração extra se perderia na rede sem nenhum retorno.

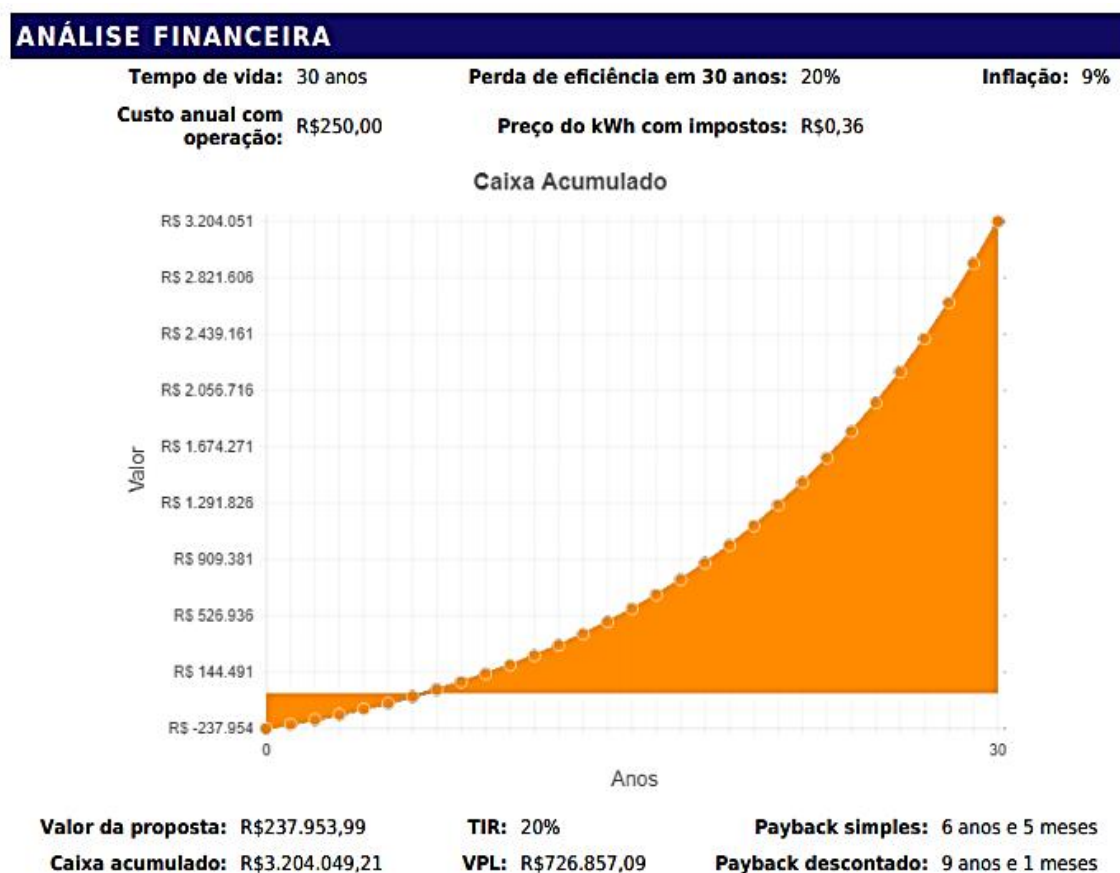
Figura 9 - Análise Financeira para a Propriedade Padrão.



Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Para a maior propriedade, o investimento foi de R\$237.953,99 e obteve um *Payback* Descontado de 9 anos e 1 mês, também apresentou um VPL positivo, indicando que o investimento teria retorno financeiro, porém, novamente, este retorno apenas seria real se o proprietário conseguisse aproveitar toda a energia gerada, como ele não conseguirá usar, mesmo tendo outras propriedades para manter, essa energia seria cedida para rede, apenas gerando um alto custo de investimento para o proprietário. A Figura 10 demonstra a VPL, além de outras análises financeiras usuais, como a TIR, o *Payback* Simples e o *Payback* Descontado, além do valor do investimento.

