

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MATHEUS MIRA DA SILVA**

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA HÍBRIDO DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO SITE  
IMIGRANTES**

**Varginha**

**2018**

**MATHEUS MIRA DA SILVA**

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA HÍBRIDO DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO SITE  
IMIGRANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas- UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação Prof. Silvio Bottrel e coorientação Prof. Igor Evandro Nogueira de Oliveira

**Varginha**

**2018**

**MATHEUS MIRA DA SILVA**

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA HÍBRIDO DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO SITE  
IMIGRANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas- UNIS pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 07/12/2018

---

Prof. Roberto Mudesto

---

Prof. M.e Eduardo Ferroni

---

Prof. Silvio Bottrel

OBS:

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me colocado onde estou, por ter atendido as minhas preces, me acalmado nos momentos difíceis, oferecendo conforto e força para chegar até aqui. Agradeço a minha mãe Márcia e ao Juliano por todo apoio, principalmente no final dessa jornada. Agradeço aos meus queridos sogros Milton e Cidinha por todo o apoio em Varginha e pelos momentos divertidos. Agradeço ao meu amigo Igor Nogueira pelo grande auxílio e orientação. Agradeço aos meus amados irmãos Thiago e Bárbara pela amizade. A minha amada noiva Marta pela paciência, tolerância, amor e carinho, me apoiando, acreditando sempre no meu futuro profissional e dividindo os sonhos. Aos meus amigos de sala e professores que foram fundamentais para o meu crescimento profissional.

A ciência humana de maneira nenhuma nega a existência de Deus. Quando considero quantas e quão maravilhosas coisas o homem compreende, pesquisa e consegue realizar, então reconhece claramente que o espírito humano é obra de Deus, e a mais notável."

Galileu Galilei

## RESUMO

O consumo mundial de energia baseado em combustíveis fósseis, conduziu a humanidade para uma matriz energética insegura, cara e bastante negativa para o meio ambiente. Além disso, a demanda energética aumenta com o passar dos anos e a disponibilidade de recursos naturais não acompanha essa exigência. Diante desse quadro o trabalho tem o objetivo de apresentar melhorias no sistema híbrido instalado no site localizado na rodovia Imigrantes contemplando uma redução dos gastos anuais com óleo diesel, com manutenção do gerador e com mão de obras de terceiros. O projeto híbrido elaborado em 2012 para reduzir o uso do GMG, se fez eficaz e muito rentável para a empresa, porém com o acréscimo de cargas instaladas, troca de GMG e falta de manutenção do sistema, os gastos anuais com o site IMT tiveram um grande aumento. Foi novamente dimensionado o sistema utilizando o que tem de melhor no mercado atual e o investimento necessário no projeto seria de R\$ 278.780,00. O projeto funcionaria com o as fontes geradoras eólicas, solar, o armazenando em bancos de baterias e o GMG que seria utilizado somente nos meses críticos de geração, reduzindo para o uso diário de no máximo 3h/dia. Conclui-se que o sistema terá melhorias tanto na parte financeira quanto no controle, pois com a instalação da nova matriz solar é possível monitorar de qualquer lugar desde que tenha conexão com internet.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Energia Solar. Gerador. Imigrantes. Site.

## **ABSTRACT**

World consumption of energy based on fossil fuels has led mankind to an insecure, expensive energy matrix that is very negative for the environment. In addition, energy demand increases over the years and the availability of natural resources does not meet this requirement. In view of this scenario, the objective of the work is to present improvements in the hybrid system installed on the site located on the Imigrantes highway, contemplating a reduction of annual expenses with diesel oil, with maintenance of the generator and with third-party works. The hybrid project developed in 2012 to reduce the use of GMG was effective and very profitable for the company, but with the addition of installed loads, change of GMG and lack of maintenance of the system, the annual expenses with the IMT site had a increase. The system was again scaled using what is best in the current market and the investment required in the project would be R \$ 278,780.00. The project would run with wind power generating sources, solar, storing in banks of batteries and GMG that would be used only in the critical months of generation, reducing to the daily use of maximum 3h / day. It is concluded that the system will have improvements in both financial and control, since with the installation of the new solar array it is possible to monitor from anywhere as long as it has an internet connection.

**Keywords:** Energy Efficiency. Solar energy. Generator. Immigrants. Site.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cargas do Site IMT atual.....	41
Tabela 2 – Gasto anual com o sistema antes de 2012.....	46
Tabela 3 – Gastos com o sistema híbrido instalado.....	47
Tabela 4 – Gasto anual com o sistema antes de 201 Gastos site IMT atual.....	48
Tabela 5 – Valores de geração destinados a cada matriz elétrica.....	51
Tabela 6 – Dados do Atlas Solarimétrico para cidade de São Bernardo do Campo.....	51
Tabela 7 – Dados elétricos do módulo Q.Power 330W em condições STC.....	53
Tabela 8 – Dados elétricos dos inversores Victron.....	54
Tabela 9 – Estimativa de geração mensal do sistema fotovoltaico.....	55
Tabela 10 – Gastos site IMT atual.....	58



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira de 2016.....	13
Figura 2 – Movimento da terra.....	20
Figura 3 – Potencial Solar.....	22
Figura 4 – Configuração básica.....	23
Figura 5 – Sistema conectado à rede.....	24
Figura 6 – Sistemas Isolados.....	25
Figura 7 – Sistema Híbrido.....	26
Figura 8 – Boia flutuante em Valente- BA.....	27
Figura 9 – Evolução das Instalações Fotovoltaicas no Mundo.....	28
Figura 10 – Países com maior capacidade de geração Fotovoltaica.....	29
Figura 11 – Painel Fotovoltaico.....	38
Figura 12 – Banco de Baterias.....	39
Figura 13 – Tipos de ondas.....	39
Figura 14 – Aerogerador.....	41
Figura 15 – Fluxograma.....	44
Figura 16 – Localização do site.....	45
Figura 17 – Desacoplagem do gerador eólico.....	48
Figura 18 – Falta de manutenção adequada aos painéis solares.....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA – Corrente alternada

CC – Corrente Contínua

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

ELETROPAULO – Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GMG – Grupo Moto Gerador

GW – Giga Watts

HSP – Horário de sol Pleno

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

kWh – *kilo watt* hora

MG- Minas Gerais

MME – Ministério de Minas e Energia

MW- *Mega Watts*

MWp- *Mega Watts* pico

MPPT - Ponto de Máxima Potência

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PR- Paraná

PR – Performance Ratio

PROPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

RS – Rio Grande do Sul

SC- Santa Catarina

RJ- Rio de Janeiro

2G – Segunda Geração

3G- Terceira Geração

4G- Quarta Geração

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Conceito.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Matriz Elétrica Brasileira.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Fontes de Energia.....</b>	<b>14</b>
2.3.1 Hidráulica.....	14
2.3.2 Gás Natural.....	15
2.3.3 Petróleo.....	15
2.3.4 Carvão.....	16
2.3.5 Energia Nuclear.....	17
2.3.6 Biomassa.....	18
2.3.7 Eólica.....	18
<b>2.4 Energia Solar.....</b>	<b>19</b>
2.4.1 Energia Solar Fototérmica.....	20
2.4.2 Arquitetura Bioclimática.....	21
2.4.3 Energia Solar Fotovoltaica.....	21
2.6.1 Sistemas Interligados à Rede On-Grid.....	23
2.6.2 Sistemas Isolados Off-Grid.....	24
2.6.2.1 Sistema Híbrido.....	25
2.6.2.2 Sistema Autônomo.....	26
<b>2.7 Instalações solares no Brasil e no Mundo.....</b>	<b>27</b>
<b>2.8 Expansão da Energia Solar no Brasil e Incentivos do Estado de São Paulo</b>	<b>29</b>
<b>2.9 Questão Ambiental.....</b>	<b>31</b>
2.9.1 Licenciamentos ambiental para geração de energia solar no estado de São Paulo..	31
<b>3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Conceito.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Legislação.....</b>	<b>32</b>
<b>4. TELECOMUNICAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Conceito.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Redes Móveis.....</b>	<b>35</b>

<b>5. SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Componentes do Sistema.....</b>	<b>36</b>
5.1.1 Painel Fotovoltaico.....	36
5.1.2 Baterias.....	37
5.1.3 Controlador/ Regulador de Tensão.....	37
5.1.4 Inversores.....	38
5.1.5 Aerogerador.....	39
<b>5.2 Dimensionamento do Sistema.....</b>	<b>40</b>
5.2.1 Levantamento de dados para o dimensionamento do sistema.....	40
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
<b>7. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>42</b>
7.1 Levantamento de dados Telefônica e característica do Site IMT.....	43
7.2 Levantamento de dados Inicial.....	44
7.3 Levantamento de dados Final.....	49
<b>8.                    RESULTADOS                    E                    DISCUSSÃO</b>	
.....	Erro! Indicador não definido.
<b>9. CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>10. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo mundial de energia baseado em combustíveis fósseis, conduziu a humanidade para uma matriz energética insegura, cara e bastante negativa para o meio ambiente. Além disso, a demanda energética aumenta com o passar dos anos e a disponibilidade de recursos naturais não acompanha essa exigência. Isso tem levado muitos países a considerarem a necessidade de profundas mudanças, incluindo a intensificação do aproveitamento de outras fontes energéticas, principalmente as renováveis (BRITO, 2007).

