
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST¹
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
WESLEY PEREIRA DE OLIVEIRA

TCC:
ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA
RESIDENCIAL

LAGES
2020

¹ Os argumentos e estrutura do TCC estão nos passos metodológicos do livro de metodologia, p.44 a p.53: RODRIGUES, Renato. Gonçalves, José Correa. **Procedimento de metodologia científica**. 9.ed. Lages, SC. PAPERVEST. 2020. Disponível em Material Acadêmico UNIFACVEST, Biblioteca Física UNIFACVEST ou prpe@unifacvest.edu.br.

WESLEY PEREIRA DE OLIVEIRA

**TCC:
ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA
RESIDENCIAL**

Relatório de TCC apresentado ao
Centro Universitário UNIFACVEST,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Prof.(a) Orientador (a):
Franciéli Lima de Sá Biasiolo
Prof.(a) Co-orientador (a):
Silvio Moraes de Oliveira
Coordenador do Curso:
Franciéli Lima de Sá Biasiolo

WESLEY PEREIRA DE OLIVEIRA

TCC:
ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA
RESIDENCIAL

Relatório de TCC apresentado ao
Centro Universitário UNIFACVEST,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Prof.(a) Orientador (a):
Francieli Lima de Sá Biasiolo
Prof.(a) Co-orientador (a):
Silvio Moraes de Oliveira
Coordenador do Curso:
Francieli Lima de Sá Biasiolo

Lages, SC 08 / 07 / 2020 Nota 9,0 Francieli Lima de Sá Biasiolo
(data de aprovação) (assinatura do orientador- assinatura-digital ou scanner)

Francieli Lima de Sá Biasiolo
(coordenador do curso de graduação, nome e assinatura-digital ou scanner)

Artigo apresentado ao Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Wesley Pereira de Oliveira
NOME DO ALUNO

Estudo sobre a Viabilidade Econômica da
Microgeração Fotovoltaica Residencial
TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Eng. Eletricista Francieli Lima de Sá Biasiolo
Titulação e nome do Orientador (a)

Msc. Eng. Eletricista Silvio Moraes de Oliveira
Titulação e nome do Co-orientador (a)

Mx. Eng. Nathielle Waldmirus Branco.
Titulação e nome do Avaliador (a).

Francieli Lima de Sá Biasiolo
Coordenador (a) Prof. (a). Titulação e nome da Coordenador (a).

Lages, 08 de julho de 2020.

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL

Wesley Pereira de Oliveira¹
Francieli Lima de Sá²
Silvio Moraes de Oliveira³

RESUMO

Este artigo aborda o problema da substituição da matriz energética brasileira pelas fontes de energia renováveis não poluidoras, uma vez que as fontes atuais são, em sua maioria, limitadas e com alto potencial de degradação ambiental. Para tanto, apresenta como tema a viabilidade técnica e econômica dos sistemas de geração fotovoltaica de pequeno porte – microgeração, observando seus impactos diretos e indiretos nos custos da energia elétrica para os consumidores, assim como os benefícios ambientais que essas aplicações trarão ao mundo a médio e a longo prazo. Outro ponto abordado é a legislação brasileira que regimenta o setor da geração distribuída (GD) e dá providências para a integração ao sistema dessas novas fontes geradoras. Por meio da análise dos dados dos custos de implantação e retorno do investimento inicial (payback), objetiva apresentar embasamento técnico e econômico ao incentivo da adoção progressiva destes sistemas por parte dos consumidores/produtores residenciais.

Palavras-chave: Energias Renováveis, Viabilidade, Fotovoltaica, Microgeração, Geração Distribuída, Payback.

ABSTRACT

This paper addresses the problem of replacing the Brazilian energy matrix with non-polluting renewable energy sources, since the current sources are, in their majority, limited and with a high potential for environmental degradation. To this end, it presents as a theme the technical and economic feasibility of small-scale photovoltaic generation systems - microgeneration, observing their direct

¹Acadêmico de graduação do curso de Engenharia Elétrica - UNIFACVEST E-mail: wesley_p_o@msn.com

²Dra. Eng. Eletricista, Professora e coordenadora do curso de Engenharia Elétrica UNIFACVEST. E-mail: francilimadesa@gamil.com

³Mestre, Eng. Eletricista, Professor do curso de Engenharia Elétrica – UNIFACVEST E-mail: silviomollveir@gmail.com

and indirect impacts on electricity costs for consumers, as well as the environmental benefits that these applications will bring to the world in the medium term. and in the long run. Another point addressed is the Brazilian legislation that regulates the distributed generation (GD) sector and provides for the integration of these new generating sources into the system. Through the analysis of data on implementation costs and return on initial investment (payback), it aims to present a technical and economic basis for encouraging the progressive adoption of these systems by consumers / residential producers.

