

INSTITUTO VALE DO CRICARÉ
FACULDADE VALE DO CRICARÉ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAMILA CORREA DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES ISOLADAS: UM ESTUDO DE CASO**

SÃO MATEUS

2019

CAMILA CORREA DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES ISOLADAS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Vale do Cricaré, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Giovane Lopes Ferri

SÃO MATEUS

2019

CAMILA CORREA DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES ISOLADAS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Vale do Cricaré, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em ____ de Julho de 2019

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Me. Giovane Lopes Ferri
Faculdade Vale do Cricaré
(Orientador)**

**Prof.
Faculdade Vale do Cricaré**

**Prof.
Faculdade Vale do Cricaré**

SÃO MATEUS

2019

Dedicamos este trabalho a todas as
pessoas que acreditam nos seus
sonhos e na força do seu talento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos iluminar todos os dias.

A minha companheira e parceira, pessoa com quem amo partilhar a vida. Obrigada pelo carinho, a paciência e por sua capacidade de me entender na correria que foi este último semestre.

A minha mãe e tios por terem sido peça fundamental em minha educação para que pudesse tornar o que sou hoje.

Aos demais familiares pelo apoio e contribuição para a realização deste sonho.

Ao professor orientador, Giovane, um agradecimento especial pelo ensinamento, dedicação e competência demonstrada no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores que de alguma forma contribuíram para a realização deste.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

A Faculdade Vale do Cricaré por ter permitido que fizéssemos desta instituição nosso objeto.

“De tudo ficaram três coisas:

*A certeza de que estamos sempre
começando;*

A certeza de que é preciso continuar;

*A certeza de que seremos
interrompidos antes de terminar.*

Portanto, devemos fazer:

Da interrupção um caminho novo

Da queda um passo de dança

Do medo, uma escada

Do sonho, uma ponte

Da procura... Um encontro”

Fernando Pessoa

RESUMO

Propor projetos que visam a viabilidade econômica, ambiental e socioeconômico, da implantação de um sistema de energia sustentável como forma de alternativa de energia, em atendimento as áreas onde se encontram comunidades rurais isoladas, pequenos agricultores. O meio rural é favorável para as fontes renováveis de energia, em função da disponibilidade de recursos, dos benefícios à atividade econômica local, e dos altos custos via extensão da rede elétrica. Nesta busca por fontes alternativas o Brasil apresenta grande diferencial a outros países, devido a sua imensa biodiversidade e o seu alto índice de potencial de irradiação solar em seu território, tornando possível e viável tais projetos relacionados a fontes de energia renovável, no qual precisam ser mais estudadas e implementadas em regiões isoladas e carentes de acesso a esta tecnologia.

Neste sentido este trabalho faz a apresentação das principais fontes renováveis disponíveis no Brasil e na região da comunidade estudada, com intuito de propor a melhor hipótese que possa atender a comunidade rural escolhida.

Palavras-chave: viabilidade econômica, energias sustentáveis, fontes renováveis.

ABSTRACT

Propose projects that aim at the economic, environmental and socioeconomic viability of the implantation of a sustainable energy system as a form of alternative energy, in the areas where isolated rural communities, small farmers are located. The rural environment is favorable for renewable energy sources, due to the availability of resources, the benefits to the local economic activity, and the high costs through the extension of the electricity network. In this search for alternative sources, Brazil presents a great differential to other countries, due to its immense biodiversity and its high potential of solar irradiation in its territory, making possible and feasible such projects related to renewable energy sources, in which they need to be more studied and implemented in isolated regions and lacking access to this technology.

In this sense, this paper presents the main renewable sources available in Brazil and in the region of the studied community, in order to propose the best hypothesis that can serve the chosen rural community.

Keywords: economic viability, sustainable energy, renewable sources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radiação Solar Global Horizontal (Média Anual)	20
Figura 2 - Esquema de Aquecedor Solar	25
Figura 3 - Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	26
Figura 4 - Componentes de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On-Grid)	27
Figura 5 - Componentes de um sistema Fotovoltaico isolado (Off-Grid).....	29
Figura 6 - Inversor de Frequência grid-tie	31
Figura 7 - Controlador de Carga.....	32
Figura 8 - Composição Módulo Fotovoltaico	33
Figura 9 - Localização de São Mateus, no Espírito Santo.....	42
Figura 10 - Localização Comunidade Dilô Barbosa	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Balanço Energético Nacional.....	15
Gráfico 2 - Participação de renováveis na matriz energética	17
Gráfico 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	18
Gráfico 4 - Comparação Geração Energia Elétrica por Fonte Espírito Santo x Brasil	19
Gráfico 5 - Comparação Geração Energia Elétrica por Fonte Espírito Santo x Brasil	47
Gráfico 6 - Perfil de Previsão de Geração	48
Gráfico 7 - Composição do Preço	49
Gráfico 8 - Composição do Preço	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	14
3.2	MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA	17
3.2.1	Potencial Solar Brasileiro	19
3.3	FONTES RENOVÁVEIS	21
3.3.1	Hidrelétrica	21
3.3.2	Eólica	22
3.3.3	Biomassa	23
3.3.4	Solar	23
3.4	SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR	24
3.4.1	Sistema de Energia Solar Térmica	24
3.4.2	Sistema de Energia Solar Fotovoltaica	25
3.4.3	Sistemas Conectados à Rede (SFCR)	27
3.5	PRINCIPAIS COMPONENTES DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	30
3.5.1	Inversores	30
3.5.2	Controladores de Carga	31
3.5.3	Módulos Fotovoltaicos	32
3.6	NORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA	33
3.7	VIABILIDADE ECONÔMICA	34
3.7.1	Payback Simples	35
3.7.2	Valor Presente Líquido (VPL)	36

3.7.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	37
3.7.4	Financiamentos Disponíveis	37
4	METODOLOGIA	39
4.1	COLETA DE DADOS.....	39
4.2	ANÁLISE DOS CENÁRIOS	40
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
5.1	A COMUNIDADE DILÔ BARBOSA	41
5.2	SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE	46
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA	55
	APÊNDICE B – PROPOSTA COMERCIAL	56

1 INTRODUÇÃO

Fatores como a crescente preocupação mundial com a preservação do meio ambiente e a necessidade de utilização de fontes renováveis de energia, aliados ao aumento considerável da demanda energética e ao risco de redução da oferta de combustíveis convencionais vem estimulando o desenvolvimento de importantes pesquisas e tecnologias sobre fontes alternativas de energia, sobretudo pela comunidade científica. Fontes que sejam menos poluentes, com potencial de renovação e, de baixos impactos para o meio ambiente, como a energia solar por exemplo. Sendo assim, as tecnologias voltadas para a produção desse tipo de energia estão em permanente desenvolvimento, e já demonstram eficiência em diversos empreendimentos e situações cotidianas. Os resultados positivos alcançados e a possibilidade de redução dos custos das tecnologias de geração, indicam uma tendência de maior inserção da energia solar na matriz energética mundial e brasileira.

O Brasil é um país em desenvolvimento que ainda carece de mudanças para que seu progresso, de fato, seja contínuo e sustentável. Sendo assim, um item necessário é ter um sistema de geração de energia elétrica capaz de acompanhar o desenvolvimento e suprir suas necessidades. Aqui no país, no entanto, o consumo de energia elétrica está sempre demandando maior disponibilidade de recursos necessários ao governo, às empresas e à sociedade. Na geração de energia, cada modelo exige características específicas que influenciam no custo de produção, e como consequência, no valor final do serviço ao usuário/consumidor. Os valores das tarifas variam no país e são aplicadas conforme o volume de serviço oferecido para cada organização, levando-se em consideração o tipo de eletricidade (hidráulica, biomassa, termoelétricas, etc.), também as quantidades de linhas de transmissão instalada, além de outras condições que contribuem para o aumento ou diminuição no custo final desta geração.

2 OBJETIVOS

Analisar a viabilidade econômica, ambiental e socioeconômico, da implantação de um sistema de energia solar como forma de alternativa de energia, em atendimento as áreas onde se encontram comunidades rurais isoladas de São Mateus - ES, que exercem atividades da agricultura familiar.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico deste estudo está em avaliar a situação atual demanda do abastecimento de energia das comunidades residentes da região, mapeando o potencial e a demanda da energia necessária para a realização da atividade da agricultura familiar.

Sendo necessário análises e estudos sobre as condições climáticas, mapas solarimétricos e os projetos já implementados no estado do espírito santo de energia solar fotovoltaico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A matriz energética representa o conjunto de fontes disponíveis para suprir a necessidade/demanda de energia de um país ou região. Estas fontes podem ser apresentadas por categorias como fontes de energias primárias e secundárias. As primárias são os recursos naturais disponíveis, como o petróleo bruto e gás natural, as fontes de energias secundárias são obtidas a partir de outras fontes, resultando da transformação da energia primária por intermédio de processos tecnológicos, temos como exemplo a gasolina que é proveniente do petróleo (EPE, 2018).

O Brasil é rico em alternativas de produção das mais variadas fontes de energia, sejam elas não renováveis e renováveis, esta diversificação contribui tanto no que diz respeito aos impactos socioambientais quanto aos problemas ou riscos atrelados ao desabastecimento, devido a problemas sazonais e climáticos (EPE,2018).

Contudo, o petróleo predomina na matriz energética brasileira representando 36 % de participação, seguido da biomassa da cana, gás natural e hidráulica, que possui um papel importante no desenvolvimento do país, proporcionando autossuficiência na geração de energia elétrica a baixos custos, como mostrado no Gráfico 1.



Gráfico 1 - Balanço Energético Nacional

Fonte: Adaptado do BEN 2018 | Destaques | ano base 2017.

Apesar da previsão de que o petróleo e seus derivados terão aumento da produção nos próximos anos, estima – se uma diminuição da sua fatia nesta composição da matriz energética brasileira, o que por outro lado influenciam no aumento das fontes de biomassa da cana, e outras fontes renováveis.

Conforme o BEN (2018), não houve aumento considerável da oferta interna do Petróleo em relação à oferta interna de energia em 2017/2016, que entre este período obteve crescimento de apenas 0,8%, comparada com as outras fontes não renováveis. Dentre as fontes renováveis é possível verificar que, a Eólica obteve crescimento de 26,5 % e a solar cresceu 875,6 % neste mesmo período, mesmo com a representação pequena na matriz energética. Tais resultados podem ser vistos na Tabela 1.

Oferta interna de energia 2017/2016			
Fonte (Mtep)	2016	2017	17/16
RENOVÁVEIS	125,3	125,3	0,00%
Energia Hidráulica	36,3	35	-3,40%
Biomassa da cana	50,3	49,8	-1,10%
Lenha e carvão vegetal	23,1	23,4	1,40%
Eólica	2,9	3,6	26,50%
Solar	0,007	0,072	875,60%
Líxia e outras renováveis	12,8	13,4	4,90%
NÃO RENOVÁVEIS	163	166,8	2,30%
Petróleo e Derivados	105,4	106,2	0,80%
Gás Natural	35,6	37,9	6,70%
Carvão mineral	15,9	16,6	4,10%
Urânio	4,2	4,2	-0,40%
Outras não renováveis	1,9	1,8	-4,70%

Tabela 1 - Oferta interna de energia 2017/2016
 Fonte: Adaptado do Balanço Energético Nacional - 2018

Em 2017, a participação das fontes de energias renováveis na Matriz Brasileira esteve [e manteve – se] entre as mais elevadas frente aos outros países, conforme representa no Gráfico 2. Entende - se que o Brasil aos poucos está despertando para assegurar energia renovável e acessível para todos, e se aproximando do objetivo assumido no Acordo de Paris, o de alcançar até 2030, o aumento substancial da participação de energias renováveis na matriz energética brasileira. Esta acessibilidade está ligada diretamente ao objetivo de um determinado país, ou da comunidade global em manter uma oferta de energia adequada, estável e previsível (ONUBR, 2017).