Dentro desse contexto surge como uma alternativa o uso de energias renováveis e o investimento tecnológico se faz necessário para alcançar esse objetivo. Do ponto de vista econômico a sustentabilidade e a inovação são diferenciais entre as empresas evidenciando atividades voltadas para o uso eficiente da energia elétrica e melhoria na qualidade do meio ambiente e também no processo produtivo.

Segundo o Ministério das Minas e Energia (MME) por meio do Balanço Energético Nacional – BEN (BRASIL, 2016) estima-se perdas em consumo total de eletricidade em torno de 15,1%, valor considerado alto pelas proporções de produção do Brasil.

Diante desse quadro o trabalho tem o objetivo de apresentar melhorias no sistema híbrido instalado no site localizado na rodovia Imigrantes contemplando uma redução dos gastos anuais com óleo diesel, com manutenção do gerador e com mão de obras de terceiros.

## 2. ENERGIA ELÉTRICA

### 2.1 Conceito

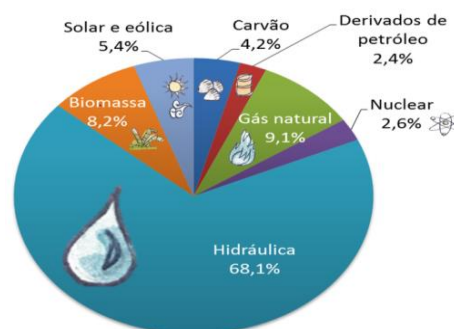
Energia é a propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho. Existem várias formas de Energia: mecânica, química, elétrica, calorífica, atômica dentre outros. A inter-relação dessas formas de energia faz com que a vida na Terra seja possível. A energia não pode ser criada ou destruída, apenas modificada em sua forma.

A energia elétrica pode ser gerada por meio de fontes renováveis de energia (a força das águas e dos ventos, o sol e a biomassa), ou não renováveis (combustíveis fósseis e nucleares).

### 2.2 Matriz Elétrica Brasileira

O Brasil está em posição estratégica para diversificar e descentralizar sua matriz elétrica a partir de fontes renováveis. Dentre as principais características do sistema elétrico brasileiro encontram-se as dimensões continentais do sistema, as elevadas taxas de crescimento do consumo de energia, grande participação de fontes renováveis com predominância da hidroeletricidade e a participação crescente das chamadas novas renováveis, como a eólica e a solar como mostra a Figura 1.

Figura 1- Matriz Elétrica Brasileira de 2016.



Fonte: EPE.

## 2.3 Fontes de Energia

### 2.3.1 Hidráulica

O fluxo das águas é o combustível da geração de eletricidade a partir da fonte hidráulica. Para aproveitar a queda d'água de um rio, por exemplo, estuda-se o melhor local para a construção de uma usina, levando-se em conta o projeto de engenharia, os impactos ambientais, sociais e econômicos na região, além da viabilidade econômica do empreendimento. As obras de uma usina hidrelétrica incluem o desvio do curso do rio e a formação do reservatório. A água do rio movimentada pelas turbinas que estão ligadas a geradores, possibilitando a conversão da energia mecânica em elétrica. A água é o recurso natural mais abundante do planeta. Estima-se que o potencial hidráulico do Brasil seja da ordem de 260 GW (ANEEL, 2008).

A primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX, junto às quedas d'água das Cataratas do Niágara, na América do Norte. No mesmo período, o Brasil construiu sua primeira hidrelétrica, no município de Diamantina (MG), utilizando as águas do Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha. Essa hidrelétrica possuía 0,5 megawatt (MW) de potência e linha de transmissão de dois quilômetros de extensão. Cem anos depois, a potência instalada das usinas aumentou exponencialmente. Concluída em maio de 2006, a Hidroelétrica de Três Gargantas, na China, é hoje a maior hidrelétrica do mundo. Com uma capacidade de geração total de 22.500 MW, ela superou Itaipu Binacional, a maior até então, com capacidade de 14.000 MW. A potência instalada determina se a usina é de grande ou médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) adota três classificações:

- a) centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH, com até 5 MW de potência instalada);
- b) pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH, entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada);
- c) usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW de potência instalada).

O porte da usina também determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para levar a energia até o centro de consumo. No caso das hidrelétricas, quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta (de 230 kV a 750 kV) que, muitas vezes,



atravessam o território de vários Estados. Instaladas junto a pequenas quedas d'água, as PCHs e CGHs, no geral, abastecem pequenos centros consumidores – inclusive unidades industriais e comerciais individuais – e não necessitam de instalações tão extensas para o transporte da energia (CCEE, 2018).

### 2.3.2 Gás Natural

Na geração termelétrica, a eletricidade é produzida a partir da queima de combustíveis, sendo o gás natural um dos mais utilizados no Brasil. O vapor produzido na queima do gás é utilizado para movimentar as turbinas ligadas a geradores. O gás natural tem elevado poder calorífico e, em sua queima, apresenta baixos índices de emissão de poluentes, em comparação a outros combustíveis fósseis. Em caso de vazamentos, tem rápida dispersão, com baixos índices de odor e de contaminantes. O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, originados da decomposição de matéria orgânica fossilizada ao longo de milhões de anos. O desenvolvimento deste tipo de geração é relativamente recente – tem início na década de 1940. O uso dessa tecnologia foi ampliado somente na última década do século passado. Atualmente, as maiores turbinas a gás chegam a 330 MW de potência e os rendimentos térmicos atingem 42%. Entre as vantagens adicionais da geração termelétrica a gás natural estão o prazo relativamente curto de maturação do empreendimento e a flexibilidade para o atendimento de cargas de ponta (CCEE, 2018).

### 2.3.3 Petróleo

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos que tem origem na decomposição de matéria orgânica, principalmente o plâncton (plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), causada pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio. Ao longo de milhões de anos, essa decomposição foi se acumulando no fundo dos oceanos, mares e lagos e, pressionada pelos movimentos da crosta terrestre, transformou-se numa substância oleosa. Essa substância é encontrada em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários. Embora conhecido desde os primórdios da civilização humana, somente em meados do século XIX tiveram início a exploração de campos e a perfuração de poços de petróleo. A partir de então, a indústria petrolífera teve grande expansão. Apesar da forte concorrência do carvão e de outros combustíveis

considerados nobres à época, o petróleo passou a ser utilizado em larga escala, especialmente após a invenção dos motores a gasolina e a óleo diesel. Durante muitas décadas, o petróleo foi o grande propulsor da economia mundial, chegando a representar, no início dos anos 70, quase 50% do consumo de energia primária em todo o mundo. Embora declinante ao longo do tempo, sua participação nesse consumo ainda representa cerca de 43%, segundo dados da Agência Internacional de Energia, de 2003. O petróleo é o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países do mundo. Apesar da expansão recente da hidroeletricidade e da diversificação das fontes de geração de energia elétrica verificadas nas últimas décadas, o petróleo ainda é responsável por cerca de 8% de toda a eletricidade gerada no mundo. A geração de energia elétrica a partir de derivados de petróleo ocorre por meio da queima desses combustíveis em caldeiras, turbinas e motores de combustão interna. A utilização de caldeiras e turbinas é similar aos demais processos térmicos de geração e se aplica ao atendimento de cargas de ponta e/ou aproveitamento de resíduos do refino de petróleo. Os grupos geradores a diesel são comuns no suprimento de comunidades e de sistemas isolados da rede elétrica convencional. No Brasil, onde historicamente a geração de energia elétrica é predominantemente hidrelétrica, a geração térmica tem desempenhado papel importante no atendimento da demanda de pico do sistema elétrico e, principalmente, no suprimento de energia elétrica a municípios e comunidades não atendidos pelo sistema interligado (CCEE, 2018).

#### 2.3.4 Carvão

O exemplo do que ocorre com os demais combustíveis fósseis, é uma complexa e variada mistura de componentes orgânicos sólidos, fossilizados ao longo de milhões de anos. Sua qualidade, determinada pelo conteúdo de carbono, varia de acordo com o tipo e o estágio dos componentes orgânicos. Os depósitos variam de camadas relativamente simples e próximas da superfície do solo e, portanto, de fácil extração e baixo custo, a complexas e profundas camadas, de difícil extração e custos elevados. Na matriz energética mundial, o carvão é responsável por cerca de 8% de todo o consumo mundial de energia e de 39% de toda a energia elétrica gerada. Para assegurar a preservação do carvão na matriz energética mundial, atendendo às metas ambientais, são pesquisadas e desenvolvidas tecnologias de remoção de impurezas e de combustão eficiente do carvão. O aproveitamento do carvão mineral para a geração de energia elétrica no Brasil teve início nos anos 1950. Naquela época,

foram iniciados estudos e, em seguida, a construção das usinas termelétricas de Charqueadas (RS), com 72 MW de potência instalada, Capivari (SC), com 100 MW, e Figueira (PR), com 20 MW (CCEE, 2018).