Keywords: Renewable Energy, Feasibility, Photovoltaic, Micro-generation, Distributed Generation, Payback.

1 INTRODUÇÃO

“A constante busca pela eficiência energética, devido à limitação de recursos naturais esgotáveis, o aumento da população e do consumo, têm mobilizado boa parte dos estudiosos pelo mundo todo a procurar meios de geração de energia elétrica limpa que não comprometam as condições de vida no planeta. Os pesquisadores brasileiros estão em uma busca incessante por resultados satisfatórios no que tange a produção desse tipo de energia” (GEINTEC– ISSN, 2020).

O crescimento e desenvolvimento das atividades humanas modernas têm esbarrado em um grande problema, a produção de energia elétrica de maneira sustentável. Isso porque dependemos cada vez mais da eletricidade nos processos produtivos que sustentam o modelo de crescimento atual do mundo, além de ser a matéria prima do estilo de vida confortável que sociedade desenvolve progressivamente. A situação tende a se agravar nas próximas décadas face ao esgotamento das fontes de combustíveis fósseis e minerais não renováveis que, em 2018 corresponderam a 81% da matriz energética mundial (IEA, 2019).

De acordo com (IRENA, 2015), o desenvolvimento das fontes renováveis tem sido impressionante nos últimos anos. Dentre todas as fontes, a energia

solar e eólica são aquelas com crescimento mais constante. Por exemplo, em 2000, em todo o mundo, a capacidade instalada dessas duas fontes de energia era de 18.558 MW, sendo a energia solar responsável por apenas 1.225 MW. Em 2014, 550.000 MW já tinham sido instalados em todo mundo de fontes solares e eólicas, com um crescimento total de 2.900%.

O Brasil tem uma localização privilegiada, tendo um intenso recurso solar, bacias hidrográficas com diversidade hidrológica e uma vasta faixa litorânea. Essas características naturais propiciam o aproveitamento das fontes renováveis de energia em quase todas as suas regiões (BRAGA, 2008).

O Brasil é o país que mais recebe irradiação solar em todo o mundo. Por estar localizado próximo à linha do Equador, o país recebe alta incidência de sol durante todo o dia, com pouca variação ao longo das estações do ano, em função das características de translação do planeta. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o país recebe, durante todo o ano, mais de 3 mil horas de brilho do sol, correspondendo a uma incidência solar diária que pode ir de 4.500 a 6.300 Wh/m² em potência de pico (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017; BOREAL SOLAR, 2020).

A Alemanha é o país que mais explora a energia fotovoltaica em todo o mundo, recebe aproximadamente 40% menos luz solar em sua região de maior potencial, em comparação com a incidência brasileira. Mesmo assim, a energia solar ainda é pouco aproveitada no Brasil, correspondendo a pouco mais de 0,02% da matriz energética do país (EPE, 2016).

No atual momento das fontes geradoras de energia elétrica, está acontecendo uma transição de um sistema centralizado para um sistema misto, com geração distribuída composta por pequenas centrais geradoras e geração centralizada composta por grandes centrais. Contudo, predomina a geração de energia elétrica em grandes centros geradores, embora estes estejam longe dos grandes centros consumidores, o que gera uma perda de energia elétrica, além de gastos de manutenção nos sistemas de transmissão.

Já a nova ideia para a geração da energia elétrica se baseia na geração distribuída, onde sua geração se dará perto das grandes centrais consumidoras, ou até mesmo nas próprias centrais consumidoras, assim diminuindo os gastos com linhas de transmissão e suas manutenções (ACKERMANN, ANDERSON, & SÖDER, 2001). Nesse cenário, até o ano de 2050 o país terá 78 GWp de geração distribuída instalados, sendo desses 33 GWp por microgeração, percebe-se assim tamanha importância do seguimento a médio e longo prazo (EPE, 2016).

A ANEEL faz a regulamentação da microgeração distribuída no Brasil através da Resolução Normativa Nº 482/2012, e posteriormente a NRE 687/2015 as quais estabelecem as condições gerais para microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Para efeitos de diferenciação, a norma define que a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), enquanto que a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 1 megawatt (MW). Assim, trataremos do tema restrito da microgeração e suas implicações quanto ao custo e ao tempo estimado de retorno do investimento.