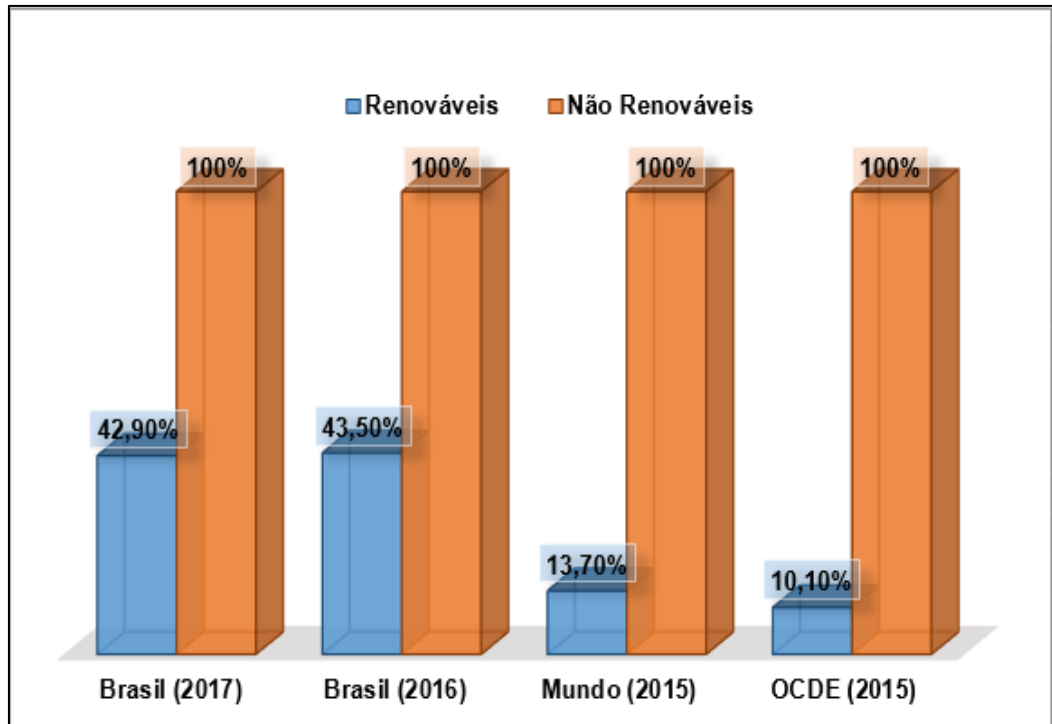


Gráfico 2 - Participação de renováveis na matriz energética
 Fonte: Adaptado do EPE; Agência Internacional de Energia

3.2 MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA

A matriz de energia elétrica é dada como a soma das fontes utilizadas para gerar energia elétrica em um país, estado ou região, representada por todos os recursos energéticos disponíveis para serem utilizados. Mundialmente ela é composta por combustíveis fósseis, como o gás natural, óleo e carvão, utilizados principalmente em termelétricas.

No Brasil ela é considerada uma matriz renovável, pois grande parte de energia elétrica gerada vem de usinas hidrelétricas, que correspondem hoje a 65,2 % da oferta interna produzida. As fontes renováveis representam 80,4 % da oferta interna de eletricidade no Brasil, provindas da soma dos montantes referentes à produção nacional com as importações, que são de origem renováveis BEN (2018).

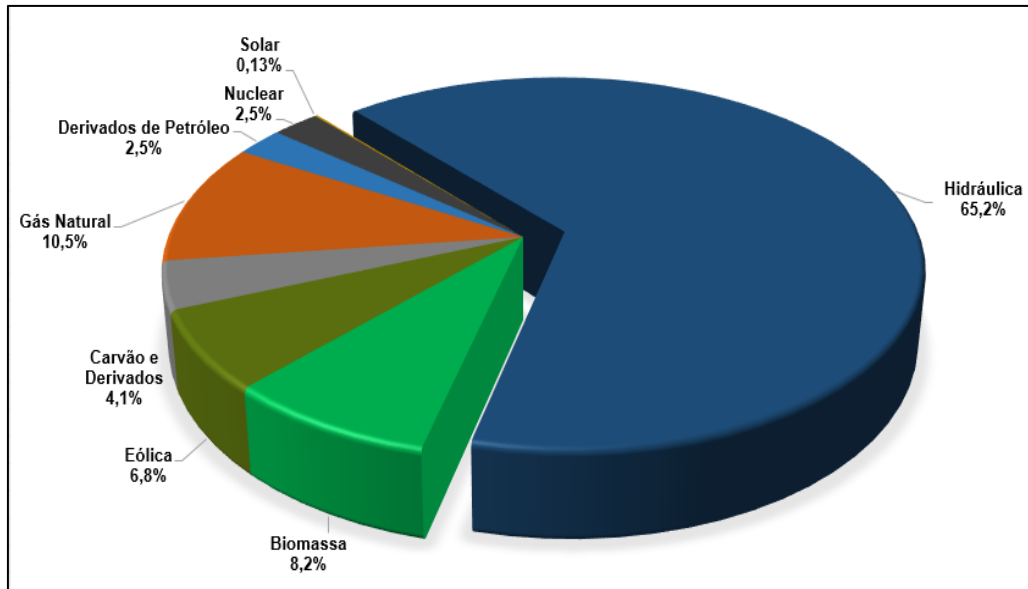


Gráfico 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte
Fonte: Adaptado do BEN 2018

Fica notável através do Gráfico 3 que, o Brasil investe massivamente na geração de energia elétrica através de hidrelétricas, principalmente devido à abundância de recursos hídricos e o custo baixo em sua produção. Entretanto, a degradação ambiental é evidente e as mudanças climáticas levantam questões a respeito da utilização desenfreada dos recursos naturais, como a água.

De acordo com as análises de Holmgren (2002), devido às limitações e incertezas das metodologias, a valoração é importante para indicar a magnitude dos impactos ambientais e identificar os caminhos que se deve seguir e os instrumentos políticos a serem adotadas para se atingir soluções sustentáveis.

No Gráfico 4 observa-se que a matriz elétrica no Espírito Santo é inversa ao do Brasil, a fonte de energia que predomina sobre ela é a não renovável, sendo elas a fonte Térmica por Gases de Processo e Térmica Gás Natural, conforme, ressaltando ainda que o estado produz apenas 33% de suas necessidades, os 67% da energia requerida ele importa de centrais elétricas (BEES, 2018).

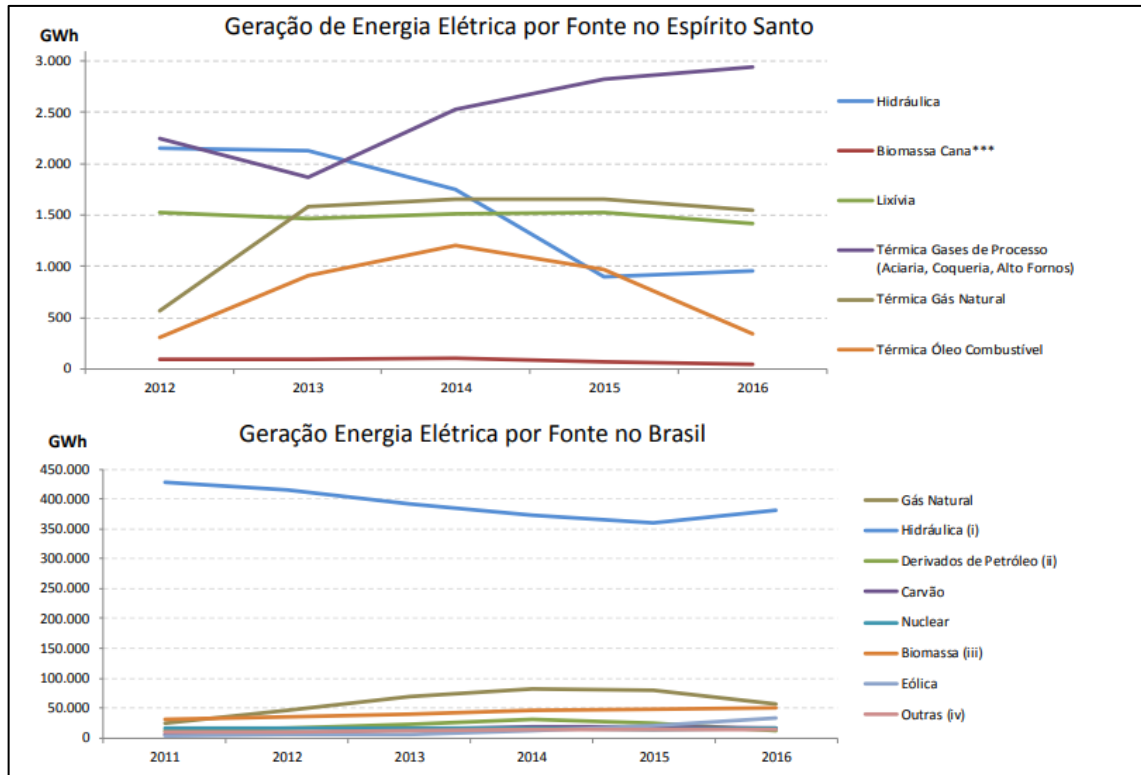


Gráfico 4 - Comparação Geração Energia Elétrica por Fonte Espírito Santo x Brasil
Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética

3.2.1 Potencial Solar Brasileiro

Avalia-se que o Brasil possua atualmente cerca de 165.469.929 kW de potência instalada. Com previsão para os próximos anos de uma adição de 21.349.220 kW na capacidade de geração do País, proveniente dos 205 empreendimentos atualmente em construção e mais 371 em empreendimentos com construção não iniciada (ANEEL). Esse aproveitamento no território brasileiro seria vantajoso do ponto de vista econômico, uma vez que, de acordo com dados do Atlas Brasileiros de Energia Solar publicado pela ANEEL (2018), a região brasileira menos favorecida pela incidência do sol, o litoral norte do Estado de Santa Catarina, apresenta irradiação solar global de 4.250 Wh/m², valor cerca de quatro vezes superior ao apresentado para o território da Alemanha, país que é líder mundial do setor de aproveitamento de energia solar (BANDEIRA, 2012).

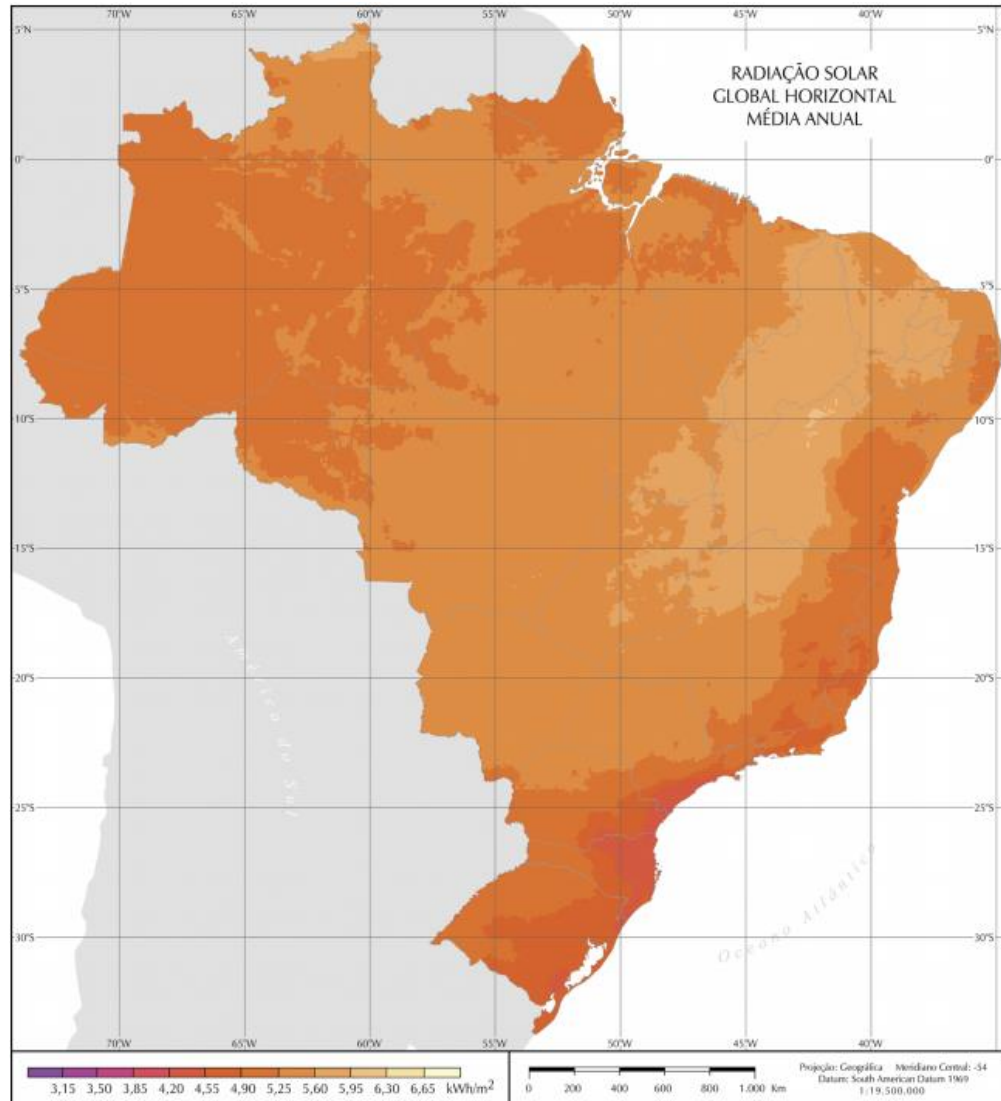


Figura 1 - Radiação Solar Global Horizontal (Média Anual)

Fonte: ATLAS

O Brasil possui alto potencial para captação de energia solar, comparando as regiões na Figura 1 acima, é possível verificar que a região Nordeste é que apresenta maior disponibilidade energética com 5,9 kWh/m², seguidas pelo Centro-Oeste e Sudeste com 5,7 e 5,6 kWh/m².