### 2.3.5 Energia Nuclear

A energia nuclear é proveniente da fissão do urânio em reator nuclear. Apesar da complexidade de uma usina nuclear, seu princípio de funcionamento é similar ao de uma termelétrica convencional, na qual o calor gerado pela queima de um combustível produz vapor, que aciona uma turbina, acoplada a um gerador de corrente elétrica. Na usina nuclear, o calor é produzido pela fissão do urânio no reator, cujo sistema mais empregado é constituído por três circuitos – primário, secundário e de refrigeração. No primeiro, a água é aquecida a uma temperatura de aproximadamente 320°C, sob uma pressão de 157 atmosferas. Em seguida, essa água passa por tubulações e vai até o gerador de vapor, onde vaporiza a água do circuito secundário, sem que haja contato físico entre os dois circuitos. O vapor gerado aciona uma turbina, que movimenta o gerador e produz corrente elétrica. No final dos anos 1960, o governo brasileiro decidiu ingressar na geração termonuclear, visando conhecer melhor a tecnologia e adquirir experiências para o futuro. Na época, cogitava-se a necessidade de complementação térmica para o suprimento de eletricidade no Rio de Janeiro. Decidiu-se, então, que essa complementação ocorresse por meio da construção de uma usina nuclear (Angra I) em Angra dos Reis (RJ). A construção de Angra I (657 MW) teve início em 1972. A primeira reação nuclear em cadeia ocorreu em março de 1982 e a usina entrou em operação comercial em janeiro de 1985. Mas, logo após, interrompeu suas atividades, voltando a funcionar somente em abril de 1987, operando, porém, de modo intermitente, até dezembro de 1990 (nesse período, operou com 600 MW médios durante apenas 14 dias). Entre 1991 e 1994, as interrupções foram menos frequentes, mas somente a partir de 1995 a usina passou a ter operação regular. A construção de Angra II (1.350 MW) teve início em 1976 e a previsão inicial para a usina entrar em operação era 1983. Por falta de recursos, a construção ficou paralisada durante anos e a operação do reator ocorreu somente em julho de 2000, com carga de 200 MW a 300 MW. Entre 20 de agosto e 3 de setembro daquele ano, a usina funcionou regularmente, com 915 MW médios. A partir de então, operou de modo intermitente até 9 de novembro, quando passou a funcionar com potência de 1.350 MW médios (CCEE, 2018).

### 2.3.6 Biomassa

Biomassa é a massa total de organismos vivos numa área. Esta massa constitui uma importante reserva de energia, pois é formada essencialmente por hidratos de carbono. Do ponto de vista energético, para fins de outorga de empreendimentos do setor elétrico, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência inferior à de outras fontes, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por meio da combustão em fornos e caldeiras, por exemplo. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação e a pirólise – decomposição térmica de materiais contendo carbono, na ausência de oxigênio. Também é comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética. No Brasil, a imensidão das regiões tropicais e chuvosas oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala, com grande potencial no setor de geração de energia elétrica. No restante do país, a produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras, também gera grande quantidade de resíduos que podem igualmente ser aproveitados na geração de energia elétrica. No entanto, o recurso de maior potencial para geração de energia elétrica no país é o bagaço da cana-de-açúcar. O setor sucroalcooleiro gera grande quantidade de resíduos, que pode ser aproveitada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração. Ao contrário da produção de madeira, o cultivo e o beneficiamento da cana são realizados em grandes e contínuas extensões, e o aproveitamento de resíduos (bagaço, palha, vinhoto etc.) é facilitado pela centralização dos processos de produção. Em média, cada tonelada de cana processada requer cerca de 12 kWh de energia elétrica, o que pode ser gerado pelos próprios resíduos da cana. Os custos de geração já são competitivos com os do sistema convencional de suprimento, o que possibilita a autossuficiência do setor em termos de suprimento energético, por meio da cogeração (CCEE, 2018).

### 2.3.7 Eólica

Energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas – também denominadas

aerogeradores – para a geração de eletricidade, ou de cata-ventos e moinhos, para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água. A energia eólica é utilizada há milhares de anos no bombeamento d'água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade. A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi implantada na Dinamarca, em 1976. Hoje, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação em todo o mundo. O desenvolvimento tecnológico recente – principalmente no que tange à melhoria dos sistemas de transmissão, da aerodinâmica e da estratégia de controle e operação das turbinas – têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e por uma volatilidade de apenas 5%, o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar usinas eólicas em sistema complementar com usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. As estimativas constantes do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro de 2010, elaborado pela Eletrobras, apontam para um potencial de geração de energia eólica de 143,5 mil MW no Brasil, volume superior à potência instalada total no país nesse mesmo ano. As regiões com maior potencial medido são Nordeste, Sudeste e Sul (CCEE, 2018).

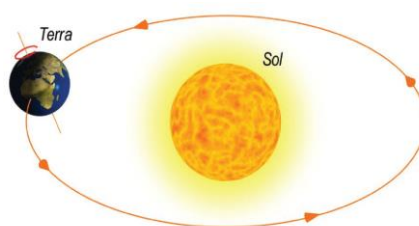
## **2.4 Energia Solar**

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentar os desafios do novo milênio (CRESESB, 2008)

A energia solar irradiada na superfície da Terra é suficiente para atender 10.000 vezes o consumo de energia do mundo. Somente a luz do sol é capaz de produzir uma média de 1.700 kWh de energia elétrica por ano para cada metro quadrado de área (Brakmann et al., 2003). Entretanto, o aproveitamento desta energia exige o conhecimento das componentes direta e difusa da sua radiação local.

A disponibilidade de radiação solar depende da latitude do local. Isso se deve ao movimento da Terra em torno do Sol, que descreve um plano inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  com relação ao plano do Equador. Esta inclinação provoca a variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, determinando as estações do ano, como ilustrado na Figura 2 abaixo (PNE, 2030).

Figura 2 – Movimento da terra.



Fonte: PNE-2030.

No Brasil, existem algumas iniciativas no sentido de levantamento de dados de radiação solar (Lyra et al., 1993), dentre elas tem o Atlas Solarimétrico do Brasil (Tiba, 2000). São várias formas de aproveitar a energia solar, destacando as três principais formas:

- a) Energia Solar Fototérmica;
- b) Arquitetura Bioclimática;
- c) Energia Solar Fotovoltaica.

#### 2.4.1 Energia Solar Fototérmica

Nesse caso, interessa a quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. A utilização dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la. Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica são conhecidos como coletores solares. Os coletores solares são aquecedores de fluidos (líquidos ou gasosos) e são classificados em coletores concentradores e coletores planos em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluido aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final (água aquecida para banho, ar quente

para secagem de grãos, gases para acionamento de turbinas, etc.). Os coletores solares planos são largamente utilizados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis, etc. devido ao conforto proporcionado e a redução do consumo de energia elétrica (CRESESB, 2008).

#### 2.4.2 Arquitetura Bioclimática

Chama-se arquitetura bioclimática o estudo que visa harmonizar as construções ao clima e características locais, pensando no homem que habitará ou trabalhará nelas, e tirando partido da energia solar, através de correntes convectivas naturais e de microclimas criados por vegetação apropriada. É a adoção de soluções arquitetônicas e urbanísticas adaptadas às condições específicas (clima e hábitos de consumo) de cada lugar, utilizando, para isso, a energia que pode ser diretamente obtida das condições locais. A arquitetura bioclimática não se restringe a características arquitetônicas adequadas. Preocupa-se, também, com o desenvolvimento de equipamentos e sistemas que são necessários ao uso da edificação (aquecimento de água, circulação de ar e de água, iluminação, conservação de alimentos, dentre outros) e com o uso de materiais de conteúdo energético tão baixo quanto possível (CRESESB, 2008).

#### 2.4.3 Energia Solar Fotovoltaica

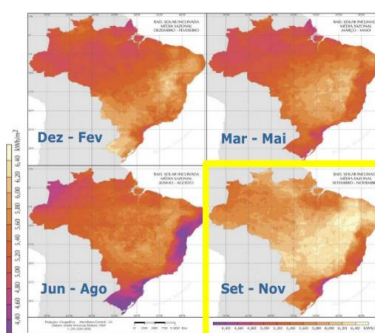
A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão. Inicialmente o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo agente impulsionador foi a “corrida espacial”. A célula solar era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo e peso) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de permanência no espaço. Outro uso espacial que impulsionou o desenvolvimento das células solares foi à necessidade de energia para satélites. A crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em

aplicações terrestres. Porém, para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais. Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor. Em 1993 a produção de células fotovoltaicas atingiu a marca de 60 MWp, sendo o Silício quase absoluto no “*ranking*” dos materiais utilizados. O Silício, segundo elemento mais abundante no globo terrestre, tem sido explorado sob diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. No entanto, a busca de materiais alternativos é intensa e concentra-se na área de filmes finos, onde o silício amorfo se enquadra. Células de filmes finos, além de utilizarem menor quantidade de material do que as que apresentam estruturas cristalinas requerem uma menor quantidade de energia no seu processo de fabricação. Ou seja, possuem uma maior eficiência energética (CRESESB, 2008).