De acordo com (ABSOLAR, 2019), o preço dos módulos fotovoltaicos caiu em torno de 80% nos últimos dez anos. E, em agosto de 2019, o Brasil completou seu 1º Gigawatt (GW) de capacidade instalada de sistema fotovoltaico de geração distribuída. Isso representa um grande marco para o país, pois essa geração é responsável pela energia solar em implantações nos telhados, fachadas e pequenos terrenos, ou seja, a microgeração. Estes sistemas não oferecem grandes complexidades para serem implantados e apresentam uma série de vantagens diante de outras fontes atualmente utilizadas, como por exemplo:

- Matriz energética mais sustentável
- Diversificação da matriz energética

- Aproveitamento mais eficiente dos recursos naturais disponíveis
- Melhor eficiência energética dos empreendimentos
- Considerável redução nas perdas por transmissão de energia

O sistema de microgeração on-grid é relativamente simples tendo basicamente dois componentes que compõe a maior parte do custo do sistema, os painéis fotovoltaicos e o microinversor. Outro fator que pode encarecer sua implantação é o custo de instalação que varia de acordo com a região do país, mas que teve seu valor bem reduzido nos últimos anos devido a uma maior oferta de mão de obra técnica disponível no mercado (ENTEC SOLAR, 2020).

Assim, nesse artigo é apresentada uma breve revisão literária das normativas da microgeração no Brasil. Na segunda seção detalha-se a microgeração fotovoltaica, e, por fim, realiza-se uma análise do custo total de implantação de um sistema microgerador típico frente à economia gerada ao longo do tempo para que se estabeleça o payback e sua viabilidade.

2 COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS DE ENERGIA E INCENTIVOS

Um dos fatores que contribuiu fortemente para a viabilidade econômica dos sistemas microgeradores foi a regulamentação do modelo de compensação via créditos de energia estabelecido pela normativa nº 482, 2012 da ANEEL. Isso permitiu que o excedente gerado pela unidade fosse convertido em créditos para serem utilizados posteriormente, ou mesmo em outra unidade, desde que pertencente ao mesmo titular, num prazo de até 36 meses após a geração do crédito.

Em relação ao sistema off-grid, o modelo de compensação representa um enorme avanço, pois permite que o sistema aproveite o máximo do seu potencial de produção mesmo que não haja consumo na unidade, além de não necessitar de um dos componentes de maior custo dos sistemas off-grid o banco de baterias, assim reduz-se o custo e ajuda a reduzir o prazo de retorno do investimento.

No decorrer do ano de 2015, a resolução normativa nº 482/2012, passou por processos de revisão e alterações, que deu origem a REN 687/2015. Onde esta nova resolução começou a valer a partir de 1º de março de 2016, a qual ampliou as possibilidades da micro e minigeração, aumentando os limites de potência, reduzindo os prazos de respostas das distribuidoras, implementando o compartilhamento de geração, entre outras (ANEEL, 2018). Os principais pontos da resolução são:

- As regras básicas definidas pela REN 482/2012, aperfeiçoada pela REN 687/2015 válidas desde 1º de março de 2016;
- Definição das potências instaladas para micro (75 kW) e minigeração (5 MW);
- Direito a utilização dos créditos por excedente de energia injetada na rede em até 60 meses;
- Possibilidade de utilização da geração e distribuição em cotas de crédito para condomínios;
- Foram estabelecidos prazos para processos, padronização de formulários para solicitação de conexão e definição de responsabilidades atribuídas aos clientes, à empresa responsável pela implantação do sistema e a distribuidora;
- Foi possibilitada a forma de autoconsumo remoto onde existe a geração em uma unidade e o consumo em outra unidade de mesmo titular;
- Foi possibilitada a geração compartilhada onde um grupo de unidades consumidoras é responsável por uma única unidade de geração;

Apesar de o Brasil estar apresentando avanços nas instalações da energia fotovoltaica, se compararmos com outros países europeus e asiáticos, o uso desta tecnologia no país é considerado praticamente inexistente. No entanto, esta tecnologia está ficando cada vez mais acessível no país devido às reduções nos custos, aumento da tecnologia e eficiência de geração das placas e alguns incentivos governamentais (CRESESB, 2014).