A energia solar térmica para aquecimento de água tem despertado interesse no mercado nacional, principalmente para o emprego entre as classes A e B da sociedade, na indústria e nos serviços de hotelaria. E a introdução da energia térmica concentrada ainda é objeto de estudo no país (ATLAS,2019).

Ainda se faz necessária a divulgação, políticas de incentivo e aprofundamento da técnica para que a tecnologia seja bem mais aproveitada. Dentro da relevância do

tema, este artigo apresenta como objetivo principal avaliar o nível de informação sobre o uso da energia solar e sua utilização no Brasil. Para ajudar na introdução e desenvolvimento do uso da energia solar no país é essencial uma política de incentivo político e tarifário por parte do governo, de informação e do desenvolvimento de tecnologia competitiva.

3.3 FONTES RENOVÁVEIS

As fontes renováveis para geração de energia elétrica devem estar sempre atreladas à ideia do desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a crescente preocupação com as questões ambientais e a conscientização mundial sobre a promoção do desenvolvimento em bases sustentáveis, vêm estimulando a realização de pesquisas de desenvolvimento tecnológico que visam à incorporação dos efeitos da aprendizagem e a consequente redução dos custos de geração dessas tecnologias (FREITAS E DATHEIN, 2013).

Todas as tecnologias voltadas para o âmbito energético produzidas atualmente por países desenvolvidos são no intuito de enfrentar os problemas de esgotamento energético e diminuição dos impactos ambientais, no que se refere principalmente à redução das emissões de gases do efeito estufa. Para ser sustentável, o desenvolvimento deve implementar eficiência econômica, proteger e restaurar os sistemas ecológicos e melhorar a qualidade de vida das populações (KATS, 1998).

3.3.1 Hidrelétrica

A geração hidrelétrica está associada à vazão do rio, por outra forma, à quantidade de água disponível em um determinado período de tempo e à altura de sua queda. Quanto imenso são os volumes de sua queda, maior é o seu potencial de aproveitamento na geração de eletricidade.

Atualmente no Brasil, a matriz dominante dentre as energias consideradas limpas é a Hídrica, pela sua constituição hídrica e geográfica, sendo responsável por

mais de 80 % da geração nacional, com capacidade instalada de 65 % (RAMPINELLI E JUNIOR, 2012).

A segunda maior hidrelétrica do mundo é a usina de Itaipu, que pertence ao Brasil e ao Paraguai. Em 2016, a Itaipu atingiu seu recorde histórico, produzindo 103.098 GWh, atendendo 17% da demanda do mercado brasileiro e 76% do mercado paraguaio (BIZUÁRIO, 2017).

3.3.2 Eólica

Energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Tem – se o aproveitamento desta energia por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, através de turbinas eólicas, chamadas também de aerogeradores (ANEEL,2018)

Neste sentido, Bandeira (2012) apresenta alguns aspectos de caráter positivos quanto aos sistemas eólicos, no qual aponta como favorável além dos benefícios ambientais, os custos da atividade ao longo prazo, por que a energia eólica não contamina o ambiente tais como água, solo, ar, e os ventos não se esgotam. Outro ponto positivo, é que a energia eólica é uma das substituições de fontes não renováveis, o que favorece a diminuição de emissão de gases do efeito estufa.

É importante considerar que um empreendimento deste, também pode trazer desvantagens, segundo Dalmaz, Passos, & Colle (2008) um empreendimento eólico está sujeito aos caprichos da natureza. Ou seja, mesma com toda a potência que este sistema poderá oferecer, sem a presença dos ventos não haverá a geração de energia. O autor destaca ainda que, a inconstância da produção de energia pelos aerogeradores, devido às variações na velocidade do vento, torna-se cada vez mais importante, à medida que aumenta a participação da geração eólica na matriz energética dos países.

Em relação aos impactos ambientais, tem – se os ruídos causados pela movimentação dos aerogeradores, a poluição visual e sonora e os impactos causados as aves da região.

3.3.3 Biomassa

A biomassa é toda matéria orgânica, de origem animal ou vegetal utilizada para a geração de energia. Assim como todas as outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar.

Embora seja uma fonte de eficiência reduzida, o seu aproveitamento pode ser realizado por intermédio da combustão em caldeiras ou fornos (ANEEL, 2019). No entanto dentre os principais processos de conversão da biomassa em energéticos e seu aproveitamento, podemos citar a combustão direta, gaseificação, pirólise, digestão anaeróbica, fermentação e a transesterificação (ATLAS,2018).

A produção de energia a partir da biomassa traz grandes benefícios por seu baixo custo, fácil armazenamento, alta eficiência energética, permitir o reaproveitamento de resíduos e por ser menos poluente. Porém, as suas principais desvantagens estão atreladas pela contribuição para a formação de chuva ácida, trazer grandes impactos ambientais em áreas verdes e podendo trazer destruição da fauna e flora de uma determinada região.

No Brasil, pela imensa superfície do território nacional, onde grande maioria está localizada em regiões tropicais e chuvosas, a oferta pela produção e o uso energético da biomassa em larga escala é excelente.

Salomon & Lora (2005) mostram que no Brasil seria possível gerar cerca de 1,2 milhões de kW a partir dos resíduos sólidos urbanos, esgotos domésticos, vinhaça e resíduos animais provenientes da criação de bovinos e suínos. Se não aproveitado, esse gás pode contribuir para o agravamento das mudanças climáticas. No entanto, o aproveitamento energético desse material, enfrenta barreiras técnicas, regulatórias e institucionais, especificamente com relação aos sistemas de coleta, separação e estocagem dos resíduos sólidos.

3.3.4 Solar

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, tanto para aquecimento de fluidos e ambientes, quanto para geração de potência mecânica ou elétrica, dentre eles destacam – se os efeitos de aquecimento e fotovoltaicos.

O Brasil é um dos países com grande potencial para a geração de energia solar, pelo fato de possuir um território vasto com grande incidência dos raios solares e pelas reservas de quartzo para a produção de silício, utilizados na fabricação de células solares, Trevelin (2014). Conforme BNEF (2016) citado por CELA (2016) e Barbosa (2016), entre 2020 e 2040, espera-se que 96 gigawatts de pequenos sistemas solares serão implantados no país. Isso representa 9,5 milhões de residências (ANEEL,2019).

As vantagens desse sistema estão na utilização em lugares remotos ou de difícil acesso, redução das emissões de gases de efeito estufa, por possuir uma energia inesgotável, não gerar ruídos, dentre outros.

Quanto às desvantagens, entretanto, ainda causa alguns impactos ambientais como emissões de produtos tóxicos durante a produção do insumo utilizado para a produção dos módulos e componentes periféricos, não podendo ser usado nos períodos de chuva e noturno (AGUILAR et al., 2012).

3.4 SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR

3.4.1 Sistema de Energia Solar Térmica

Nestes sistemas de energia solar térmica a energia é captada através de módulos térmicos, também chamados de coletores solares, estes têm a função de captar e converter a luz solar em calor e transferir a energia ali obtida para o resto do sistema, geralmente através de água, ou outro fluido consoante a temperatura de funcionamento do sistema. Eles são instalados nos telhados dos prédios ou residências para o aquecimento de água de chuveiros, aquecimentos de ambientes ou até em processos industriais.

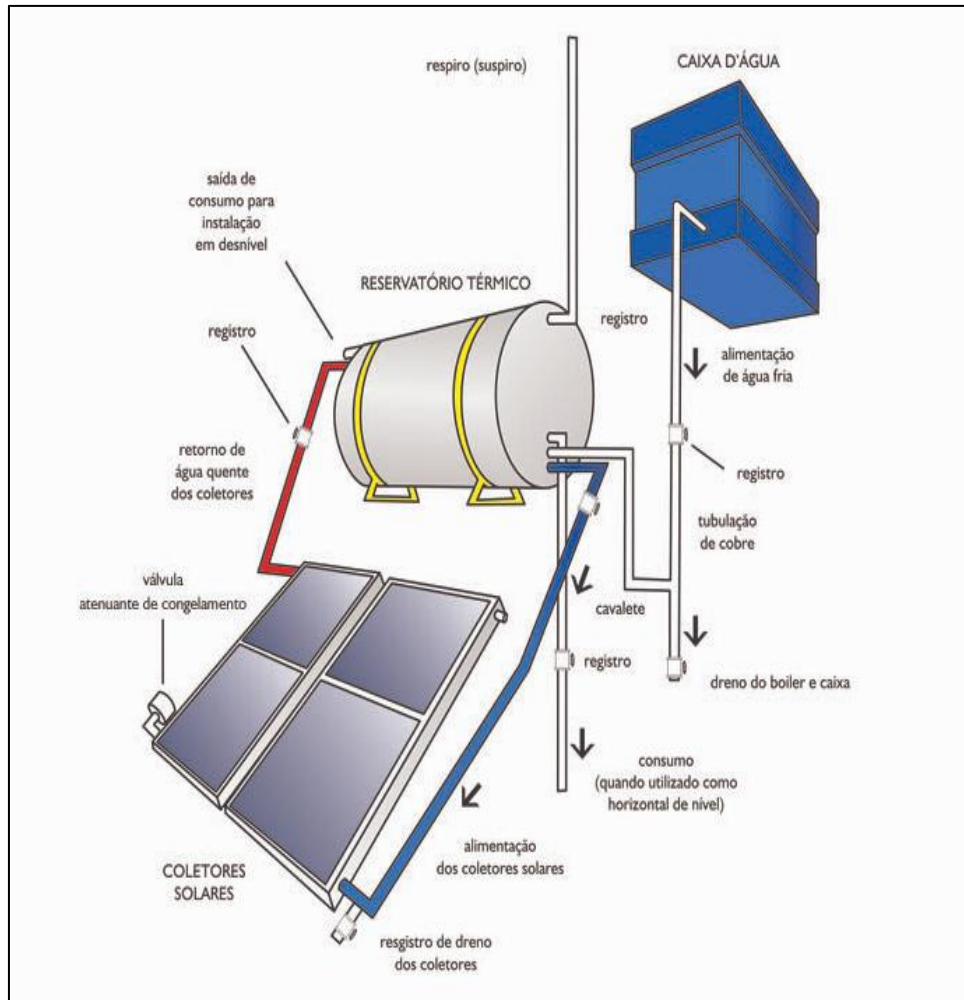


Figura 2 - Esquema de Aquecedor Solar

Fonte: Soletrol Energia

Estima – se que o aquecimento de água seja responsável por até 25% do total de energia elétrica consumida no Brasil, o que representaria um consumo da ordem de 20 bilhões de kWh. (BUENO PEREIRA, RAMOS MARTINS E LUNA DE ABREU,2006)

3.4.2 Sistema de Energia Solar Fotovoltaica

Este sistema é uma fonte de potência elétrica, no qual as suas células fotovoltaicas transformam a Radiação proveniente do sol, diretamente em energia elétrica.

Segundo Severino & Oliveira (2010) o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Complementando esta informação, Nascimento (2004) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela.

Este sistema pode ser implantando em qualquer área ou região que possua radiação solar o suficiente para a geração de energia, e devido a sua alta confiabilidade, pode ser utilizado em locais de regiões remotas e distantes como em desertos.

A depender da forma como a energia será gerada, estes sistemas podem ser classificados em sistemas conectados à rede (On Grid) e sistemas Isolados (Off-grid). A Figura 2 apresenta as principais características de cada uma.