## 2.5 Potencial Solar brasileiro para Geração de Energia Elétrica

Em um estudo realizado pelo MME (2015) mostra o potencial energético relacionado à geração de energia elétrica pelas características da incidência solar por região brasileira. A Figura 3 mostra que o maior potencial está nos meses de setembro e novembro.

Figura 3 - Potencial Solar.



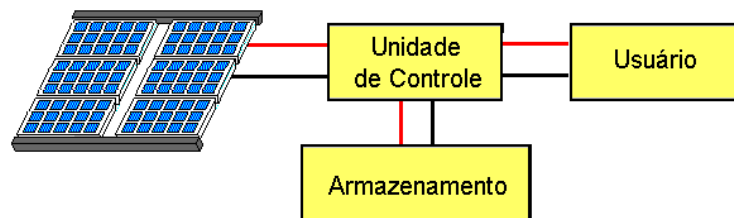
Fonte: MME (2015).



## 2.6 Tipos de Sistemas

Existem 2 tipos de sistemas fotovoltaicos, On Grid (sistemas conectados a rede elétrica) e Off Grid (sistemas isolados da rede elétrica). Os sistemas obedecem a uma configuração básica onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento. A Figura 4 demonstra a configuração básica.

Figura 4 – Configuração básica.

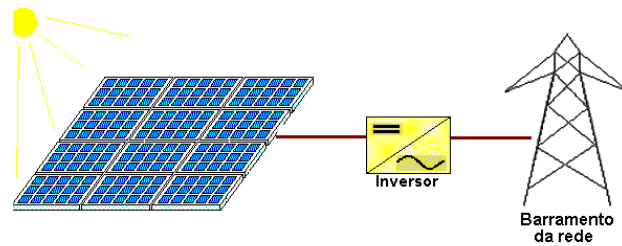


Fonte: CRESESB.

### 2.6.1 Sistemas Interligados à Rede *On-Grid*

Os sistemas conectados à rede, também chamados de *On-Grid*, geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia, e por isso são mais eficientes que os sistemas *Off Grid*, além de, geralmente, serem mais baratos. Este sistema representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual está conectada. Todo o arranjo é conectado em inversores e logo em seguida guiado diretamente na rede. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada. Figura 5 apresenta o sistema *On Grid*.

Figura 5 – Sistema conectado à rede.

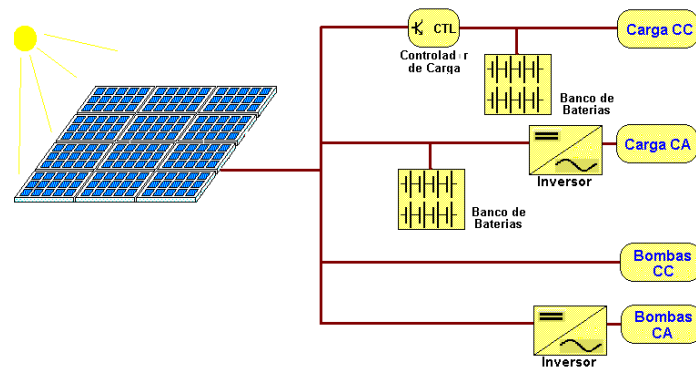


Fonte: CRESESB.

### 2.6.2 Sistemas Isolados *Off-Grid*

Sistemas isolados, em geral, utiliza-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos ou armazena-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios. Em sistemas que necessitam de armazenamento de energia em baterias, usa-se um dispositivo para controlar a carga e a descarga na bateria. O “controlador de carga” tem como principal função não deixar que haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda. O controlador de carga é usado em sistemas pequenos onde os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua (CC). Para alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. Este sistema é usado quando se deseja mais conforto na utilização de eletrodomésticos convencionais. A Figura 6 apresenta os componentes do sistema Isolado.

Figura 6 – Sistemas Isolados.



Fonte: CRESESB.

Os sistemas isolados podem ser classificados entre sistemas Híbridos e Autônomos.

#### 2.6.2.1 Sistema Híbrido

Sistemas híbridos são aqueles que, desconectado da rede convencional, apresenta várias fontes de geração de energia como, por exemplo: turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica torna-se complexo na necessidade de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário. Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas de médio e grande porte vindo a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas de corrente contínua, sistema híbrido também apresenta um inversor. Devido à grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular para cada caso (CRESESB). Este sistema será apresentado no estudo de caso deste projeto. A Figura 7 apresenta detalhes deste sistema.

Figura 7 – Sistema Híbrido.



Fonte: CRESESB.

### 2.6.2.2 Sistema Autônomo

Um sistema fotovoltaico Autônomo é aquele que não possui outra forma de geração de eletricidade. O sistema só gera eletricidade nas horas de sol, o projeto autônomo possui sistema de armazenamento de energia para os períodos sem sol, e também no período chuvoso ou nublado. Os acumuladores são dimensionados de acordo à autonomia que o sistema deve ter, e essa varia de acordo às condições climatológicas da localidade onde será implantado o sistema fotovoltaico. Existe sistema autônomo sem a necessidade de armazenamento, como exemplo, o acionamento de bombas d'água projetado para determinada hora do dia, muito eficiente para local isolado e sem energia próxima. A Figura 8 apresenta um exemplo de utilização deste sistema.

Figura 8 - Boia flutuante em Valente- BA.

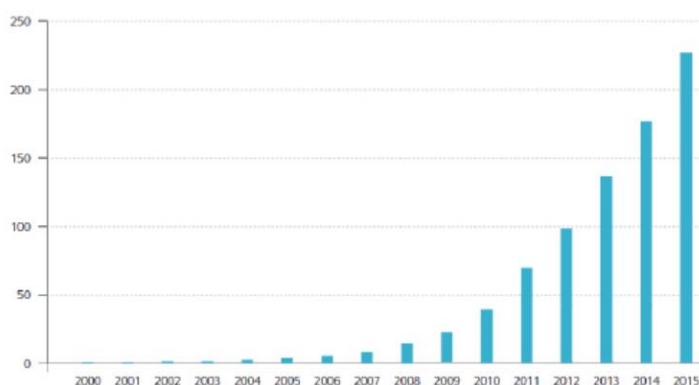


Fonte: CRESESB.

## 2.7 Instalações solares no Brasil e no Mundo

O mercado mundial fotovoltaico vem crescendo exponencialmente nos últimos anos, atingindo, em 2015, conforme IEA (2016), a capacidade total instalada de 227 GW, observa-se que a capacidade de geração de energia solar fotovoltaica vem crescendo, em 2015, foram implementados no mundo cerca de 50 GW, um aumento de 25% em relação a 2014. A Figura 9 mostra a evolução da capacidade instalada no mundo. (ENERGIA SOLAR NO BRASIL: SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS)

Figura 9 – Evolução das Instalações Fotovoltaicas no Mundo.



Fonte: IEA (2015).

A taxa de crescimento anual composta da capacidade instalada de geração de energia solar fotovoltaica entre 2000 e 2015 foi de aproximadamente 41%. Em 2015, a China passou a liderar a capacidade total instalada de energia solar fotovoltaica (FV), com 43,5 GW, seguida pela Alemanha com 39,7 GW, Japão com 34,4 GW, EUA com 25,6 GW e Itália com 18,9 GW, como apresentado a Figura 10 (NASCIMENTO, 2017).

Figura 10 – Países com maior capacidade de geração Fotovoltaica.

1		China	43,5 GW
2		Germany	39,7 GW
3		Japan	34,4 GW
4		USA	25,6 GW
5		Italy	18,9 GW
6		UK	8,8 GW
7		France	6,6 GW
8		Spain	5,4 GW
9		Australia	5,1 GW
10		India	5 GW

Fonte: IEA (2015).

O Brasil, conforme MME (2017) possuía, ao final de 2016, 81 MW de energia solar fotovoltaica instalado, sendo 24 MW de geração centralizada e 57 MW de geração distribuída. A capacidade brasileira não coloca o Brasil entre os vinte maiores líderes mundiais em produção, todos com capacidade instalada superior a 1 GW. Sobre o comparativo com outros países, mesmo reconhecendo a necessidade de avanço brasileiro no uso da fonte solar, é importante ressaltar que diferentemente dos países líderes em produção mundial, de matriz energética com base principalmente em combustíveis fósseis, a matriz energética brasileira é predominantemente renovável, com forte presença hidráulica. A baixa utilização da energia solar no Brasil chama mais atenção quando se verifica as condições favoráveis ao desenvolvimento da fonte no país. O Brasil, de acordo com EPE (2012), possui altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos solares, produtos esses de alto valor agregado (NASCIMENTO, 2017).