Em dezembro de 2015, através da portaria MME 538/2015 o Ministério de Minas e Energia criou o programa ProGD (Programa de Desenvolvimento da

Geração Distribuída) para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração distribuída pelos próprios consumidores com base nas fontes de energia renováveis, em especial solar e eólica. O programa previu movimentar cerca de R\$ 100 bilhões até o ano de 2030, estimando chegar a um total 2,7 milhões de unidades que poderão ter energia gerada por elas mesmas. Foram estabelecidas as seguintes metas para o programa:

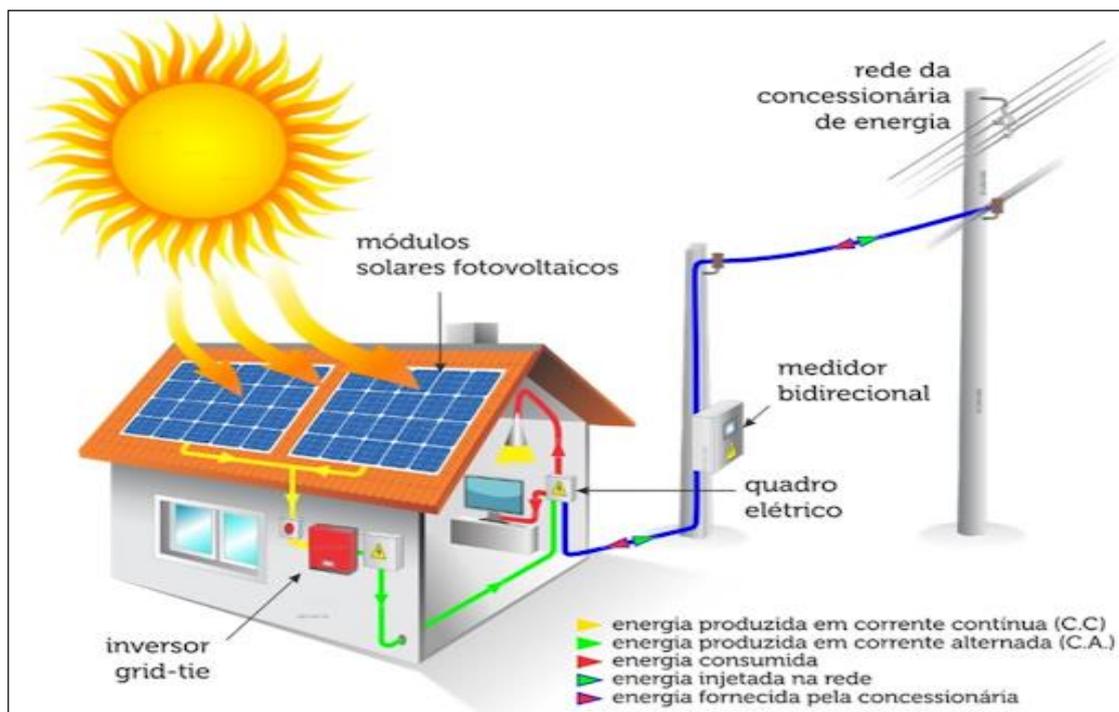
- Reduzir as emissões de CO₂ em relação aos níveis de 2005, em 37% até 2015, e em 43% até 2030;
- Alcançar 23% de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica;
- Alcançar 10% de eficiência no sistema elétrico até 2030;

Apesar das poucas conexões realizadas até o momento o Brasil apresenta enorme potencial de expansão da GD, principalmente solar. E a inserção em massa de GD pode trazer benefícios que vão além do setor elétrico, como a geração de empregos e desenvolvimento econômico, em momento que o país passa por dificuldades tanto na área econômica quanto no nível de emprego. Estima-se que a cada megawatt instalado por ano, sejam criados aproximadamente 30 empregos diretos e 90 indiretos. Nesse contexto, foi criado pela Portaria MME no 538/2015, um Grupo de Trabalho – GT – com intuito de estudar o tema de forma a alcançar os objetivos de promover a ampliação da GD e incentivar a implantação de GD em edificações públicas e edificações comerciais, industriais e residenciais (RELATÓRIO ProGD – 2015).

3 O SISTEMA MICROGERADOR E PRINCIPAIS CUSTOS

O sistema a ser implementado é basicamente composto pelos módulos fotovoltaicos, que irão converter a luz solar em energia elétrica, o inversor, responsável pela conversão de CC para CA e adequação aos parâmetros da rede da concessionária, o medidor bidirecional da concessionária e os sistemas de proteção adequados, conforme o esquema clássico da figura abaixo.