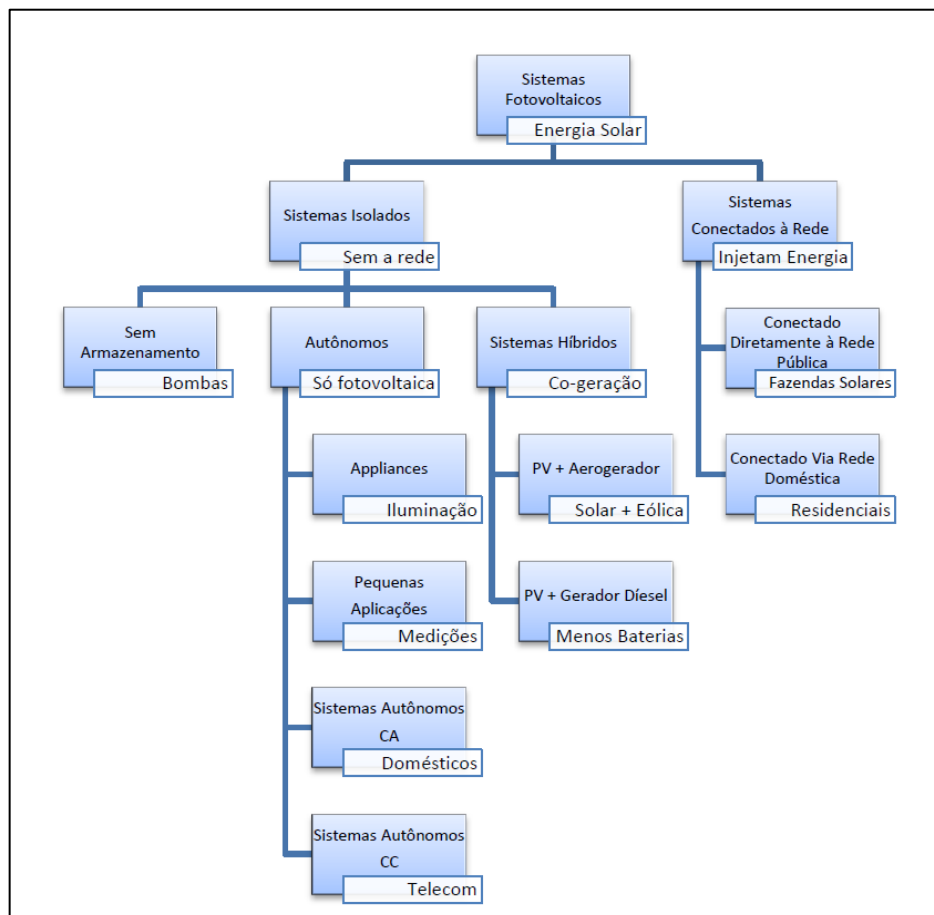


Figura 3 - Tipos de Sistemas Fotovoltaicos
Fonte: BlueSol Energia

3.4.3 Sistemas Conectados à Rede (SFCR)

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede possuem a característica de fornecer energia a rede de distribuição, escoando para a rede tudo que é gerado e a rede por si age como uma carga, absorvendo toda essa energia (BLUESOL,2019).

Também chamados de sistemas fotovoltaicos on-grid (SFCR), em sua totalidade não possuem subsistemas de armazenamento de energia, tornando – o mais eficiente do que os sistemas autônomos. O potencial que é injetado na rede é armazenado pela rede de distribuição que, poderá utilizar em momentos de baixa geração do sistema, em períodos ou dias de baixa insolação. (BLUESOL,2019).

Este tipo de sistema depende de regulamentação e legislação favorável, tendo em vista que utilizam a rede de distribuição das concessionárias para realizar o escoamento da energia gerada até o consumidor final.

O sistema fotovoltaico conectado à rede pode possuir os seguintes componentes:

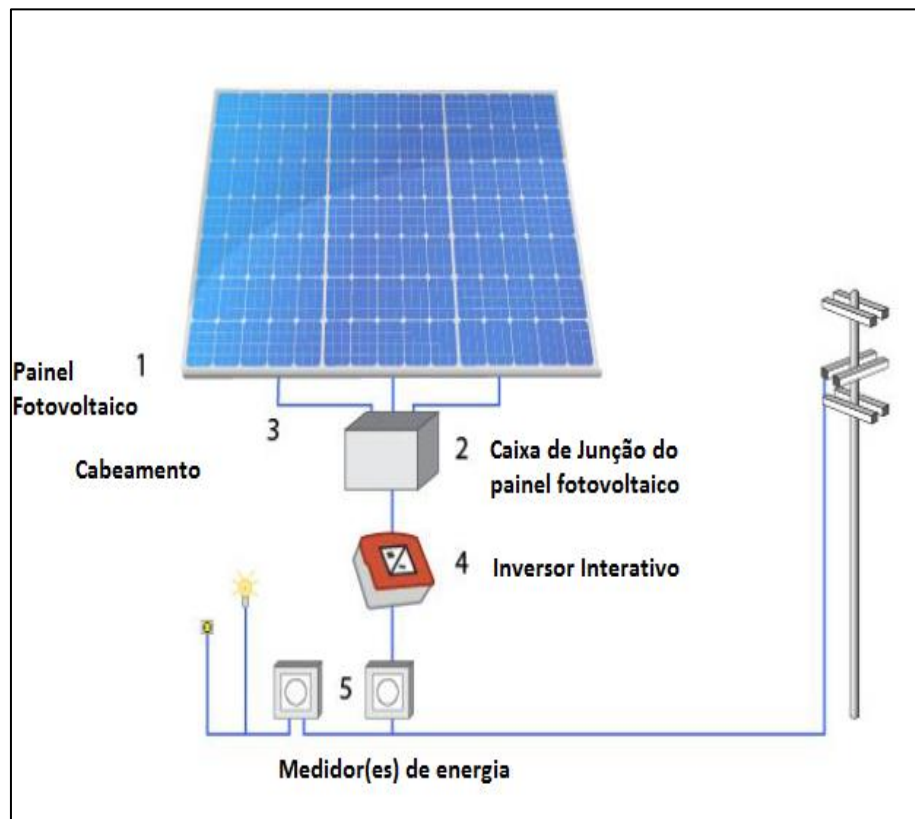


Figura 4 - Componentes de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On-Grid)
Fonte: BlueSol Energia

Existem dois tipos de configurações para a instalação de sistema fotovoltaico conectado à rede: sistemas distribuídos e centralizados. Na primeira opção, os módulos fotovoltaicos podem ser instalados de maneira integrada à edificação ou na fachada no prédio. Os sistemas centralizados, por sua vez, são usinas fotovoltaicas que podem atingir potências da ordem de MWp (BESSO,2017).

Vale ressaltar que a instalação elétrica de um sistema solar fotovoltaico integrado a uma edificação deve obedecer às mesmas normas técnicas específicas para instalações elétricas de baixa tensão (NBR 5410). De uma forma geral, a única diferença envolvida na instalação de um sistema fotovoltaico em relação a uma instalação elétrica convencional se refere ao fato de que um gerador fotovoltaico estará energizado sempre que sobre ele incidir luz e também ao fato de que se trata (RUTHER,2004)

3.4.4 Sistemas Isolados ou Autônomos

Um Sistema Fotovoltaico Isolado é aquele que não tem contato com a rede de distribuição de eletricidade, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Ele é classificado como sistemas Híbridos ou Autônomos BlueSol (2019). O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis Villalva (2012). Enquanto o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia (PEREIRA E SARMENTO,2011).

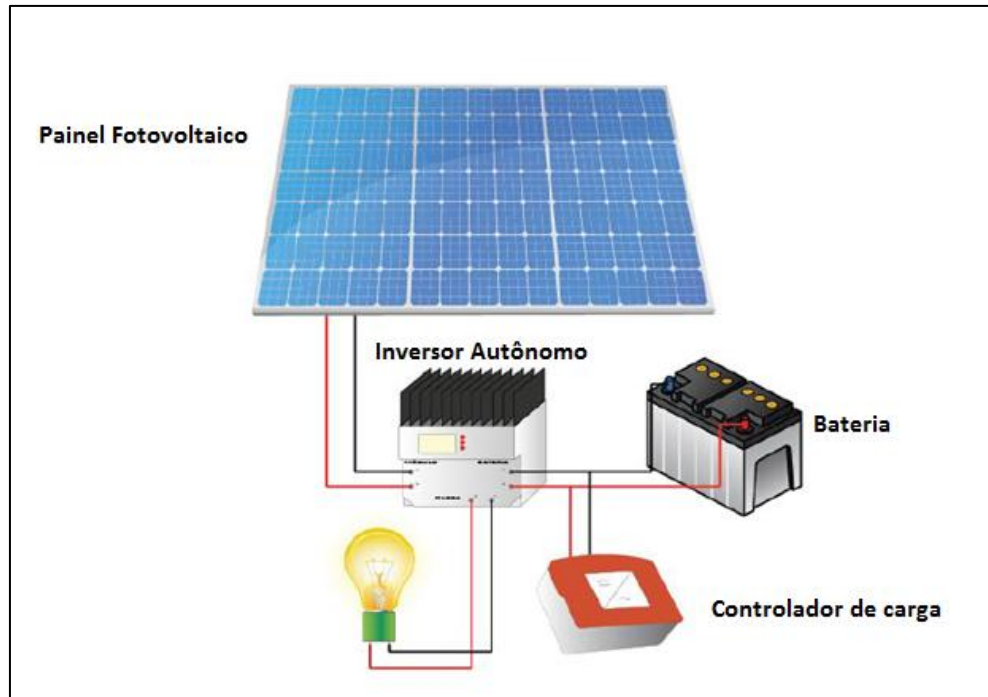


Figura 5 - Componentes de um sistema Fotovoltaico isolado (Off-Grid)
 Fonte: BlueSol Energia

Os sistemas isolados de geração de energia solar fotovoltaica, conforme Figura 5, são compostos de quatro componentes:

- Módulos ou placas solares:

São o coração do sistema e geram a energia elétrica que abastece as baterias. Tem a propriedade de transformar a radiação solar em corrente elétrica contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si.

- Controladores de carga:

São a válvula do coração e garantem o correto abastecimento das baterias evitando sobrecargas e descargas profundas, aumentando sua vida útil.

- Inversores:

São o cérebro do sistema e tem a função de transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC), e levar a tensão, por exemplo, de 12V para 127V. Em alguns casos pode ser ligado a outro tipo de gerador ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias.

- Baterias:

São o pulmão do sistema e armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o sol não esteja presente e não haja outras fontes de energia.

3.4.5 Sistemas Híbridos

É um tipo de sistema fotovoltaico que trabalha em conjunto com outro sistema de geração elétrica, é basicamente a associação de sistemas fotovoltaicos com demais fontes de energia BlueSol (2019). A sua vantagem se dá pelo fato de este sistema proporcionar eletricidade (armazenada em baterias), quando não houver incidência de sol, em dias de baixa ou nenhuma geração. Não obstante, é apontado como um sistema complexo, já que necessita integrar diversas formas de produção de energia elétrica, como motores à diesel ou gás, ou por geradores eólicos (Pereira e Sarmiento). Um sistema híbrido pode ou não possuir sistema de armazenamento. Quando possui, geralmente o sistema de armazenamento tem autonomia menor ou igual a um dia.

3.5 PRINCIPAIS COMPONENTES DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para o funcionamento de um sistema fotovoltaico é necessário a instalação de equipamentos auxiliares em conjunto com os módulos. Esses componentes atuarão, principalmente, no processo de armazenamento e distribuição da energia elétrica gerada, sendo diferenciados de acordo com o tipo de sistema implantado, se on grid ou off grid.

3.5.1 Inversores

Os inversores, representados na Figura 6, são dispositivos eletrônicos que fornecem energia elétrica em corrente alternada, a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (Pinho e Galdino,2014). De acordo com Pereira & Sarmiento (2011), a energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente contínua (CC). Isto inviabiliza a sua aplicação direta na maioria dos equipamentos que trabalham, somente, em corrente alternada (CA).

Para a solução deste problema, empregam-se os inversores, capazes de realizar a conversão desta tensão contínua para um valor de tensão em CA. Além disso, este equipamento é capaz de ajustar a frequência e nível de tensão gerada, para que o sistema possa ser conectado à rede pública, on grid, de acordo com as normas vigentes estabelecidas pela Aneel (ALMEIDA, ROSA e DIAS,2016).



Figura 6 - Inversor de Frequência grid-tie
Fonte: Solar Energia

3.5.2 Controladores de Carga

Também chamado de regulador de carga, este componente é, geralmente, utilizado em sistemas off grid, ou seja, que empregam o uso de baterias para o armazenamento de energia. De acordo com Pereira & Sarmiento (2011), os controladores de carga têm como principal função proteger os acumuladores, isto é, as baterias de sobrecargas do sistema. Além disso, se bem regulados, asseguram que o sistema opere em sua máxima eficiência.