## 2.8 Expansão da Energia Solar no Brasil e Incentivos do Estado de São Paulo

O Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2026 estima que a capacidade instalada de geração solar chegue a 13 GW em 2026, sendo 9,6 GW de geração centralizada e 3,4 GW de geração distribuída. A proporção da potência solar chegará a 5,7% do total. Os estudos do Plano Nacional de Energia – PNE 2050, em elaboração pela Empresa de Pesquisa Energética, estimam em 78 GW a potência de micro e mini GD solar em 2050, o que poderá representar 9% da oferta total de energia elétrica do ano. No aquecimento de água, a previsão é que 20% dos domicílios detenham coletores (PDE, 2006).

O desenvolvimento de uma sólida base tecnológica e de toda a cadeia produtiva da indústria solar é uma das principais linhas de atuação do Governo do Estado de São Paulo. A indústria de equipamentos térmicos mostra toda a sua força no território paulista e a de equipamentos fotovoltaicos está em franco crescimento. Entre as principais medidas adotadas para efetivar a indústria solar em São Paulo, estão os incentivos tributários na forma de diferimentos e da adesão aos convênios de isenções. Os principais marcos legais vigentes são:

- a) LEI 9.427/1996 (Federal) – Redução não inferior a 50% nas tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão e Distribuição.
- b) CONVÊNIO ICMS 101/1997 – Isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes.
- c) DECRETO 56.873/2011 Aquisição de bens para o ativo de fabricante de células fotovoltaicas. DECRETO 56.874/2011 Diferimento do ICMS de matéria prima ou produto intermediário destinado à fabricação de células fotovoltaica.
- d) DECRETO 57.145/2011 – Aperfeiçoamento do Convênio ICMS – 101/1997.
- e) RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL 482/2012 – Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.
- f) DECRETO 59.039/2013 – Produto intermediário utilizados na fabricação de aquecedores solar de água.
- g) DECRETO 60.298/2014 – Suspensão do lançamento na importação de bens sem similar nacional, creditamento integral do imposto e alteração no momento da exigência.

- h) CONVÊNIO ICMS 16/2015 – Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeita a faturamento sob o Sistema de Compensação.
- i) DECRETO 61.439/2015 – Isenção de ICMS no fornecimento da energia elétrica correspondente à compensação de produção por microgeração e minigeração.
- j) LEI 13.169/2015 (Federal) – Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social – COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa.
- k) LEI 13.203/2015 (Federal) – Descontos de pelo menos 50% nas tarifas de uso do sistema de transmissão e de distribuição e BNDES (taxas diferenciadas).
- l) RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL 687/2015 – Altera a Resolução Normativa 482 e os procedimentos de distribuição.
- m) RESOLUÇÃO SMA – 74, de 4-8-2017 – Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica por fonte solar fotovoltaica.
- n) Convênio ICMS 114/2017 – O Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ, na sua 166ª Reunião Ordinária, realizada em Brasília, DF, no dia 29 de setembro de 2017, resolve celebrar o seguinte CONVÊNIO
- o) Concede isenção do ICMS nas saídas internas com equipamentos e componentes para geração de energia elétrica solar fotovoltaica destinada ao atendimento do consumo de prédios próprios públicos estaduais que especifica.
- p) DECRETO nº 63.095, de 22 de dezembro de 2017 – A minuta concede isenção de ICMS à saída interna de produtos destinados à montagem de sistema ou central geradora solar fotovoltaica, para atendimento do consumo de energia elétrica de prédios próprios públicos estaduais.
- q) CONVÊNIO ICMS 230/17, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2017
- r) Cláusula primeira A cláusula segunda do Convênio ICMS 101/97, de 12 de dezembro de 1997, passa a vigorar com a seguinte redação:
- s) “Cláusula segunda Ficam os Estados e o Distrito Federal autorizados a conceder a manutenção dos créditos do imposto nas operações a que se refere a cláusula anterior.”.



## 2.9 Questão Ambiental

O principal fator ambiental que favorece o aproveitamento solar para produção de energia é a não modificação do equilíbrio térmico da Terra. Os equipamentos solares utilizam parte da irradiação disponível como calor ou como eletricidade úteis, antes da energia ser finalmente degradada como calor para o meio ambiente. Portanto, não há aumento ou diminuição líquida do calor. Além disso, tais sistemas são capazes de contribuir para o suprimento de energia elétrica, sem emissão de gases de efeito estufa ou de gases ácidos. Outra vantagem importante é o fato de dispensar a necessidade de transporte de combustível, diminuindo riscos de acidentes, e também a não formação de lagos, evitando a perturbação do equilíbrio ecológico local (PNE,).

### 2.9.1 Licenciamentos ambiental para geração de energia solar no estado de São Paulo

Com base nas contribuições apresentadas pela Subsecretaria de Energias Renováveis da Secretaria Estadual de Energia e Mineração, pela Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade – Investe São Paulo e pela Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, a Secretaria do Meio Ambiente publicou no Diário Oficial de sábado, 5 de agosto, a Resolução 74 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica por fonte solar fotovoltaica. As medidas fazem parte do esforço do Governo do Estado de São Paulo no incentivo ao uso de energias renováveis, que considera a necessidade de aumentar a participação das fontes renováveis e mitigar a emissão de carbono fóssil na matriz energética, a necessidade de implementar a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU, também de cumprir o Acordo de Paris, e que os empreendimentos de geração de energia elétrica solar fotovoltaica representam uma fonte limpa e sustentável de eletricidade, sem emissão de gases de efeito estufa e com baixo impacto ambiental, como preconiza a PEMC – Política Estadual de Mudanças Climáticas (SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO, 2018).

### **3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

#### **3.1 Conceito**

Segundo o INEE (2015) a geração distribuída designa a geração elétrica realizada junto ou próxima dos consumidores independente da potência, tecnologia e fonte de energia.

Um importante ponto da geração distribuída é a utilização da energia solar próximo ao consumidor, com grande utilidade em sistemas isolados (*Off-Grid*) e também em sistemas conectados na rede (*On-Grid*). A tecnologia é renovável sem emissões de poluentes e ruídos, garantindo que a expectativa referente à sustentabilidade seja alcançada. A geração distribuída é a fonte de geração conectada diretamente na rede de distribuição ou ao consumidor. O mesmo critério é adotado pelo Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2015), que informa que a geração distribuída se trata de uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próximo dos consumidores, independente da potência, tecnologia e fonte de energia. Inclui: cogeneradores os geradores que usam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo; geradores de emergência; geradores para operação no horário de ponta; painéis fotovoltaicos e pequenos centrais hidrelétricos. Esse processo gera grande vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica.

#### **3.2 Legislação**

Em 2012, a ANEEL deu grande passo para ampliar a geração de energia solar fotovoltaica em unidades consumidoras. Ao editar a Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, criando o sistema de compensação de energia, no qual se injeta a energia produzida na rede, sendo tal energia abatida do consumo da própria unidade ou de outra do mesmo titular (NASCIMENTO, 2017).

A Resolução nº 482, de 2012, que posteriormente foi alterada pela Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Com a Resolução nº 687, de 2015, criou-se a possibilidade de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas

unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores. A mudança na regulamentação da ANEEL promoveu outro importante avanço: a Figura da “geração compartilhada”, que possibilita a união de interessados em consórcios ou em cooperativas, instalando micro ou minigeração distribuída e dessa forma, utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados (NASCIMENTO, 2017).

## **4 TELECOMUNICAÇÃO**

### **4.1 Conceito**

Comunicação é a troca de informação entre no mínimo dois pontos, um lado sendo a fonte geradora e o outro o destinatário, na maioria das vezes as fontes estão distantes uma das outras. Telecomunicação é a transmissão da informação, pertencente a um proprietário, para um ou mais destinatários definidos e distantes, mantendo a privacidade e a integridade da informação. O meio de transmissão deve ter extensão suficiente para que as fontes estejam interligadas.

É difícil imaginar o mundo sem utilizar as facilidades providas pelas telecomunicações. Se não é possível imaginar como viver hoje sem comunicar através do sistema de telefonia desenvolvido por Alexandre Bell, imagine a civilização desprovida de ferramentas como a rádio difusão, as comunicações por satélite, ou sem as transmissões de dados providas pelas fibras ópticas que hoje conectam os cinco continentes.

As telecomunicações são as bases tecnológicas da sociedade moderna e o rádio está inserido dentro deste contexto, pois trata-se de um importante meio de comunicação de massa, extremamente ágil, de grande abrangência geográfica e se que utiliza de todos os recursos atualmente disponíveis da engenharia eletrônica e de telecomunicações. Ultimamente, a mídia rádio se desenvolveu de tal forma, que é comum a formação de redes em diversos estados e países transmitindo conteúdo de forma sincronizada e integrada, através de "links" de satélite, fibra óptica e também, utilizando a rede mundial de computadores conhecida como Internet.

Após a privatização do setor de telecomunicação o Brasil assistiu a um grande avanço na expansão da infraestrutura de telecomunicações instalada no País. Mais do que o aumento nos acessos a linhas telefônicas, o avanço das telecomunicações viabiliza a implantação de novas tecnologias que transformam radicalmente a vida da sociedade, com essa evolução as empresas nacionais tiveram acessos a essas tecnologias e aumentaram a capacidade de produzir e realizar negócios no mercado interno e externo.