Figura 1 – Sistema de microgeração fotovoltaica



Fonte – Luz Solar, 2016

Neste sistema a radiação emitida pelo Sol, chega aos módulos onde se dá o início ao efeito fotovoltaico, que transforma esta energia proveniente do sol em energia elétrica. Esta energia produzida sai dos módulos em corrente contínua e passa pelo inversor, onde o inversor fará a conversão de CC para CA, e enviará a energia para a utilização na residência ou encaminhando para a rede de distribuição (CAMARGO, 2017).

Antes de essa energia ser transmitida para a rede de distribuição ela passa pelo relógio bidirecional, onde este contará a quantidade de energia que a residência enviou para a rede de distribuição e a quantidade que ela consumiu da rede de distribuição. Assim gerando um total de consumo ou crédito de energia (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

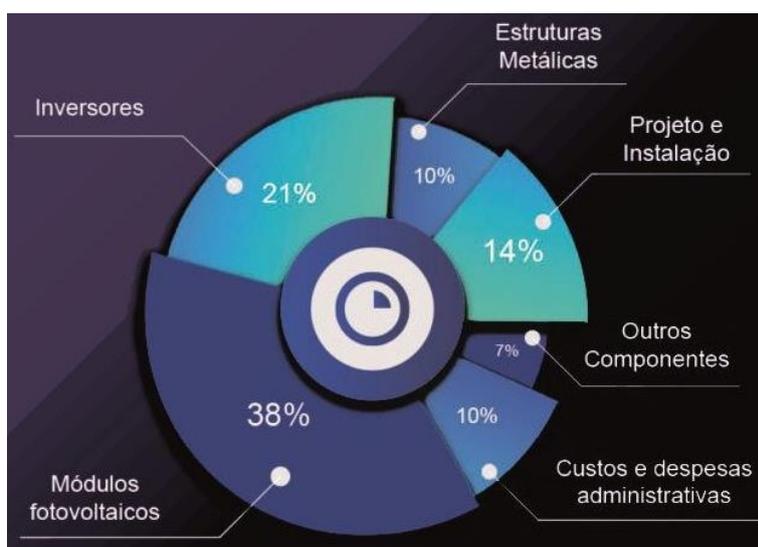
Assim como em qualquer sistema elétrico, as proteções adequadas devem ser implementadas de acordo com as características do projeto, a fim de proteger o próprio sistema fotovoltaico, a instalação residencial e também a rede de distribuição. Para tanto, normalmente são utilizados disjuntores, dispositivos

de proteção contra surtos – DPS e aterramento adequado de todo sistema microgerador.

Na literatura atual existem inúmeros estudos demonstrando o funcionamento mais detalhado dos componentes que operam em sistema microgerador, assim, não é foco desse artigo se aprofundar nesse aspecto, pois prioriza demonstrar características efetivas de custo de implantação do projeto. A seguir temos uma visão geral de como se compõem, em média, os custos de um sistema implantado, segundo o portal da Entec Solar, empresa brasileira especializada em instalação e manutenção de sistemas de energia fotovoltaicos.

- Os painéis fotovoltaicos são os equipamentos de maior custo na instalação de um sistema fotovoltaico. Eles compõem 38% do valor total dos custos.
- O inversor de frequência é o segundo maior custo com cerca de 21%.
- O projeto de instalação gera um custo de 14% do valor total do sistema.
- Custos administrativos e de estruturas metálicas de suporte dá um total de 10% de cada setor, totalizando 20% de um projeto fotovoltaico.
- Outros componentes, que incluem as instalações, proteções elétricas entre outros procedimentos, representam cerca de 7%.

Figura 2 – Composição dos custos de um sistema microgerador



Fonte: Entec Solar, 2019

3.1 Módulos fotovoltaicos

Atualmente existem no mercado vários tipos de módulos fotovoltaicos concebidos de materiais e métodos diferentes. Dentre eles se destaca o painel solar de silício policristalino, o qual possui uma eficiência entre 16% e 20% e representa aproximadamente 80% de todas as placas do mundo.

O efeito fotovoltaico se dá quando a célula fotovoltaica é exposta à radiação solar e o aproveitamento desse efeito ocorre por meio do campo elétrico da junção p-n e de um circuito elétrico externo. Portanto, é possível representar a célula a partir de seus parâmetros elétricos de saída (corrente e tensão) em função de fatores que influenciam na entrada (temperatura da célula e irradiância). As principais características de um módulo fotovoltaico são corrente, tensão e potência nominal. A potência do módulo é dada em (Watt pico), e seu valor é determinado sob as condições padrão de teste (STC, Standard Test Conditions). Essas condições padrão de teste (ou condições de referência) são definidas para os valores de 1000 W/m^2 de irradiância, 25°C de temperatura da célula e $AM = 1,5$ para a massa de ar. A máxima potência é atingida quando se obtém a corrente de máxima potência e a tensão de máxima potência (GOETZE, 2017).