Estes equipamentos quando ajustados corretamente irão garantir o bom desempenho do sistema de baterias sob várias condições (carga, descarga e variações de temperatura) (ALMEIDA, ROSA e DIAS,2016). O princípio de funcionamento, da proteção da bateria através dos controladores de carga, consiste em impedir que ela sofra sobrecarga de tensão e prevenir que ela seja completamente descarregada. Ambas as situações acarretam desgaste e, conseqüentemente, diminuição da vida útil da bateria, por isso devem ser controladas (Pinho e Galdino,2014). A Figura 7 mostra um controlador de carga de 12/24V-20A.



Figura 7 - Controlador de Carga

Fonte: Soletrol Energia

3.5.3 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto. O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA E SARMENTO,2011). Na Figura 8 é possível conhecer a composição do Módulo Fotovoltaico:



Figura 8 - Composição Módulo Fotovoltaico

Fonte: Soletrol Energia

Atualmente são vários os exemplares de módulos solares produzidos, podendo ser rígidos ou flexíveis, de acordo com o tipo de célula empregada (PINHO E GALDINO,2014). Em relação à fabricação dos painéis, torna-se importante ressaltar que, de acordo com Pinho & Galdino (2014), a produção dos módulos solares tem sofrido grande interferência governamental a partir de incentivos fiscais e ambientais. Com isso, o aumento da produção destes componentes tem reduzido os custos para a efetivação do sistema.

3.6 NORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL estabeleceu dia 17 de abril de 2012 uma nova resolução normativa de número 482, que estabelece condições gerais para mini e micro geração de energia elétrica. Os microgeradores são aqueles com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), e os minigeradores, aqueles cujas centrais geradoras possuem potência superior a 100 kW e inferior a 1 megawatt (MW). As fontes de geração precisam ser renováveis ou com elevada eficiência energética, isto é, com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada (ANEEL,2012).

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo

impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL,2012).

As distribuidoras tiveram até dezembro de 2012 para adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso da microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais (ANEEL,2012).

Esta resolução foi criada para simplificar a conexão das mini e micro centrais à rede das distribuidoras de energia elétrica. Permite que a energia excedente produzida possa ser repassada para a rede, gerando um “crédito de energia” que será posteriormente utilizado para abater seu consumo (ANEEL,2012). O saldo positivo desse crédito de energia não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo em outro posto ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses (ANEEL,2012).

A ANEEL também aprovou novas regras para descontos das tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão (TUSD e TUST) para usinas de até 30 MW que utilizarem fonte solar. Além disso, também houve a aprovação da implantação do projeto piloto da Companhia de Eletricidade da Bahia (COELBA) para geração solar fotovoltaica no estádio de futebol Governador Professor Roberto Santos em Salvador.

3.7 VIABILIDADE ECONÔMICA

O atendimento para suprir as demandas energéticas às comunidades rurais isoladas e também as áreas remotas tem sido um grande desafio, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento devido às questões econômicas e sociais.

Embora se saiba que ainda há um elevado custo para a utilização da energia solar, quando se trata de áreas isoladas, pode – se dizer que a energia fotovoltaica torna – se a que possui maior potencial. De acordo com o que argumenta Almeida (2002), “a base do desenvolvimento sustentável é um sistema de mercados abertos e competitivos em que os preços refletem com as transparências dos custos, inclusive os ambientais.”, pode-se dizer que a existência de um mercado competitivo estimulará

a queda nos preços dos sistemas de produção de energia solar, de modo que se busque criar novas tecnologias que, sob o viés econômico e ambiental, tornam a produção energética mais eficiente, minimizando a poluição e os impactos ambientais.

Os sistemas de suprimento de energia renováveis alternativas de forma descentralizada, vem sendo empregados para atender a comunidades rurais e estes sistemas veem mostrando que são economicamente viáveis, o que vem criando opções de geração de energia elétrica de forma não poluente.

O foco central deste estudo é analisar a viabilidade econômica da implantação dos sistemas fotovoltaicos, especificamente nas regiões menos favorecidas socioeconomicamente, estas regiões mais vulneráveis economicamente são atraentes, tendo em vista que possuem incidência solar, fator fundamental para a geração de energia fotovoltaica.

Os métodos de avaliação econômica de sistemas energéticos diferem essencialmente na maneira em que relacionam custos e benefícios que, mesmo ligados entre si, não são necessariamente excludentes, pois tratam de tipos diferentes de decisões de investimentos. Assim, para alguns tipos de decisões, a escolha de um método é mais importante do que a de outro (HIRSCHFELD,2000).

Assim faz necessário o dizer de (COSTA et al., 2000 e FADIGAS, 1993 “para saber se a energia solar é um investimento economicamente viável, é necessário recorrer ao uso de modelos de análise que avaliem tanto os custos do investimento quanto os benefícios decorrentes do mesmo”.

Neste estudo, que objetiva analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica serão analisados o payback, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente deste sistema fotovoltaico.

3.7.1 Payback Simples

O *payback* trata-se do tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento. Segundo Júnior, Rigo, & Cherobin (2002) as vantagens de se utilizar o método do payback são o fácil entendimento, o fato de favorecer a liquidez e também o caso de considerar a incerteza de fluxos de caixa distantes.

Este método, de acordo com os autores citados, considera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos, em que o projeto recupera o valor inicial investido.

Conforme Endler, Steiner e Bourscheidt (2014) para calcular o payback basta somar os fluxos de caixa líquido esperados para cada ano até que seja atingido o valor do custo inicial do projeto, assim tem-se o tempo total de recuperação do investimento, como na fórmula abaixo para o payback simples:

$$\text{Payback Simples} = \frac{\text{Desembolsos Líquidos}}{\text{Entradas Líquidas de Caixa}}$$

Entretanto o payback descontado indica o período de tempo em que o capital investido no projeto inicialmente, seja recuperado e remunerado pela taxa de desconto considerada, onde expressasse pela seguinte fórmula:

$$Fca = \frac{Fc}{(1 + i)^n}$$

No qual:

Fca = Fluxo de caixa atualizado monetariamente;

Fc = Fluxo de caixa;

i = Taxa de juros, taxa mínima de atratividade;

n = Período.

3.7.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é uma ferramenta muito utilizada para análise de investimento de projetos em qualquer nível de organização e que tem basicamente o objetivo de medir o lucro. Abreu Filho (2007, p.83) diz: VPL é simplesmente a diferença entre o valor presente do projeto e o custo do projeto na data atual. VPL positivo significa que o projeto vale mais do que custa, ou seja, é lucrativo. VPL negativo significa que o projeto custa mais do que vale, ou seja, se for implementado, trará prejuízo. Assim,

um VPL positivo indica que o projeto pode prosseguir, pois se pagará no dentro do tempo determinado além de gerar receita para o caixa da empresa, ou seja, trará lucro. Já a indicação de um VPL negativo leva ao gestor do projeto abortar imediatamente o projeto, pois ele não conseguirá pagar o investimento, trazendo prejuízo à organização.

3.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é outra ferramenta utilizada pelos profissionais de finanças para analisar a viabilidade de um projeto. Segundo Gitman (2010): “Taxa interna de retorno (TIR) é uma técnica sofisticada de orçamento de capital; é a taxa de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a zero (isso porque o valor presente das entradas de caixa iguala-se ao investimento inicial). É a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, se aplicar recursos em um projeto e receber as entradas de caixa previstas. ” Assim, a TIR é utilizada para verificar se a taxa de retorno do projeto é melhor do que outros investimentos a uma taxa estabelecida pelo dono do capital a ser investido. Por exemplo, um investimento de capital que dará uma taxa de 10%, o que estabelecerá que a TIR do projeto deva ser maior que 10% para aceitação do patrocinador.

3.7.4 Financiamentos Disponíveis

De acordo com a ANEEL, investimento é a importância efetiva e permanentemente empregada na propriedade do agente outorgado, em função do serviço da sua atividade. É importante considerar que os investimentos realizados hoje em infraestrutura de energia deixarão sua marca nas próximas décadas. Por esse motivo, o setor de energia apresenta oportunidades excepcionais, mas também grandes desafios para investidores e governos que devem aplicar o capital no momento certo e no lugar certo, considerando os horizontes de longo prazo. É por isso que boas decisões de investimento exigem dados e análises oportunas, precisas e confiáveis, preferencialmente incluindo consultas à população, para que se possa elaborar as políticas mais adequadas para alcançar os objetivos de segurança

energética, sustentabilidade ambiental e crescimento econômico³¹, bem como inclusão social. (ONUBR,2017).

Para isso, existe hoje uma disponibilidade grande de linhas de financiamento de energia solar no Brasil, através de bancos públicos e privados. Essas linhas de financiamento podem reduzir a necessidade do desembolso inicial do projeto, e possibilitam ao investidor a utilização da economia da conta de luz, para pagar gradativamente o sistema fotovoltaico. (ENGIE,2018). Os principais são o PRONAF, que é uma linha de crédito governamental do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, voltada para pequenos agricultores e inclui o financiamento de sistemas fotovoltaicos com limite de até R\$ 300 mil. Com taxas que variam de 2,5% a 5,5% anuais, no qual o produtor rural só começa a pagar passados 36 meses da aquisição do crédito, contribuindo para o agricultor criar estratégia de economizar o dinheiro nos primeiros 3 anos, tendo em caixa dinheiro para manter a renda pessoal e ter dinheiro para pagar as parcelas no financiamento após o 3 ano de aquisição. O Banco do Nordeste que possui hoje uma linha de financiamento específica para projetos de micro e minigeração de energia solar, o FNE sol, disponível para empresas, produtores rurais, com prazo de pagamento de até 144 meses, financiando até 100% do custo da obra.

Após o pagamento do sistema fotovoltaico estas famílias poderão utilizar o valor de economia mensal em investimento pessoal como em qualificação profissional, melhoria na qualidade de vida e compra de equipamentos que possa contribuir no aumento de produção dos produtos e da renda.

4 METODOLOGIA

Este estudo de acordo com Lacerda et al. (2007) pode ser classificado como exploratório e descritivo. De acordo com Gil (2002) este estudo é exploratório na medida em que envolve um levantamento de dados que estimula a compreensão da dinâmica da necessidade de uso de novas fontes de energia alternativas para as comunidades rurais de São Mateus – ES, em foco a comunidade Dilô Barbosa.

Possui característica descritiva por realizar uma análise detalhada e minuciosa do objeto de estudo, que é a viabilidade econômica do uso da energia solar nestas regiões rurais (YIN, 2001). A pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos sem manipulá-los. Busca conhecer as diversas situações e relações que ocorrem na vida social, política, econômica e demais aspectos do comportamento humano, tanto do indivíduo tomado isoladamente como de grupos e comunidades mais complexas, e cujo registro não consta de documentos.

Para viabilizar a operação da coleta de dados, são utilizados como principais instrumentos, a observação, a entrevista, o questionário e o formulário.

4.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados se deu via análise regional, que incluiu as investigações econômicas, os impactos ambientais e sociais e demais aspectos voltados ao tema, além de análise técnica, o que abrange as especificações, aplicabilidade e outras informações que constituem as características técnicas da atividade e do estudo de caso.

Na pesquisa de campo, foram realizadas entrevistas junto à comunidade local através do preenchimento de questionários, o que possibilitou a obtenção de informações do perfil da comunidade e da região pelo qual a mesma está localizada. A pesquisa realizou – se em três etapas: coleta de dados por questionário, tratamento dos mesmos e análise dos resultados. Para isso realizou-se o planejamento desta coleta.

4.2 ANÁLISE DOS CENÁRIOS

A primeira análise deste estudo permitiu a elaboração de um modelo de implementação para sistema de geração de energia elétrica a partir de hipóteses formuladas e do referencial teórico aqui abordado. Houve a necessidade de interpretar, conhecer e traduzir os anseios da comunidade em questão através da pesquisa exploratória, e a partir disso realizar um brainstorming avaliando as propostas para atender a estes anseios. Em relação à pesquisa exploratória, Gil (2008) salienta ainda que ela proporciona maior familiaridade com o problema, ou seja, com objetivo de torná-lo mais explícito.