Os países que lideram a nova ordem mundial, o setor de telecomunicações é estratégico para o desenvolvimento econômico e humano, sendo plataforma fundamental para a segurança nacional e fomentador de pesquisas e novas tecnologias, cada vez mais instáveis.

Assim, é de grande importância que a promoção do desenvolvimento tecnológico brasileiro e do investimento em inovação de sua indústria continue a ser observada na diretriz estratégica do País.

## **4.2 Redes Móveis**

No cenário das telecomunicações é visível o crescimento da rede móvel. A demanda dos usuários para ter uma maior taxa de transferência de dados, faz com que o setor fique sempre em constante evolução tecnológica. Atualmente estão em desenvolvimento a 5ª Geração de redes de comunicação sem fio, a implantação deste sistema está pouco distante da realidade do País, a 4ª geração está em crescente implantação em todo território brasileiro. O Brasil registrou 234,25 milhões de linhas móveis em operação em setembro de 2018, os celulares 4G representavam mais da metade do mercado em setembro de 2018 (54%), com 125 milhões, seguidos de 3G com 63 milhões (27%), do 2G com 26 milhões (11%).

## 5 SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO

Os sistemas híbridos não possuem conexão com a rede convencional e apresentam várias fontes de geração de energia, controladores de tensão entre outros equipamentos.

### 5.1 Componentes do Sistema

#### 5.1.1 Painel Fotovoltaico

Principal item do sistema tem a finalidade de captar a energia solar e convertê-la em energia elétrica, para este tipo de finalidade utilizam de vários módulos conectados em série/paralelo, configurado para fornecer tensões entre 12V e 48V. A quantidade de módulos a ser instalados depende da carga consumidora, normalmente são dimensionados para fornecer o potencial elétrico para um dia médio de uso, armazenando em baterias para utilização nas horas sem geração. A Figura 11 apresenta painéis fotovoltaicos.

Figura 11 – Painel Fotovoltaico.



Fonte: GOOGLE.

### 5.1.2 Baterias

Um banco de baterias é constituído por uma quantidade calculada de elementos conectados em série/ paralelo, que fornecerão a potência demandada pelas cargas, no período de autonomia em que devem funcionar sem receber recarga do arranjo fotovoltaico nos dias sem insolação, como mostra a Figura 12. A bateria tem as seguintes funções no sistema:

- a) Autonomia: essa é a função mais importante, que é suprir a energia para os consumos, quando o painel não é capaz de gerar energia suficiente. Isso acontece todas as noites e também nos períodos chuvosos ou nublados.
- b) Estabilizar as tensões: os módulos fotovoltaicos têm uma grande variação de tensão, de acordo com a irradiância recebida, a conexão de cargas de consumo diretamente aos módulos pode expô-los a tensões muito altas ou muito baixas para o seu funcionamento. As baterias possuem uma faixa de tensões mais estreita que os módulos fotovoltaicos, e garantirão uma faixa de operação mais uniforme para as cargas.

Figura 12 – Banco de Baterias.



Fonte: o autor.

### 5.1.3 Controlador/ Regulador de Tensão

Em um sistema fotovoltaico autônomo, a tensão do arranjo fotovoltaico deve ser compatível com a tensão nominal do banco de baterias, que costuma ser de 12 V, 24 V, ou 48

V. O controlador ou regulador de carga/descarga aumenta o rendimento do sistema fotovoltaico e a vida útil das baterias. As funções fundamentais do controlador são:

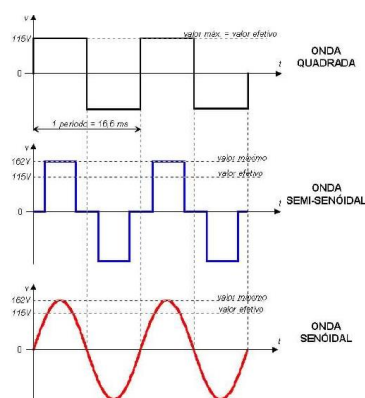
- Controle da perfeita recarga do banco de baterias;
- Proteção contra sobrecargas indevidas;
- Proteção contra descarga excessiva (acima de 80%, ou ajustável);
- Informação do nível de carga do banco de baterias.

Existem três formas de controle da carga, controladores série, controladores Shunt e controladores MPPT (Ponto de Máxima Potência).

#### 5.1.4 Inversores

A geração fotovoltaica disponibiliza tensão em forma de corrente contínua (cc), 12 ou 48V. Para a utilização dos equipamentos de corrente alternada (ca), é necessário a conversão e esta é a função do inversor, disponibilizando tensão de 127 ou 220 V. Os inversores inseridos no projeto, devem conter frequência, distorção harmônica e amplitudes compatíveis com a carga, a Figura 13 apresenta alguns formatos de ondas de inversores encontrado no mercado.

Figura 13 – Tipos de ondas.



Fonte: Eletrônica Silveira, 2015.



### 5.1.5 Aerogerador

Os rotores de eixo horizontal ao longo do vento (aerogeradores convencionais) são predominantemente movidos por forças de sustentação e devem possuir mecanismos capazes de permitir que o disco varrido pelas pás esteja sempre em posição perpendicular ao vento. Tais rotores podem ser constituídos de uma pá e contrapeso, duas pás, três pás ou múltiplas pás. Figura 14 apresenta uma modelo de aerogerador.

Figura 14 – Aerogerador.



Fonte: CRESESB.

### 5.1.6 Grupo Moto Gerador

Atualmente, a utilização de grupo geradora constitui na principal fonte de energia suplementar em falta da rede elétrica comercial. Segundo Galdino (2011) um Grupo Motor Gerador (GMG) é um equipamento que possui um motor (diesel, gasolina ou gás) de reconhecido desempenho, onde sua característica principal é transformar energia mecânica em energia elétrica, com voltagem estável independente da variação de carga e velocidade. A energia elétrica produzida pelo grupo motor gerador é controlada por instrumentos de medições e diversas proteções, tais como fusíveis, disjuntores, contadores, chaves e o quadro de comando. O grupo motor gerador a diesel é muito utilizado para potências de até 40 MW,

apesar de sua limitação de potência, ruído e vibração. Geralmente são compactos, entra em carga em um tempo muito pequeno, sua operação é fácil e apresentam um plano de manutenção de fácil execução. A WEG (2016) evidencia a grande utilização dos geradores como pequenos centros de geração de energia, principalmente no interior, local em que as redes de distribuição elétrica não estão presentes ou são de pouca confiabilidade. Outra grande utilização é como *no-break* (fornecimento sem interrupção ou de emergência) em locais como hospitais, centrais de computação, instituições públicas, universidades, centros de comandos de sistemas, telecomunicações, grandes supermercados, aeroportos, etc.

Pereira (2015) enuncia uma classificação direta para os motores a diesel, separados em quatro tipos básicos de acordo com sua aplicação, sendo eles: estacionários, industriais, veiculares e marítimos. No processo de transformação entre energia mecânica em elétrica, os motores a diesel, em conjuntos com um gerador de corrente alternada, chamado de alternador, formam o conhecido conjunto grupo motor-gerador, responsável por suprir a necessidade de energia elétrica como fonte secundária ou, em alguns casos, como a primeira opção para esse fornecimento. Em modo geral, estes grupos são dotados de sistemas de proteção, controle e supervisão.

## **5.2 Dimensionamento do Sistema**

Para dimensionar o projeto híbrido com eficiência precisa levar em considerações, o principal é o levantamento do sistema que iremos alimentar. Para definir todos os componentes que compõem o sistema, é necessária seguir uma lógica de raciocínio no cálculo de cada componentes, característica do sistema fotovoltaico, banco de baterias, painel fotovoltaico, gerado eólico, grupo moto gerador, cabeamento, inversor, entre outros.

### **5.2.1 Levantamento de dados para o dimensionamento do sistema**

Os principais detalhes para iniciar o projeto são:

- a) Saber a posição geográfica da instalação. Com esta informação conseguimos levantar a quantidade de energia disponível por metro quadrado por dia (kWh/m<sup>2</sup>.dia) também conhecida como hora de sol pleno da localidade;
- b) Terreno disponível para instalação dos equipamentos, avaliando os espaços físicos da área, orientação e inclinação onde irá instalar as placas;
- c) Levantamento do consumo de energia das cargas instaladas.