Figura 3 – Módulo fotovoltaico policristalino



Fonte: Canadian, 2018

3.2 Inversor de frequência

O Inversor de frequência é o equipamento que tem como função inverter a energia elétrica gerada pelos painéis, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). Além disso, ainda garante a segurança do sistema e mede a energia produzida pelos painéis solares. Os inversores utilizados nos sistemas on-grid são do tipo grid-tie (conectado à rede) que possui, além das funções já citadas, a finalidade de adequar a energia produzida pelos painéis às condições dos parâmetros de fornecimento da rede elétrica da concessionária, estabelecendo assim compatibilidade para que os sistemas se integrem.

Assim como os painéis os inversores também evoluíram muito nos últimos anos, baixando consideravelmente seu custo e possibilitando seu uso de maneira massificada. Um bom exemplo é o uso dos micro-inversores que são projetados para operar com um único painel solar, tornando possível a operação e controle independentes de cada painel, o que traz diversos benefícios quanto à eficiência e operação.

No entanto, por se tratar de tecnologia mais estabelecida no mercado e condizente com a realidade atualmente praticada, usaremos nesse projeto o inversor Sofar 3Ktlm-G2 com esquema clássico o qual acopla todos os painéis e realiza controle de forma integrada.

Figura 4 – Microinversor grid-tie



Fonte – Sofar, 2019

4 PROJEÇÃO DE UM SISTEMA MICROGERADOR TÍPICO

Este estudo de caso foi baseado nas características do imóvel urbano situado à Rua Antônio José Henrique de Amorim, 229, bairro Centenário, na cidade de Lages do estado de Santa Catarina.

As normas de fornecimento para esse tipo de imóvel são encontradas diretamente no site da empresa Celesc Distribuição S.A. Através da norma técnica N-321-0001.

Figura 5 – Residência



Fonte – Próprio autor, 2020

Para a realização do projeto do sistema fotovoltaico, é importante primeiramente escolher o tipo de configuração que será utilizado, observar a orientação dos módulos, a disponibilidade do recurso solar, a quantidade de energia necessária a ser gerada e diversos outros fatores (CRESESB, 2014).

Assim, observando as características de latitude do imóvel e determinando as especificidades de orientação e ângulo de inclinação dos módulos, obtemos o local de instalação adequado de forma a produzir o melhor rendimento.

Figura 6 – Ponto de instalação



Fonte – Próprio autor, 2020

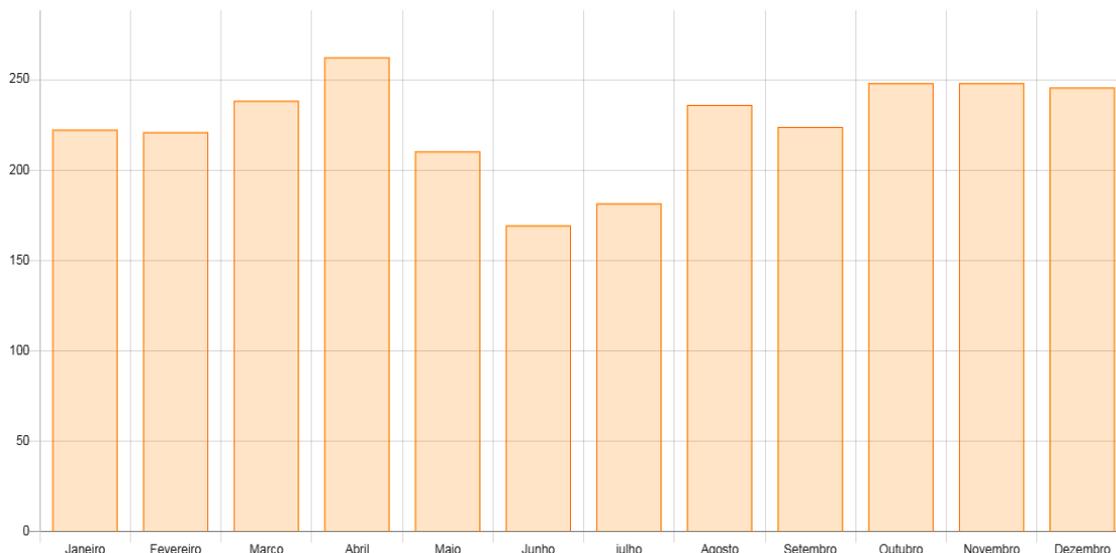
Considerando uma residência na cidade Lages SC, com fornecimento atendido pela concessionária Celesc Distribuição S.A nas seguintes condições:

- Grupo de fornecimento “B1”
- Potência instalada 12 kW
- Consumo médio mensal 200 kWh
- Tarifa vigente na presente data R\$ 0,583660/kWh

Desconsiderando-se as demais taxas e variação das bandeiras tarifárias que se alteram devido a diversos fatores ao longo do ano e são definidas pela ANEEL, temos que o custo mensal da energia consumida é de $200 \times 0,583660 = \text{R\$ } 116,73$. Dessa forma o custo médio anual dessa residência será de R\$ 1.400,78.

Para dimensionamento do sistema, nesse artigo, faz-se o uso da ferramenta de simulação disponível no portal da empresa Solar Livre, cujo algoritmo de simulação considera diversos fatores como, por exemplo, região, nível de irradiação solar médio anual, dentre outros.

Figura 7 – Projeção de geração mensal do sistema em kWh



Fonte: Solar Livre, 2020

No gráfico da figura 7 observa-se que nos meses de junho e julho o sistema não produz energia suficiente para atender a demanda da residência, assim, fica evidente a principal vantagem do sistema on-grid uma vez que todo excedente dos demais meses serão utilizados nessa situação. Ainda que, créditos não utilizados na unidade poderão ser consumidos em outra unidade, estando essa sob registro do mesmo titular.

4.1 Custo do sistema microgerador

O sistema proposto é composto por 6 módulos de 330W cada, possui potência total de 2,16 kW e precisará de 12,6 m² de área disponível para sua instalação. A tabela abaixo mostra a relação de itens que compõem o sistema.

Tabela 1 – Componentes do sistema microgerador

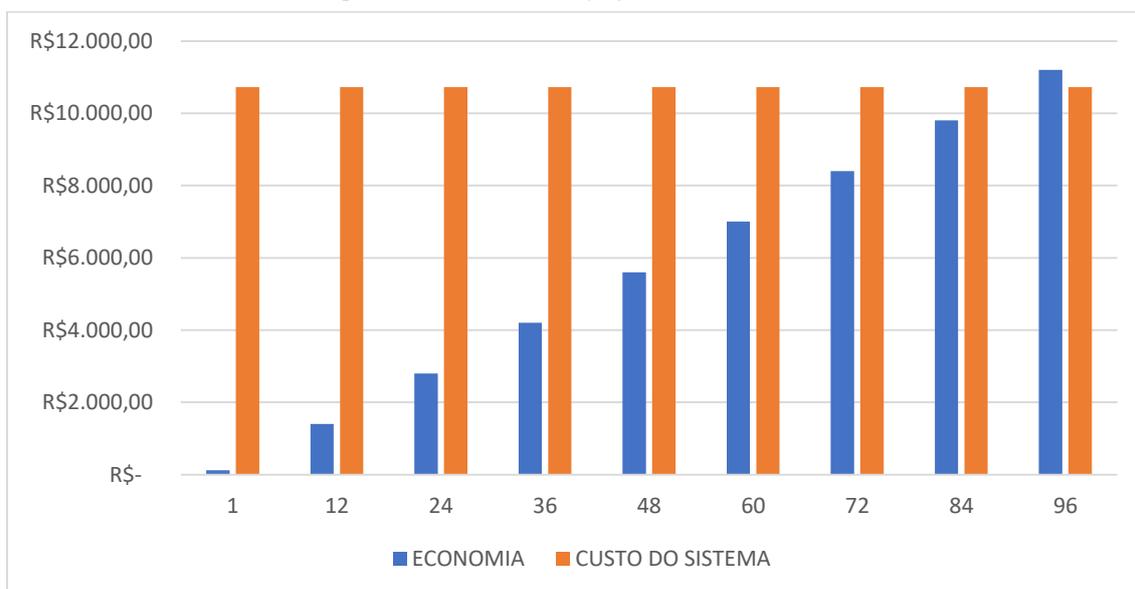
ITEM	QUANTIDADE	CUSTO R\$
Policristalino Canadian 330W Half-Cell	6	3.910,00
Inversor Sofar 3ktlm-g2	1	2.679,90
Par conector macho/fêmea – mc4	1	95,90
String box solar livre sb07b - 2e/2s – seccionadora no inversor	1	327,93