A proposta aqui apresentada foi elaborada para uma residência da comunidade Dilô Barbosa, composta por 4 moradores. Nesta residência o consumo médio informado pelos moradores é de 720,6 kWh, este consumo é formado pela utilização de lâmpadas, eletrodomésticos como televisores, ferro de passar, chuveiro elétrico e para a alimentação das bombas de captação de água do poço artesiano, utilizada para abastecimento e irrigação de pequenos cultivos para subsistência.

O projeto a ser apresentado é de um sistema fotovoltaico conectado à rede, em que a geração de energia elétrica é consumida durante o dia e o sobressalente retorna a rede de distribuição, desta forma o valor da energia injetada na rede é utilizada como crédito energético, servindo para abater no valor da conta de luz da residência, para reduzir o custo na conta de luz. A energia solar é uma das maneiras de economizar energia elétrica utilizando uma fonte de energia renovável, aproveitando a oportunidade de que a região apresenta radiação solar suficiente para este sistema.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 A COMUNIDADE DILÔ BARBOSA

A comunidade rural Dilô Barbosa pertence ao município de São Mateus, que por sua vez localiza-se na região Litoral Norte do estado do Espírito Santo. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o município está localizado em latitude 18°42'58" sul, em altitude 39°51'21" oeste e, estando ainda a uma altitude de 36 metros. Ocupando ao todo, uma área de 2.338,727 km² que corresponde a 5,12% do território total do estado.

O município limita-se ao norte com os municípios de Boa Esperança, Pinheiros e Conceição da Barra; ao sul, com São Gabriel da Palha, Vila Valério, Linhares e Jaguaré; a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com o município de Nova Venécia.

São Mateus é o segundo município mais antigo do país e tem, ainda, a maior população afrodescendente do estado do Espírito Santo. Isso se deve ao fato de o Porto de São Mateus ter sido uma das principais portas de entradas de africanos escravizados no Brasil.

De acordo com a Figura 8, a região onde está compreendido o território da comunidade rural em questão é denominada como Sapê do Norte. De modo que o "Sapê" remete ao tipo de vegetação encontrada ao longo dos vales dos rios Cricaré e Itaúnas, nos municípios de São Mateus e Conceição da Barra (região também chamada de "Nativo") e, que ao todo, abriga cerca de 39 comunidades remanescentes de quilombos. Aliás, o termo "quilombo", enquanto categoria histórica detinha significado de resistência e autoafirmação diante da ordem escravista. Atualmente, os remanescentes de quilombos constituem grupo étnico com identidade política assumida, organizada sob lógica de economia agroextrativista combinada à concepção de uso comum dos recursos naturais (Marin).

Localizado no rio Cricaré, o Porto de São Mateus foi fundamental para o escoamento e comercialização de produtos, como a farinha de mandioca, que além de alimentar as fazendas, as zonas de exploração de ouro e centros urbanos, era utilizado como moeda de troca por africanos escravizados, mais expressivamente com o tráfico negreiro clandestino do século XIX.

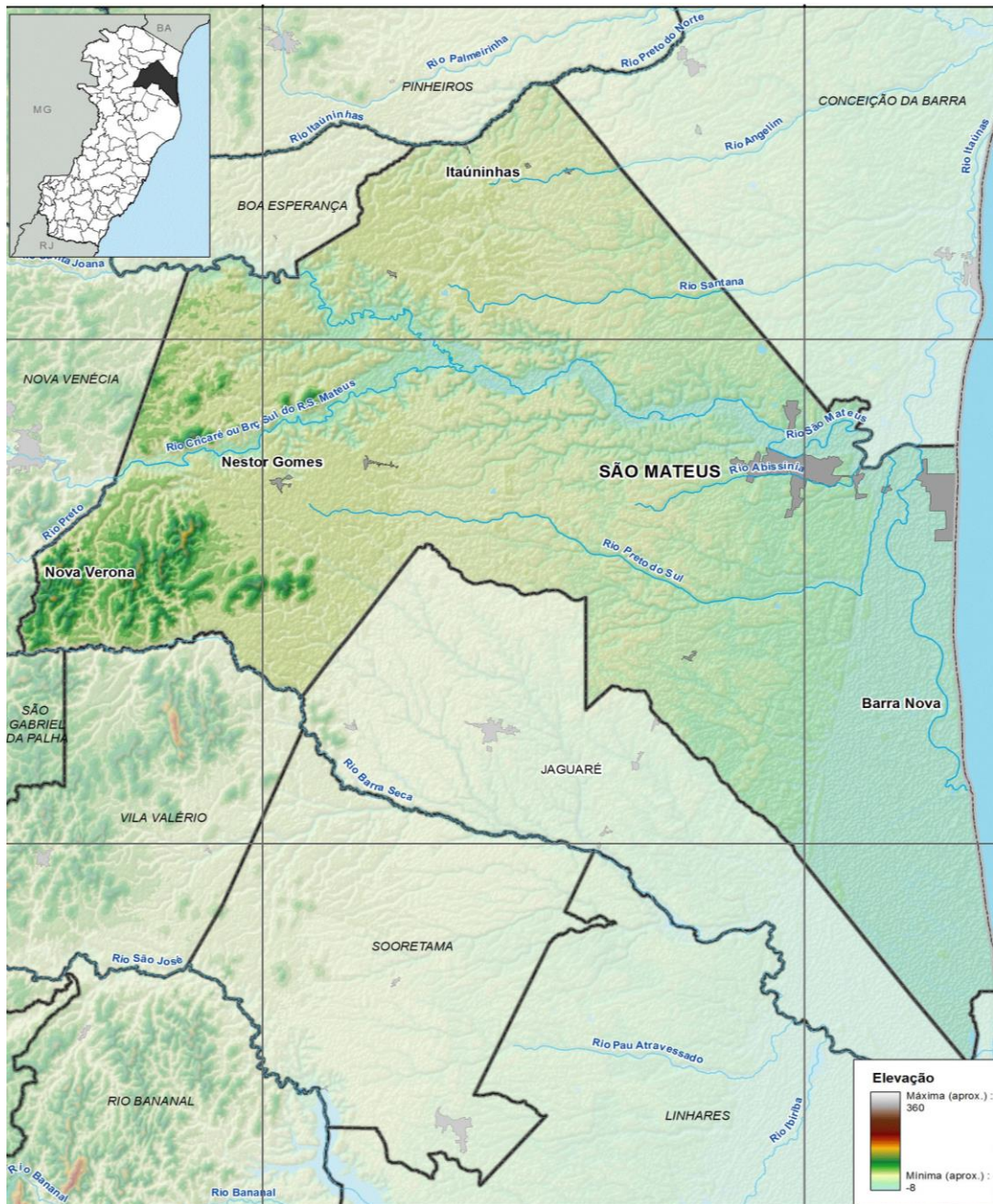


Figura 9 - Localização de São Mateus, no Espírito Santo.

Fonte: ijsn.gov.br

Com a produção e comercialização da farinha de mandioca, as fazendas movidas pelo trabalho escravista, foram se efetivando ao longo dos vales dos rios Cricaré e Itaúnas. Entretanto, após a proibição do comércio de negros africanos em 1888, a farinha de mandioca e os outros produtos gradativamente perderam o poder de moeda de troca por negros, o que por sua vez provocou um deslocamento das

fazendas do norte do estado, estimulando um fluxo de abandono das propriedades pelos fazendeiros. Propriedades essas, que foram posteriormente apropriadas pelos próprios negros ali escravizados.

De acordo com a geógrafa Ferreira (2009) o espaço apropriado pelas comunidades quilombolas da região do Sapê do Norte está organizado de modo peculiar e reproduzem um modo de vida característico de suas tradições.

Os quilombolas mantiveram a produção de farinha de mandioca e do beiju, de forma artesanal até os anos 60. A partir daí eles sofreram impactos devido a implantação de extensos monocultivos de eucalipto, primeiramente utilizado para produção de carvão e madeira e, posteriormente destinado para a indústria de celulose e papel.

A comunidade é formada basicamente por descendentes destes escravos que permaneceram no local, composta por 52 famílias, cada uma com cinco pessoas em média, o que totaliza aproximadamente 260 pessoas. Hoje possuem posto de saúde, distribuição de energia elétrica e água, utilizada para consumo que é proveniente de poço, como a água utilizada para a irrigação agrícola também.

Atualmente a população desta comunidade tira a sua subsistência através da agricultura familiar, caracterizada pela exploração de pequenas áreas de terra e o aproveitamento da mão de obra familiar, realizando o cultivo de mamão, café, pimenta do reino e manejo animal.

Porém como características de comunidades rurais isoladas, foram encontrados fatores problemáticos, associados no abastecimento de água e ao alto consumo de energia elétrica. Devido ao não fornecimento do abastecimento e tratamento da água, dado pelo ao alto custo, principalmente pelo distanciamento de uma companhia levar água até a comunidade, a população usa intensivamente as bombas dos poços artesianos, para uso pessoal e para o cultivo da agricultura, o que acarreta no alto consumo de energia elétrica, gerando um custo pelo qual muitos não possuem condições financeiras de arcar, ou custos estes que poderiam ser investidos em outras áreas.

Diante deste panorama, é necessário o estudo de viabilidade econômica de projetos de geração de fontes alternativas, sejam elas do sol, da biomassa e dos ventos, na intenção de conhecer os limites e potencialidade destes sistemas de geração para estas áreas rurais. A observação das condições de vida destas comunidades, a partir da implantação de novas fontes alternativas de geração de

eletricidade, possui a possibilidade de promover melhoria de condições de vida a estes envolvidos.

Nesta discussão, destaca-se a contribuição didática de Nahas (2003), quando afirma ser a qualidade de vida uma condição humana resultante de dois conjuntos de parâmetros, os socioambientais e os individuais, modificáveis ou não, e que caracterizam as condições em que vive o ser humano. (FERREIRA,2009, p 04):

A identidade de Sapê do Norte está vinculada à campesinidade negra presente nas terras de preto. Sua origem comum, os laços de parentesco, casamento endogâmico, saberes tradicionais e o modo de vida sempre inserido num padrão conflitivo com o sistema dominante tecem identidade neste espaço apropriado.

Sob quaisquer origens, as terras de preto trazem em si a história de afirmação étnica de uma população negra outrora escravizada (...) Ali, os antigos escravos passaram a se afirmar enquanto grupos familiares que produziram sua existência material através de práticas agrícolas, pastoreio e atividades extrativistas realizadas a partir do uso comum de determinados recursos.

Pelo que consta, essa população se estabeleceu ao longo de rios, córregos e florestas, sempre recriando o seu modo de vida, configurando uma resistência à sociedade escravista. Os quilombos eram geridos pelo trabalho familiar direcionado à própria subsistência, característica marcante na comunidade em questão.

Esse modo de viver é tecido pela profundez do parentesco, de relações de solidariedade e reciprocidade. Ou seja, esses elementos reunidos configuram uma espécie de ordem moral, segundo os parâmetros definidos por (WOORTMANN, 1990, p 03).

Família, trabalho e terra, nessa ordem social, constituem um ordenamento moral do mundo em que a terra, mais que coisa, é patrimônio, isto é, pessoa moral. [...] a relação do homem com a terra é de troca recíproca, na qual o trabalho fecunda a terra, que se torna morada da vida. A relação com a terra é uma relação moral com a natureza.

A comunidade Dilô Barbosa se estabeleceu na zona rural, na rodovia que liga São Mateus ao município de Boa Esperança, a 25 km da sede mateense, como exposto na Figura 9.

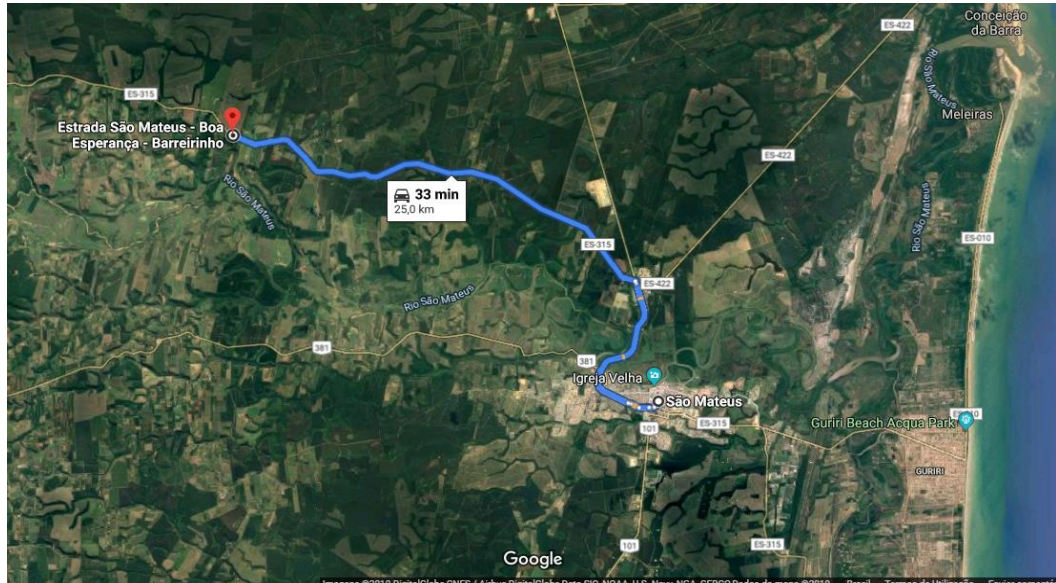


Figura 10 - Localização Comunidade Dilô Barbosa
 Fonte: Adaptado Google Maps

Os quilombolas deram continuidade com a atividade de produção de farinha de mandioca e do beiju, de forma artesanal até os anos 60. A partir daí eles sofreram impactos diretos devido a implantação de extensos monocultivos de eucalipto, primeiramente empregados para a produção de carvão e madeira, e posteriormente destinado à indústria de papel e celulose.