### 5.2.2 Fórmulas Utilizadas no Dimensionamento de Geração

Utilizamos a seguinte equação:

$$Pot. Gerador = \frac{Consumo}{(HSP \times 30 \times PR)}$$

HSP: Horário de sol Pleno (utiliza o menor valor encontrado na Tabela X);

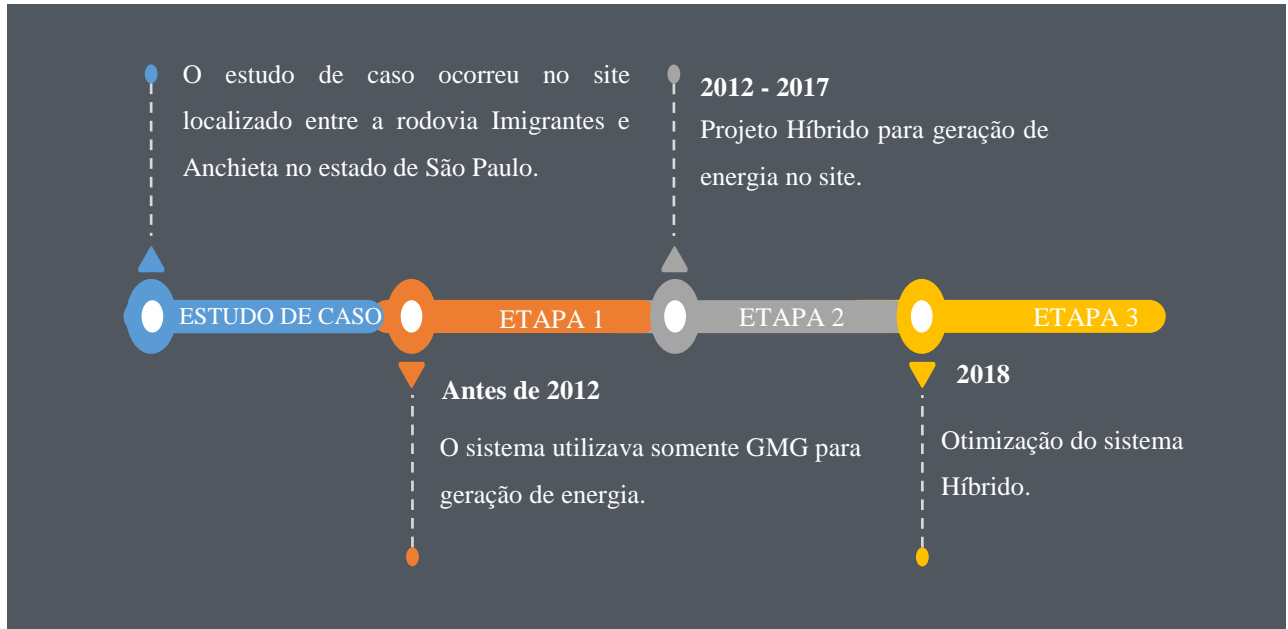
PR: Performance Ratio ( Fator de Perda);

Consumo: Potencia Consumida pelas cargas instaladas.

Esta equação dará a resposta de potência mínima gerada, para suprir o consumo geral do sistema.

## 6 METODOLOGIA

Figura 15 – Fluxograma.



### 6.1 ESTUDO DE CASO

A abordagem utilizada foi o estudo de caso que ocorreu no site localizado entre as rodovias Imigrantes e Anchieta no estado de São Paulo. O site não possui energia convencional e era abastecido somente com gerador a diesel, em 2012 realizaram o projeto de inserção do sistema híbrido, instalando painéis solares, gerador eólico, banco de baterias e gerador a diesel. Atualmente os gastos aumentaram de forma significativa o que se faz necessário um novo projeto de melhoria e redução dos gastos.

## 6.2 Levantamento de dados e característica do site IMT

O site Imigrantes (IMT) localizado no município de São Bernardo do Campo, seu endereço de instalação é rodovia dos Imigrantes, KM – 40 SP 160 – Alto da Serra. Sua localização é muito importante para os usuários devido estar próximo da interligação entre Imigrantes e Anchieta e único site de cobertura no percurso da serra. Primeira tecnologia ativa foi o GSM em 2002 e no decorrer dos anos tiveram obras de instalação do WCDMA e LTE.

O Terreno utilizado para instalação possui 160 m<sup>2</sup>, os equipamentos ativos estão divididos em 3 gabinetes, um container para armazenamento dos retificadores e baterias, uma torre de 80 metros de altura.

O site IMT não possui energia elétrica fornecida pela Eletropaulo, ele está localizado em uma reserva ambiental e a Telefônica – Vivo não conseguiu licença ambiental para execução das conexões. A energia elétrica para interligação está próxima, porém passa do outro lado da rodovia, contendo necessidade de passagens subterrâneas na rodovia o que impossibilitou a solicitação da conexão.

Sua localização é estratégica, com cobertura de sinal aos usuários da Rodovia Imigrantes e da Rodovia Anchieta, a cobertura da concorrência está a 3 km sentido São Paulo e não consegue cobrir o percurso da serra. Com a falta da concorrência a Telefônica – Vivo fica com exclusividade no sinal e proporcionando maior comodidade aos usuários das vias. Abaixo na Figura 15 a localização do site.

Figura 16 – localização do site.



Fonte: Google maps.

O site Imigrantes (IMT), atualmente consta com as seguintes tecnologias instaladas:

- a) GSM, contendo uma portadora 850 MHz com três setores;
- b) WCDMA com duas portadoras 2100 MHz e uma portadora 850MHz com três setores cada;
- c) LTE com uma portadora 700MHz e uma portadora de 2600MHz com três setores cada;
- d) Rádio digital.

Os equipamentos instalados não podem sofrer com elevada temperatura e por isso cada gabinete onde estão instaladas as placas, possui um trocador de calor, a Tabela 1 consta o levantamento de carga por gabinete e a somatória do consumo final do site.

Tabela 1 – Cargas do Site IMT atual

	<i>Equipamentos</i>	<i>Potência instalada</i>
Gabinete 1	GSM + WCDMA + Trocador de Calor + TX	1.7 kW
Gabinete 2	GSM + WCDMA + Trocador de Calor	0.5 kW
Gabinete 3	LTE + Trocador de calor	0.8 kW
Pot total	-	3 kW

Fonte: O autor.

Os equipamentos de Telecomunicações Móveis compartilham placas entre si por diferentes tecnologias, por isso o levantamento do consumo está demonstrado por Gabinete, outro fator que dificulta no levantamento do consumo é a variação da potência do sistema de acordo com a quantidade de usuários.

### **6.3 Levantamento de dados Inicial**

O projeto foi separado em 3 etapas, antes de 2012 quando o sistema funcionava somente com GMG, entre 2012 e 2017 quando instalaram o sistema híbrido com fontes de geração solar + eólico + GMG e o estudo atual deste projeto para economia e ajustes no sistema (3º etapa).

Na primeira etapa do projeto IMT, o site era abastecido somente por GMG, com funcionamento 24h/ dia, para atendimento do GSM e WCDMA. O custo anual com as despesas obrigatórias era em torno de R\$ 153.000,00 este valor contempla manutenções preventivas, o custo era sempre maior devido às falhas não programadas e o prejuízo aos usuários que ficavam com interrupção do serviço de voz e dados.

Tabela 2 – Gasto anual com o sistema antes de 2012.

<i>Descrição</i>	<i>Mensal Qtde.</i>	<i>Valor</i>	<i>Anual Qtde.</i>	<i>Valor</i>
Manutenção: Troca de óleo, filtro e mão de obra	1	R\$ 1.450,00	12	R\$ 17.400,00
Combustível e transporte	3.100 litros	R\$ 8.050,00	37.200	R\$ 96.600,00
Manutenção do motor	1	R\$ 3.250,00	12	R\$ 39.000,00
(Custo médio)	-	R\$ 12.750,00	-	R\$ 153.000,00

Fonte: O autor.

A Tabela 2 mostra os valores de gastos mensais e sua somatória anual, analisando o elevado consumo de combustível, devido ao grumo moto gerador ser utilizado continuamente, elevando também os gastos com a manutenção do motor, troca de óleo e filtros e a mão de obra qualificada para execução das atividades.

No final do ano de 2011 a Telefônica pesquisou possível solução para reduzir os gastos do site IMT, a melhor solução encontrada foi o sistema híbrido. O Projeto consta com:

- a) 36 módulos solares modelo TDB156X156-60-P 235W, fabricado por Sun Earth Solar Power Co Ltd, capacidade de geração de 8kWp, colocadas 9 placas em serie com 4 strings, ocupando um espaço de 58,6 m<sup>2</sup>.
- b) 24 baterias em série, modelo TXE 1550 / OPzS1500, fabricada por Fulmen-CEAC, tensão 2v e 1500 Ah, fixada em ambiente com temperatura de 20°.
- c) 6 reguladores de tensão, modelo Flatpack 2 48/1500 HE Solar, fabricado por Eltek, utiliza tecnologia MPPT ((Maximum Power Point Tracker).
- d) Grupo Moto Gerador existente de 33kW.
- e) Gerador eólico 2kW.

Foram projetadas para o eólico suprir 10% do consumo, as placas solares 60% e o GMG 30%, a bateria foi dimensionada para suportar até dois dias sem sol e vento. O valor total do projeto foi de 199.278,00. Os estudos do caso demonstraram um tempo de retorno de 2 anos e 3 meses. A Tabela 3 mostra os gastos com o sistema híbrido instalado.

Tabela 3 – Gastos com o sistema híbrido instalado.