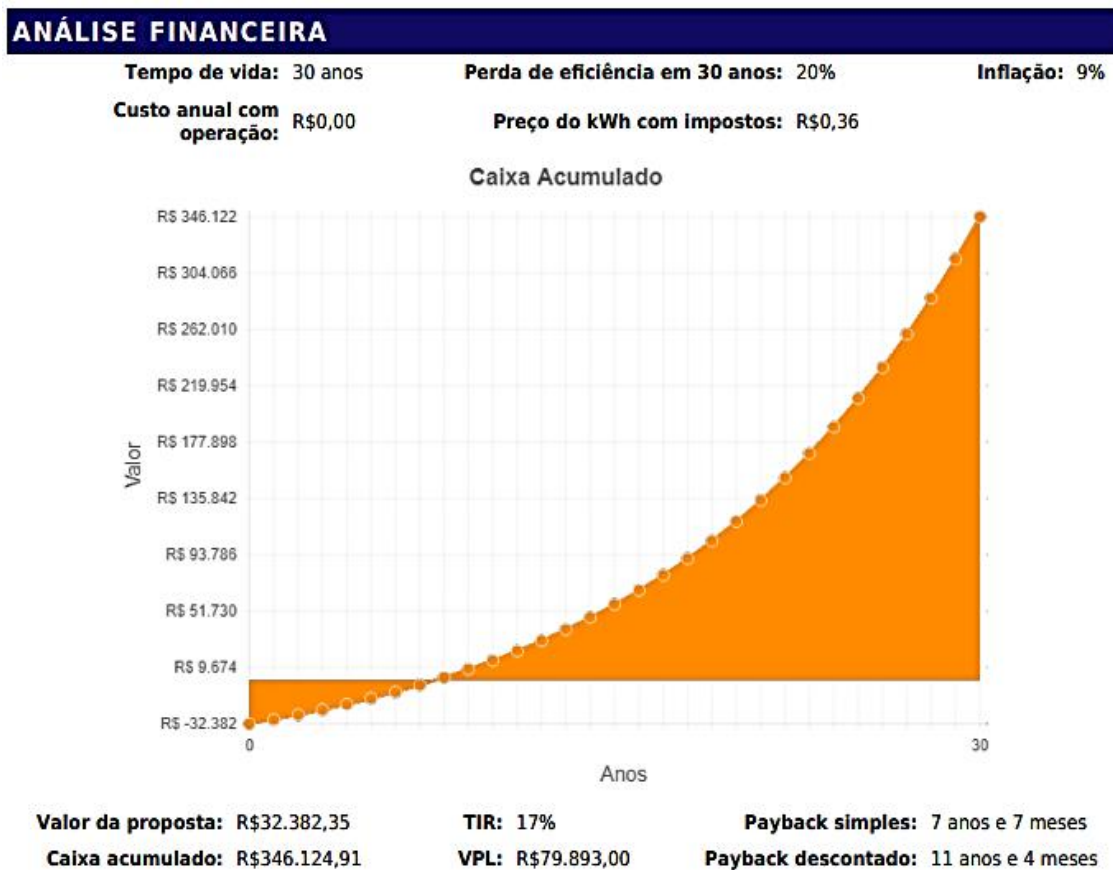
Figura 10 - Análise Financeira para a maior Propriedade.



Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Para a menor propriedade analisada, o investimento ficou em R\$32.382,35, com um *Payback* Descontado de 11 anos e 4 meses. Também apresentou um VPL positivo, indicando que o investimento teria retorno financeiro. O valor de investimento nesta proposta fica mais atrativo e dentro de possibilidades financeiras para a maioria dos produtores. Considerando o consumo padrão de 200kWh/mês utilizado como referência para o estudo, esta cobertura poderia suprir o consumo de outras 2 unidades consumidoras com o mesmo padrão de gasto energético e de mesmo proprietário. A Figura 11 demonstra a VPL, a TIR, o *Payback* Simples e o *Payback* Descontado, além do valor do investimento.

Figura 11 - Análise Financeira para a menor Propriedade.



Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Os equipamentos orçados são importados, as devidas especificações de modelo e quantidade dos itens necessários e os serviços para a instalação podem ser vistos nas Figuras 12, 13 e 14.

Figura 12 – Equipamentos e Serviços para a Propriedade Padrão.

EQUIPAMENTOS E SERVIÇO	
Inversor	Quantidade
Fronius International GmbH / ECO 25.0-3-S	1
Módulo	Quantidade
Canadian Solar Inc. / MaxPower CS6U-325P	68
Item	Quantidade
String Box AC	1
String Box DC	1
Serviço	Preço
Instalação	R\$8.097,49
Projeto	R\$2.679,32
Total de Equipamentos	R\$86.275,68
Total de Serviços	R\$10.776,81
Total	R\$97.052,49

Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Figura 13 - Equipamentos e Serviços para a maior Propriedade.