Baseado em pesquisa realizada in loco, a comunidade é formada basicamente por descendentes de escravos que permaneceram no local, composta por cerca de 52 famílias, com média de 5 pessoas em cada, o que gera um total aproximado de 260 pessoas. Hoje, possui posto de saúde, distribuição de energia elétrica, e a água utilizada para consumo provém de poços artesanais, assim como a água consumida pela irrigação agrícola.

A principal fonte de subsistência das famílias dessa comunidade é fruto da agricultura familiar, marcada pela exploração de pequenas áreas de terra e o aproveitamento da mão de obra familiar no cultivo de mamão, café, pimento do reino e, também de manejo animal.

Contudo, por se tratar de uma comunidade rural isolada, alguns fatores problemáticos representaram dificuldades no que tange o abastecimento de água e o consumo [que vem aumentando] de energia elétrica. Problemas que se devem a questões de altos custos na distribuição e tratamento da água, considerando a distância relativa em que se encontra. Obrigando as famílias a recorrerem

intensivamente as bombas de captação de água em poços artesianos, tanto para o uso pessoal, quanto para as atividades do cultivo agrícola, o que exige um alto consumo de energia elétrica para uma comunidade nem tão populosa. Mas que por outro lado, os moradores dali também não teriam condições financeiras de arcar com tais elevados custos, ou se fosse o caso, deixariam de investir em outras atividades importantes.

A partir desse contexto fica necessário um estudo de viabilidade econômica de projetos de geração de fonte alternativa de energia, sejam do sol, ou proveniente de biomassa, ou dos ventos na intenção de conhecer os limites e potencialidades em áreas rurais, como a comunidade aqui abordada. A partir da implantação de novas fontes de geração de eletricidade, sobretudo para mover as bombas de captação de água dos poços, representa uma boa possibilidade de promoção de melhoria de condições de vida para os moradores da comunidade.

5.2 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

A energia solar residencial conectada à rede permitirá produzir energia a parte ou toda a energia consumida pela residência, economizando na conta de luz ao final do mês. Para realizarmos o cálculo do sistema fotovoltaico residencial, utilizamos como base a conta de luz, em relação ao que a família consome de energia elétrica em kWh, na área disponível para receber a placa solar e na localização geográfica, que é o índice de radiação solar.

O inversor solar será instalado entre o sistema fotovoltaico e o ponto de fornecimento à rede, onde terá a função de converter a energia contínua para energia alternada, sincronizando e injetando na rede elétrica.

Para fins de dimensionamento utilizamos os valores de radiação solar diária, de forma a estimarmos a potência ideal de gerador, ao fim do dia, para obter a energia necessária. Fornecendo o valor da radiação solar em média diária, obtém – se a geração diária em kWh/dia, fornecendo o valor de radiação solar mensal, obtém – se a geração mensal dada por kWh/mês.

No levantamento realizado, a residência em questão possui um consumo médio de 520 kWh ao mês, que envolve o uso de seis lâmpadas fluorescentes, uma

televisão com potência de 60 W, chuveiro elétrico, geladeira e na alimentação da bomba do poço artesiano.

A energia solar fotovoltaica gerada não é destinada a uma carga específica, abastecendo toda a residência juntamente com a rede elétrica da distribuidora. Quando a geração solar fotovoltaica é superior à demanda, o sistema devolve a energia para rede, no sentido contrário, para ser utilizada por outros consumidores, automaticamente sem intervenção e seguindo normas de segurança. Quando a geração solar fotovoltaica é inferior à demanda, ou no período noturno, a diferença de energia é suprida automaticamente pela energia elétrica da distribuidora. (SOLARBRASIL, 2019).

Desta forma, os valores aqui apresentados são estimativos e se baseiam em medições de anos passados fornecidas por bancos de dados do CRESESB e da NASA e variam de acordo com o mês do ano e já consideram perdas de inversão e fiação.

O Gráfico 5 apresenta a quantidade de radiação solar em kWh/mês, que a região possui devido a sua localização, considerando o sombreamento e inclinação dos módulos a serem utilizados, o menor valor indicado está entre os meses de maio a julho, devido a incidência do sol em períodos de inverno.

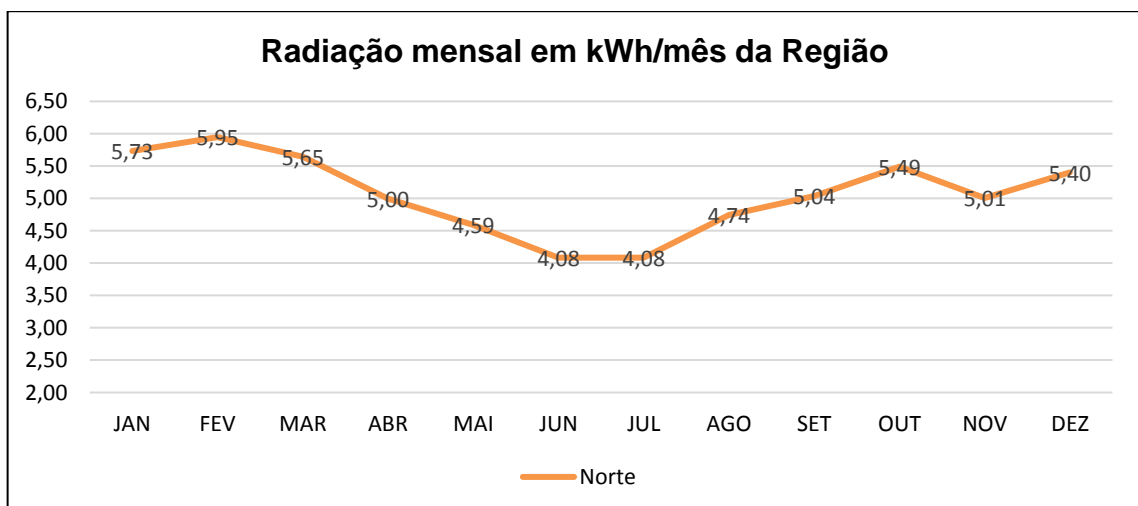


Gráfico 5 - Comparação Geração Energia Elétrica por Fonte Espírito Santo x Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor com base no CRESESB

Tem-se que avaliar qual a produção em kWh do sistema fotovoltaico para determinar se o mesmo atenderá a demanda requisitada. Para isso, realizou-se o perfil de previsão de geração que o sistema fotovoltaico atingiria para o projeto anualmente.

A potência gerada pelo sistema irá equivaler a 63,42% da energia consumida pela residência, ou seja, o consumo na média anual da residência de 520,00 kWh, 330,34 kWh o sistema fotovoltaico geraria, levando em consideração um sistema fotovoltaico contendo 08 módulos solares. O Gráfico 6 demonstra os picos de produção do sistema fotovoltaico, os meses em que a produção é menor e os meses de alta produção, nota – se que ele mantém a média acima de 300 kWh, exceto nos meses maio a julho.

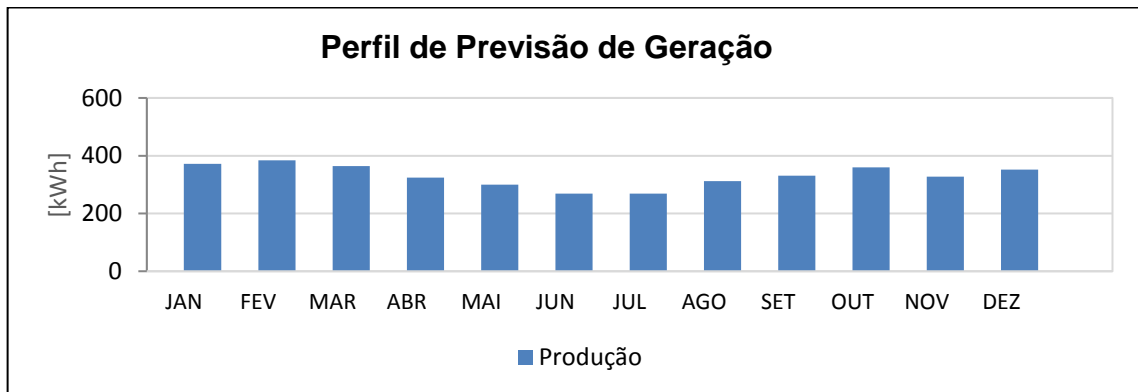


Gráfico 6 - Perfil de Previsão de Geração

Fonte: Elaborado pelo autor com base na proposta comercial

O custo para este projeto foi orçado em R\$ 20.860,75 reais, custos estes atrelados ao conjunto de gerador de energia, custo com instalação, engenharia, dentre outros, como apresenta o Gráfico 7.

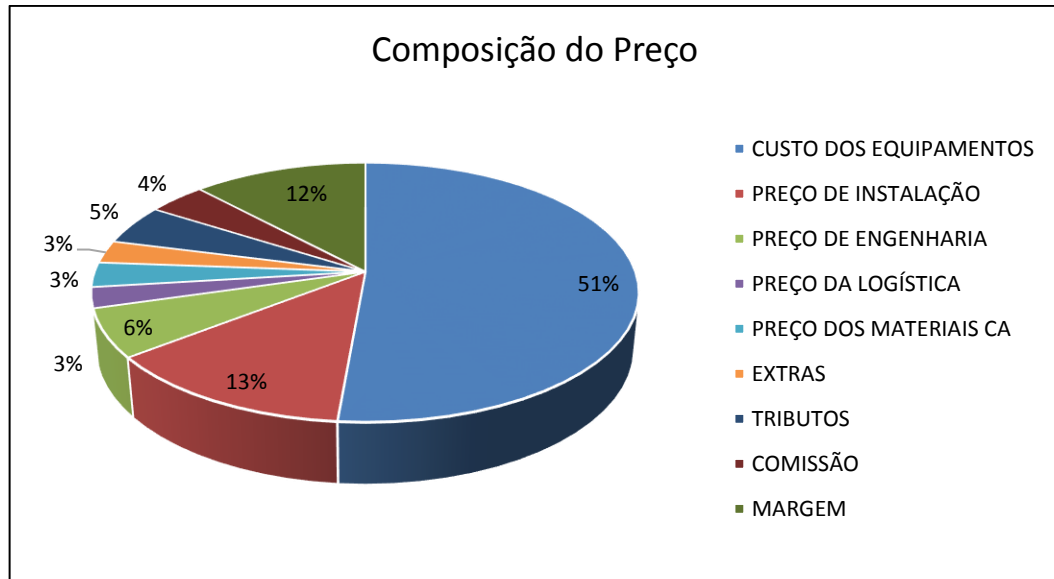


Gráfico 7 - Composição do Preço

Fonte: Elaborado pelo autor com base na proposta comercial

O Gráfico 8 apresenta os resultados da proposta elaborada, onde demonstra o valor do investimento no período de 25 anos, no qual foi possível analisar que o retorno do investimento começa a surgir a partir do 6 ano, com base no seu *payback* resultando em 5,16.