ITEM	QUANTIDADE	CUSTO R\$
Cabo solar 6mm – 1000V preto	12	260,00
Cabo solar 6mm – 1000V vermelho	12	260,00
Perfil de alumínio 3,15m	4	226,80
Kit de emendas e parafusos inox 8x12	4	109,00
Kit terminal final 39/44mm – baixo	6	210,00
Kit terminal intermediário 39/44mm – baixo	14	379,00
Kit suporte para telhado de fibrocimento	10	479,00
Kit proteções dps – disjuntor – dr	1	397,00

Fonte – Próprio autor, 2020

O custo deste sistema é de R\$ 9.334,53 na presente data de cotação. Somando-se mais 14% do custo de instalação chega-se a um custo total de R\$ 10.725,36. Ao dividirmos o valor total do custo de implantação pelo custo médio mensal da residência (R\$ 116,73), chega-se a um total de 92,88 meses. Dessa forma este projeto terá um payback de aproximadamente 92 meses, no entanto, sabe-se que, na prática, esse período pode ser significativamente menor quando se considera os progressivos aumentos que as tarifas acumulam sucessivamente.

Figura 8 – Período de payback em meses



Fonte – Próprio autor, 2020

5 CONCLUSÃO

Ao confrontarmos o tempo de retorno do investimento de 92 meses com o tempo de vida útil do sistema que é de 15 anos para o inversor e de 25 anos nos módulos fotovoltaicos, fica comprovado ser viável economicamente, passando ainda a gerar lucro após esse período de operação. Isso sem levarmos em conta que o tempo de operação do sistema se estende consideravelmente para além do período de garantia dos fabricantes.

Ao verificar a gama de investimentos que o país realizará a médio e longo prazo na área de energia solar, constata-se que o momento é vantajoso para aderir à essa tecnologia, visto que a regulamentação do setor favoreceu a microgeração, criando e mantendo diversos benefícios que tornam os custos de implantação competitivos frente a distribuição convencional. Outro benefício indireto que embasa a implantação desse sistema é a valorização do imóvel em que foi instalado, muito embora as valorizações dessa natureza sejam imprecisas em sua precificação, assim, excluem-se dessa análise.

Conclui-se com esse trabalho que a escolha da energia fotovoltaica é um investimento seguro, limpo, além de estar em plena expansão no mercado brasileiro e mundial. Esse crescimento aliado as constantes melhorias tecnológicas tendem a baixar preço e deixar cada vez mais acessível o preço dos sistemas fotovoltaicos em geral. Assim pode-se dizer o investimento em energia solar a nível residencial é uma realidade que alcança uma capilaridade cada vez maior em meio aos pequenos consumidores, que agora têm a possibilidade de gerar sua própria energia a um custo cada vez menor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Revisão da REN 482/2012, 2019

ACKERMANN, Thomas; ANDERSON, Göran; SÖDER, Lennart. Distributed generation: a definition. Electric Power Systems Research. 2001.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST

ANEEL - RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012. Revisão Resolução Normativa 687, 2015

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR – 2ª Edição, 2017

BOREAL SOLAR - < <http://borealsolar.com.br/blog/2016/10/26/potencial-de-energia-solar-quais-as-melhores-regioes-brasileiras-para-captacao-da-luz-solar/>> Acesso em 13/04/2020

BRAGA - Renata Pereira. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. Monografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008

CAMARGO, Lucas Tamanini. Projeto de um Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede Elétrica. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual de Londrina Londrina, 2017.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A – Norma Técnica N-321.001 Revisão: Julho 2019

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 2014.

ENTEC SOLAR. <https://entecsolar.com.br/numeros-apontam-que-a-energia-solar-triplicou-no-brasil>>. Acesso em 13/04/2020

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: Produção e Uso da Energia. Rio de Janeiro, 2016.

FELIPE GOETZE, 2017. Projeto de Microgeração Fotovoltaica Residencial

GOETZE, Felipe; Projeto De Microgeração Fotovoltaica Residencial: Estudo De Caso, 2017.

GOOGLE MAPAS. 2020. Disponível em <<https://earth.google.com/web/>>. Acessado em 10 de março de 2020.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Outlook 2019

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable Energy Auctions, 2017

RELATÓRIO PROGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, 2015

REVISTA GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias, 2020

RÜTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1ª ed. Florianópolis: UFSC / LABSOLAR, 2004

SOLAR LIVRE. <<https://www.solarlivre.com.br/simulacao>>. Acesso em 10/04/2020

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e aplicações. 1ª ed. São Paulo. Érica, 2012.