EQUIPAMENTOS E SERVIÇO	
Inversor	Quantidade
Fronius International GmbH / ECO 25.0-3-S	2
Módulo	Quantidade
Canadian Solar Inc. / MaxPower CS6X-320P	160
Item	Quantidade
String Box AC	2
String Box DC	2
Serviço	Preço
Instalação	R\$16.671,96
Projeto	R\$2.232,85
Total de Equipamentos	R\$219.049,18
Total de Serviços	R\$18.904,81
Total	R\$237.953,99

Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

Figura 14 - Equipamentos e Serviços para a menor Propriedade.

EQUIPAMENTOS E SERVIÇO	
Inversor	Quantidade
Fronius International GmbH / PRIMO 5.0-1	1
Módulo	Quantidade
Canadian Solar Inc. / MaxPower CS6U-325P	18
Item	Quantidade
String Box AC	1
String Box DC	1
Serviço	Preço
Instalação	R\$2.679,33
Projeto	R\$2.232,78
Total de Equipamentos	R\$27.470,24
Total de Serviços	R\$4.912,11
Total	R\$32.382,35

Fonte: (EOS SOLAR, ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2017).

As três coberturas que foram analisadas, apresentaram uma geração muito acima da quantidade de energia necessária para manter a propriedade, onde o valor médio estipulado foi de 200kWh mensais. A geração média mensal para a propriedade de cobertura padrão foi de 2727kWh, ficando 13 vezes acima do consumo mensal. Para a maior cobertura, a geração mensal média foi de 6319kWh, aproximadamente 31 vezes superior que o necessário.

Já para a menor cobertura, a geração média mensal foi de 688kWh, configurando em torno de 3 vezes mais que o consumo.

Desta forma, com a legislação vigente no Brasil, de sistema de *net-metering*, a única propriedade que se tornou atrativa para a instalação do sistema de geração de energia solar para toda a área útil da cobertura, foi a propriedade com menor dimensão de telhado, onde existe a possibilidade de manter a propriedade geradora e ceder créditos para abater o consumo de até outras duas unidades consumidoras com o mesmo consumo e do mesmo titular, situadas em outros locais. O tempo de retorno do investimento é relativamente alto, pois é de aproximadamente 11 anos.

Já a cobertura de medida padrão e a de maior dimensão, se mostraram inviáveis de instalação do sistema de geração de energia por placas fotovoltaicas em toda a dimensão, pois desta forma, gerariam uma quantidade muito maior que o seu próprio consumo, com um alto custo de instalação e baixo retorno para o investimento, seriam boas opções para países com o sistema de *feed-in tariff* vigente, podendo gerar renda e um retorno financeiro em curto prazo para estas propriedades.

A instalação do sistema de placas fotovoltaicas se mostrou com um alto valor de investimento. A propriedade padrão necessitou de um investimento de R\$97.052,49, a maior cobertura teria um custo de R\$237.953,99 e a menor cobertura R\$32.382,35 para a instalação. Este alto custo ainda se deve ao sistema ser relativamente novo no país, com pouca mão de obra especializada e com a maior parte dos equipamentos utilizados sendo de origem estrangeira. Assim, o sistema acaba por não gerar altos níveis de atratividade nos consumidores, pois acarreta um alto investimento inicial e um longo tempo de retorno.

5 CONCLUSÃO

A partir da análise das três coberturas selecionadas de propriedades rurais na cidade de Marau, RS, se obteve os potenciais de microgeração de energia com o sistema de placas fotovoltaicas. O potencial de geração verificado foi muito elevado, porém, os custos de implantação não condizem com um investimento viável pelo baixo consumo apresentado por estas mesmas propriedades. A propriedade padrão teria um investimento no sistema de R\$97.052,49, a maior cobertura um custo de R\$237.953,99 e a menor cobertura R\$32.382,35 para a instalação.

A implantação do sistema em toda a área disponível de cobertura apenas seria viável e interessante economicamente, se o Brasil possuísse um sistema de *feed-in tariff*, com possibilidade de remuneração financeira pela produção disponibilizada para a rede de distribuição, ao invés do atual sistema de *net-metering*, que apenas compensa com o abatimento do consumo de energia elétrica. A maior parte dos países que conseguiram desenvolver essa tecnologia com sucesso usa o sistema *feed-in tariff*, compensando financeiramente os produtores de energia.