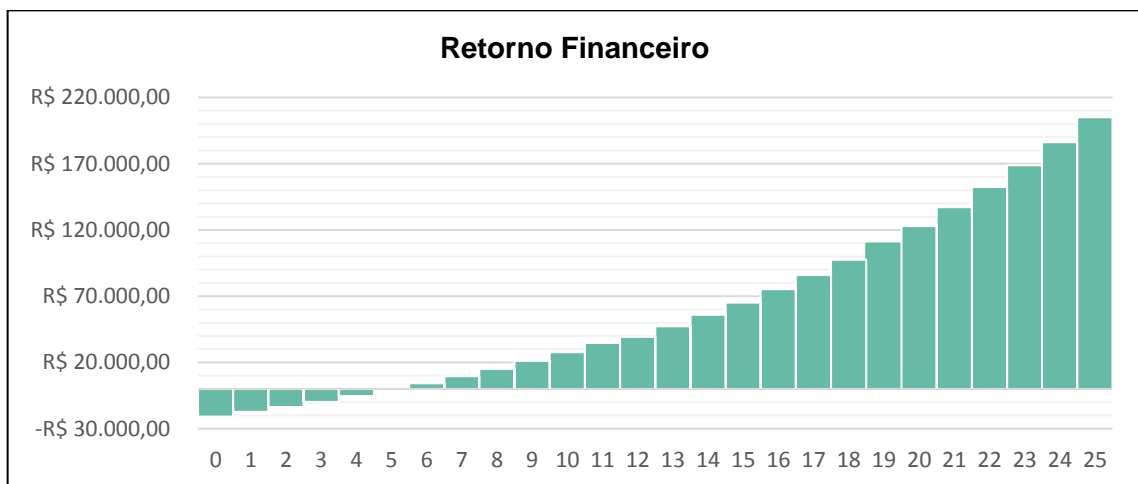


Gráfico 8 - Composição do Preço

Fonte: Elaborado pelo autor com base na proposta comercial

Este cálculo do payback foi realizado multiplicando a média de geração do sistema fotovoltaico pelo valor atual da tarifa cobrada pela distribuidora de energia, resultando no retorno que será multiplicado pelos 12 meses do ano. Quando o valor da economia se iguala ao do investimento, é o momento em que o investimento estará se pagando.

Contando que o valor presente líquido (VPL) é estimado em R\$ 34.178,52, a taxa interna de retorno estimada em 22,31% e em 25 anos, o sistema terá produzido aproximadamente 87.705,40 kWh em energia elétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado buscou apresentar uma alternativa viável para problemas reais, que uma comunidade rural isolada enfrenta. Em resumo, como vimos a comunidade em questão é a Dilô Barbosa, localizada no município de São Mateus-ES. Ao longo deste estudo o foco foi direcionado para uma análise detalhada acerca da viabilidade, sobretudo econômica, do emprego de mecanismos e sistemas de energia solar, para a produção de eletricidade suficiente para a realização de atividades locais importantes, para exemplificar, como na geração de eletricidade para o funcionamento das bombas de captação de água, dos poços artesianos que abastecem e suprem as necessidades vitais dos moradores dali. Portanto, este esforço é um projeto sério e, em razão de sua essência e pelo que busca, é também, socialmente agregador e de cunho humanitário.

Vimos ainda que, as fontes alternativas de energia de origem solar apresentam processo de geração de eletricidade mais simplificado do que os processos regulares na obtenção de energia a partir de combustíveis fósseis ou nucleares, por exemplo. Sendo assim, a possibilidade de implantação de um sistema energético alternativo, como o solar, representará/representaria uma forma de independência energética, uma vez, que os moradores da comunidade em análise poderão/poderiam produzir energia de maneira mais autônoma, ou seja, sem necessariamente depender das linhas de transmissão. Ademais, conseqüentemente importando menos custos (devido a provável redução de gastos com os sistemas de transmissão e distribuição convencionais/estatais) e mais qualidade de vida.

Outro fator importante, e este por sua vez tangente às questões estratégicas e de viabilidade, é que depois de instalado, o sistema de geração de energia solar, ou mais especificamente, Sistema Fotovoltaico, quase não apresenta custos de manutenção e reparação, além de ao longo do prazo, os equipamentos solares terem boa vida útil (aproximadamente 30 anos). E, ainda, como ficou possível constatar, temos o importante fato de a comunidade localizar-se em região de potencial de produção, ou seja, com boa incidência solar anual.

Vale ressaltar que, por fazer parte da região da SUDENE, e ser caracterizado como produtores rural e quilombolas, os créditos bancários e financiamentos possuem taxas mais atrativas e uma facilidade de conclusão perante aos bancos.

As informações obtidas neste estudo de caso, poderão ser utilizadas para o desenvolvimento de projetos futuros que possam contribuir para estas famílias que vivem em comunidades rurais, ou isoladas.

As possíveis propostas de trabalhos futuros são a elaboração de um projeto de sistema solar fotovoltaico isolado, para as bombas dos poços artesianos e/ou residências em que o acesso à rede elétrica é dificultado e elaboração de um projeto de sistema de aquecimento solar, trazendo água aquecida aos que não possuem e ao mesmo tempo reduzindo na conta de energia.

Tornando, portanto, ainda mais viável, o emprego da energia solar, na região no qual a comunidade está inserida.

REFERÊNCIA

ALMEIDA, Eliane. **Energia solar fotovoltaica: Revisão Bibliográfica**. Belo Horizonte, 2016.

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Relatorio_Aneel_2012.pdf>
Acesso em: 04 mar. 2018.

ATLAS. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 3º ed.** Brasil 2008. Disponível em:
<<arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>> Acesso em: 10 de abr. 2019

Besso, Rachel. **Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede: Estudo de Caso**. São Paulo, 2019.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017, ano base 2016**. Disponível em:<<http://epe.gov.br/sitespt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2019

Ferreira, Simone Raquel Batista. **Donos do Lugar: A territorialidade quilomba do Sapê Norte - ES**. São Mateus, 2009.

Freitas, Giovana; Ricardo Dathein. **As Energias Renováveis no Brasil: Uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e Ambiental**, v.7, n. 1. 2013.

Matriz Energética e Elétrica. 2018. Disponível em:
<<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 10 de mar. 2019

Marin, R. A. **Quilombo de Abacatal, Ananindeua - Pará: Direitos territoriais e conflito socioambiental**. Disponível em: <<http://novacartografiasocial.com/info-pncsa/>> Acesso em: 10 de mar. 2019

Nahas, Markus Vinicius. **Atividade Física, saúde e qualidade de vida: Conceitos e Sugestões para um estilo de vida ativo**. 3 ed. Londrina: Midiograf, 2003.

ONUBR. **Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7- Energia limpa e acessível**. Disponível em:
<<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/glossario-do-ods-7.html>>
Acesso em: 10 fev. 2019.

Pereira, Eni. **Atlas Brasileiro De Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

Pinho, João Tavares; Marco Galdino. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: GTES - Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2014.

Rampinelli, Giuliano Arns; Celso Generoso da Rosa Junior. **Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica**. Revista Ciências Exatas e Naturais, vol. 14, São Paulo 2012.

Ruther, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1. ed. Florianópolis: UFSC 2004.

Kellen Dayelle, Maria Teresinha; Arns Steiner ; Eduardo Bourscheidt. **Análise da viabilidade econômica de um investimento em uma agroindústria situada no oeste do estado do Paraná**. Paraná: ENEGEP, 2014.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA

QUESTIONÁRIO IDENTIFICAÇÃO DA COMUNIDADE

Nome da Comunidade:

Município:

Estado:

Distância da comunidade em relação ao município:

1. Quantas pessoas moram na sua casa?
2. Em que elas trabalham?
3. Na comunidade existe coleta de lixo? Se não, o que você faz com o lixo produzido pela sua família?
4. A comunidade possui trabalhos agrícolas? Quais?
5. Qual a maior dificuldade enfrentada na produção agrícola?
6. Quanto você paga pelo seu consumo de energia por mês? Quantos relógios de energia existem em sua residência?
7. A comunidade dispõe de sistema de abastecimento de energia elétrica? Quais são?
8. A comunidade dispõe de sistema de abastecimento de água potável?
9. A comunidade utiliza poços artesianos?
10. Existe um sistema de saneamento básico, como por exemplo rede de esgoto?
11. Informe na tabela abaixo a quantidade de eletrodomésticos que você tem em sua residência, quantidade de dias em que são usados e o tempo médio de uso por dia:

Aparelhos Elétricos	Quantidade	Potência	Dias de Uso/Mês	Tempo de Uso
FERRO ELÉTRICO				
SECADOR DE CABELO				
LAVADORA DE ROUPAS				
LIQUIDIFICADOR				
FOGÃO À GAS				
GELADEIRA 1 PORTA				
GELADEIRA 2 PORTAS				
LÂMPADA FLUORESCENTE				
LÂMPADA DE LED				
LÂMPADA INCANDESCENTE				
MÁQUINA DE COSTURA				
RÁDIO				
TELEVISÃO				
VENTILADOR				
VENTILADOR DE TETO				
CHUVEIRO ELÉTRICO				
AR CONDICIONADO				

APÊNDICE B – PROPOSTA COMERCIAL

POTÊNCIA PICO DO SISTEMA [KWp]		MÓDULO UTILIZADO		GRÁFICOS				FINANCEIRO	
POT. PICO COMPENSADA [KWp]	2,35	Marca	CS6U-350P	HSP				CAIXA	
OBSERVAÇÃO		Modelo	Canadian Solar	Norte	Leste	Oeste	Sul	0	-R\$ 20.860,75
0		Potência Nominal [W]	Canadian 350W	JAN	5,73	0,00	0,00	1	-R\$ 17.391,79
Produção Média Mensal [kWh]	330,34	Quantidade	8	FEV	5,95	0,00	0,00	2	-R\$ 13.669,60
% de Redução na Conta de Energia	63,42%	Garantia Defeitos	10	MAR	5,65	0,00	0,00	3	-R\$ 9.675,69
Economia Mensal R\$	289,08	Garantia Geração	25	ABR	5,00	0,00	0,00	4	-R\$ 5.390,22
Economia Anual R\$	3.468,96	Dimensões [m]	2000x992x40	MAI	4,59	0,00	0,00	5	-R\$ 791,92
Retorno do Investimento	6	Peso [kg]	22,6	JUN	4,08	0,00	0,00	6	R\$ 4.142,06
Payback	5,16	Tipo de Célula	Policristalina	JUL	4,08	0,00	0,00	7	R\$ 9.436,23
VPL R\$	34.178,52	INVERSOR UTILIZADO		AGO	4,74	0,00	0,00	8	R\$ 15.116,86
Taxa Interna de Retorno	22,31%	Marca	UNO-3.3-TL-PLUS	SET	5,04	0,00	0,00	9	R\$ 21.212,19
Produção em 25 anos [kWh]	87.705,40	Modelo	UNO 3.3kW	OUT	5,49	0,00	0,00	10	R\$ 27.752,47
Produção em 25 anos [R\$]	229.090,84	Potência [W]	3,50	NOV	5,01	0,00	0,00	11	R\$ 34.770,19
ESTRUTURA UTILIZADA		Quantidade	1,00	DEZ	5,40	0,00	0,00	12	R\$ 39.171,09
Modelo	K2 SYSTEM	Garantia	10 *(15/20)	PRODUÇÃO X CONSUMO				13	R\$ 47.250,80
Dimensões	15,5	Eficiência	97,00%	Consumo	Produção	Acumulado	14	R\$ 55.920,33	
Quantidade	1 Kit	Dimensões	553X418X175	JAN	590,00	371,62	0,00	15	R\$ 65.222,73
Perfil	Alumínio	Peso	15	FEV	580,00	384,10	0,00	16	R\$ 75.204,20
19/07/2019		Grau de Proteção	0	MAR	590,00	364,36	0,00	17	R\$ 85.914,33
Quantidade	Sistema Solar	Equipamentos		ABR	560,00	324,68	0,00	18	R\$ 97.406,29
8	Módulo Solar	Canadian 350W		MAI	378,00	299,51	0,00	19	R\$ 109.737,17
1	Inversor Interativo	UNO 3.3kW		JUN	378,00	268,21	0,00	20	R\$ 122.968,20
	Estrutura	K2 SYSTEM		JUL	378,00	269,13	0,00	21	R\$ 137.165,09
	Kit de Instalação			AGO	550,00	312,06	0,00	22	R\$ 152.398,36
	Sistema de			SET	550,00	331,07	0,00	23	R\$ 168.743,66
Serviços				OUT	530,00	360,11	0,00	24	R\$ 186.282,16
Serviços de Instalação, Projetos de Engenharia e Solicitação de Acesso à rede.				NOV	580,00	327,30	0,00	25	R\$ 205.100,98
Opções de Parcelamento									
36x R\$ 817,11									
24x R\$ 1.101,68									
12x R\$ 1.971,37									
Pagamento à Vista									
R\$ 20.860,75									