O alto investimento ainda é o maior entrave para o avanço comercial desta forma de geração de energia, pois o país conta com ótimas condições ambientais para o uso da energia fotovoltaica. Mesmo com a aprovação de legislações e apoios financeiros governamentais que auxiliaram o início desta forma de produção de energia, o Brasil ainda tem muito que avançar para obter os índices de produção que se pode chegar como um país privilegiado pelos índices de incidência solar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES. Alceu Ferreira, 1964. Desenvolvimento de um sistema de posicionamento automático de painéis fotovoltaicos. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101817/alves_af_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 ago. 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 687 de 24 de novembro de 2015 - Altera a Resolução Normativa N° 482, de 17 de novembro de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas Energia Solar**, 2003. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2017.

BRASIL. **Portal Brasil**. Brasil estará entre os 20 países com maior geração solar em 2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/01/brasil-estara-entre-os-20-paises-com-maior-geracao-solar-em-2018>>. Acesso em 29 abr. 2017.

CARNEIRO, Joaquim. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**. Azurém, 2009. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/dimensionamento-sistemas-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

CLIMATEMPO. **Previsão do tempo - Climatologia**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/1400/marau-rs>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

CPFL. Companhia Paulista de Força e Luz. **Energia Solar**. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/sites-tematicos/energia-solar/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 14 mar. 2017.

ELEKTRO. **Manuais Elektro de Eficiência Energética**. Disponível em: <https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/novo_segmento_industrial_adm_energia-09-06-2014_dupla.pdf>. Acesso em 14 mar. 2017.

ELETROBRÁS. et al. **Análise econômica de investimento: guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2008. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjD9OjD4uXUAhXKIZAKHXisDs4QFgggUMAA&url=htt%3A%2F%2Fstatic-cms-si.s3.amazonaws.com%2Fmedia%2Fuploads%2Fquivos%2FAnalise_econoe>

con.pdf&usg=AFQjCNF64TE7Ai9nJnEDArhU_YhjXTMVtg>. Acesso em 21 jun. 2017.

EMATER. **Emater/RS – Ascar**. Unidade de Marau [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <emmarau@emater.tche.br> em 5 mai. 2017.

EMBRAPA. **Clima de Passo Fundo**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima_de_Passo_Fundo.pdf>. Acesso em 10 jul. 2017.

EOS, Energias Renováveis. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <contato@eosrenovaveis.com> em 29 jun. 2017.

EPE, **Empresa de Pesquisa Energética**. Balanço Energético Nacional, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 14 mar. 2017.

GOOGLE. **Sketchup Versão 2017**. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR/download>>. Acesso em 10 mai. 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades** - Informações Completas - Marau. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431180>>. Acesso em 14 mar. 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas, Passo Fundo. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em 20 jun. 2017.

MARAU, PREFEITURA MUNICIPAL DE. Conheça Marau - **História**. Disponível em: <<http://www.pmmarau.com.br/marau/11/histaoria>>. Acesso em 29 abr. 2017.

MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I.T.; RÜTHER, R. Pré-Dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de Caso do Edifício Sede do CREA-SC. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pr_e_dimensionamento.pdf>. Acesso em 11 ago. 2017.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Consultoria Legislativa. Março de 2017. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_liml.pdf?sequence=1>. Acesso em 20 mai. 2017.

ONU BR. Nações Unidas do Brasil. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/cop21/>>. Acesso em 22 jun. 2017.

PORTAL SOLAR. Energia Solar - **Energia Fotovoltaica**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>>. Acesso em 29 abr. 2017.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em 14 mar. 2017.

SOLARCONNECT. Energias Renováveis. **Unidades de Produção para Autoconsumo**. Disponível em: <<http://solarconnect.pt/pt/ms/ms/solar-fotovoltaico-2460-395-coz/ms-90059945-p-1/>>. Acesso em 09 jun. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Conceitos Iniciais para Dimensionamento Sistema Fotovoltaico em Residências**. Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <http://www.ufjf.br/flavio_gomes/files/2013/05/Projeto-Solar-_Introdu%C3%A7%C3%A3o-a-Engenharia-EI%C3%A9trica.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2017.

WIKIPEDIA. Conselho Regional de Desenvolvimento, 2017. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Conselho_Regional_de_Desenvolvimento>. Acesso em 15 mai. 2017.