<i>Ganhos do Projeto</i>		<i>Mensal</i>		<i>Anual</i>	
<i>Descrição</i>	<i>Qtde.</i>	<i>Valor</i>	<i>Qtde.</i>	<i>Valor</i>	
Manutenção: Troca de óleo, filtro e mão de obra		R\$ 483,33	4		R\$ 5.800,00
Combustível e transporte	930 litros	R\$ 2.418,00	11.160		R\$ 29.016,00
Manutenção do motor		R\$ 1.625,00	12		R\$ 19.500,00
(Custo médio)	-	R\$ 4.526,33	-		R\$ 52.216,00
Economia (Ganho do Projeto)		R\$ 8.224,00			R\$ 100.784,00

Fonte: O autor.

A Tabela 4 apresenta os valores de manutenção do sistema GMG após instalação do sistema híbrido, nota-se uma redução de aproximadamente 100 mil reais. Analisando os dados, a economia com o sistema híbrido instalado foi muito atraente e o projeto foi aceito pela diretoria de rede. Em visita técnica ao site para análise do sistema, constatou-se um aumento considerável ao consumo de combustível na manutenção com o gerador.

O projeto híbrido foi projetado e instalado em 2012 e o consumo do site na época era de 2kW/h, atualmente como mostrado na Tabela 4, teve um aumento considerável de 30%. Devido à falta de manutenção o gerador eólico não está interligado com o sistema solar e GMG, acarretando em uma perda de 10% do projeto inicial. Com essas informações o projeto híbrido perdeu sua eficiência.



Tabela 4 – Gastos site IMT atual.

<i>Descrição</i>	<i>Mensal</i>		<i>Anual</i>	
	<i>Qtde.</i>	<i>Valor</i>	<i>Qtde.</i>	<i>Valor</i>
Manutenção: Troca de óleo, filtro e mão de obra	1	R\$ 950,00	12	R\$ 11.400,00
Combustível e transporte	1.800 litros	R\$ 5.400,00	21.600	R\$ 64.800,00
Manutenção do motor	1	R\$ 2.000,00	12	R\$ 24.000,00
(Custo médio)	-	R\$ 8.350,00	-	R\$ 100.200,00

Fonte: o autor

O aumento considerável no sistema se deu ao fato da ampliação da carga instalada, desacoplagem do gerador eólico como mostra a Figura 17 e falta de manutenção adequada aos painéis solares, como mostra a e a Figura 18, demonstrando o precário estado do sistema.

Figura 17



Fonte: o autor.

Figura 18



Fonte: o autor.

Outro fator resultante no acréscimo dos valores relacionado ao sistema está relacionado com os equipamentos solares instalados, atualmente têm-se placas fotovoltaicas com o dobro de capacidade de geração, controladores com melhor desempenho entre outros fatores. O responsável da telefônica pela manutenção e a empresa responsável pela instalação não tem nenhum monitoramento com relação à capacidade de geração atual do sistema.

Uma atitude paliativa encontrada para reduzir os gastos que estavam ainda maiores do que o apresentado na Tabela 4 foi inserir a bateria para uso diário, no projeto inicial a bateria ficaria somente em *standby*. Existem 2 Grupo Moto Geradores instalados no site, trabalhando em revezando semanalmente. Ambos são do fabricante Maquigeral, motor a diesel fabricado pela MWM, modelo D229/3, atualmente funcionando em modo prime com capacidade de geração 36 kVA, fator de potência 0,8 e consumo 9,2 L/h.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Levantamento de dados Final

Após verificação do sistema atual, a última etapa foi realizar um projeto que traga tanto retorno financeiro como eficiência para o sistema. A proposta inicial se dá na diminuição das horas de operação do GMG, porém para isto é necessário que o sistema fotovoltaico seja reprojetoado e o gerador eólico reativado.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico leva em consideração a geração necessária para todo o sistema do site, onde a potência instalada é de 3.000W com funcionamento 24 horas por dia. Assim, estima-se que o consumo total dos equipamentos é de 2.160 kWh/mês ou 72 kWh/dia.

Por se tratar de um sistema híbrido, contendo fontes de geração provenientes de energia solar, energia eólica e o recurso não renovável do diesel através do GMG, foi estabelecido conforme apresentado na Tabela 5 os valores de geração destinados a cada matriz elétrica.

Tabela 5 – Valores de geração destinados a cada matriz elétrica

<i>Sistema</i>	<i>Porcentagem</i>	<i>Energia Gerada</i>
Energia Solar	70 %	1.512
Energia Eólica	5 %	108
GMG	25 %	540
TOTAL:	100%	2.160 kWh/mês

Fonte: O autor.

Assim, deve-se projetar uma usina que compense pelo menos 70% deste consumo, ou seja, 1.512 kWh/mês. Sabe-se que a área já destinada para o sistema fotovoltaico defasado é de 60 m<sup>2</sup>, sendo um parâmetro limitador para a instalação do sistema sem necessitar de modificações estruturais, evitando assim gastos. Como os módulos em comercialização na atualidade tem 2 m<sup>2</sup>, o número máximo de módulos é de 30 módulos. Em contato com

fornecedores deste sistema, verificou-se que no mês de novembro de 2018, o módulo fotovoltaico com melhor custo benefício é o da marca Q.Power 330W Policristalino. Assim, a potência da usina a ser instalada é de 9,9 kWp. Este valor é 17% superior à primeira usina solar fotovoltaica instalada na localidade. Porém, a priori, esta usina não abateria o consumo, sendo necessária uma ampliação na área destinada a ser utilizada pelo sistema fotovoltaico. Isto gera custos e devem-se levar em consideração vários fatores como sombreamento, inclinação, azimute, etc. para que a geração tenha a máxima eficiência.

Primeiramente, é necessário o conhecimento de outro fator para o cálculo da potência da usina, o índice de hora de sol pleno (HSP), que como foi visto é calculado de acordo com atlas solarimétricos e varia de localidade para localidade. A Tabela 6 informa os dados da radiação global e também da temperatura ambiente da cidade de São Bernardo do Campo, retirados pelo atlas solarimétrico da Nasa.

Tabela 6 – Dados do Atlas Solarimétrico para cidade de São Bernardo do Campo

	<i>Radiação Global Horizontal</i>	<i>Temperatura Ambiente</i>
	<i>(kWh/m<sup>2</sup>/dia)</i>	<i>(°C)</i>
Janeiro	5,33	23,81
Fevereiro	5,18	23,98
Março	4,80	23,24
Abril	4,39	22,16
Maiο	3,64	19,76
Junho	3,58	18,8
Julho	3,77	18,46
Agosto	4,49	19,82
Setembro	4,43	20,65
Outubro	5,09	21,85
Novembro	5,55	22,48
Dezembro	5,45	23,26
Média	4,64	21,52
Crítico	3,58	18,8

Fonte: O autor.

Com estes dados, verifica-se que o valor da HSP utilizada nos cálculos é de 3,58 kWh/m<sup>2</sup>/dia, sendo o menor valor de radiação solar se dando no mês de junho. Este método é o conhecido método do mês crítico, utilizado para prever a pior hipótese de geração do sistema.

Em posse de todos estes dados, pode-se calcular a potência do gerador que atenderá a demanda. Foi-se utilizado um fator de perdas de 20%, ou seja, a Performance Ratio do sistema será de 0,8.

Assim, conforme a equação deste trabalho e com uma nova organização dos termos, pode-se calcular a potência da usina para que ela possa gerar os 1.512 kWh/mês.

$$Pot. Gerador = \frac{Consumo}{(HSP \times 30 \times PR)}$$

$$Pot. Gerador = \frac{1.512}{(3,58 \times 30 \times 0,8)}$$

$$Pot. Gerador = 17,59 \text{ kWp}$$

Sabendo a potência mínima para a geração da energia, foi calculado o valor final da usina, sendo necessário a utilização de 54 módulos de 330W cada, dando um valor de potência instalada de 17,82 kWp. Para a inserção deste sistema, necessita-se de aproximadamente 108 m<sup>2</sup> de área. Como já existem 60 m<sup>2</sup> disponíveis, foi levado em consideração para implementação do sistema mais uma estrutura de 48 m<sup>2</sup> em metal reforçado, com angulação desejável de 28 graus.

Em parceria com um integrador solar da região do sul de Minas Gerais, foi estimado e relacionado os inversores a serem utilizados no projeto final. Desta forma, foram projetadas duas usinas, sendo elas:

- a) Usina de 10,56 kWp, com 32 módulos de 330W policristalino da marca Q.Cells modelo LG5, sendo acopladas em um inversor off grid Victron QUA48315000VA modelo Quattro48V/230V senoidal pura com monitoramento das baterias e sistema em geral,

com dois controladores de carga para bateria da marca Bluesolar 100A com 12/24/48V tecnologia Smart Energy;

- b) Usina de 7,26 kWp, com 22 módulos de 330W policristalino da marca Q.Cells modelo LG5, sendo acopladas em um inversor off grid Victron QUA481030010 10.000VA modelo Quattro 48V/230V senoidal pura com monitoramento das baterias e sistema em geral, com dois controladores de carga para bateria da marca Bluesolar 85A com 12/24/48V tecnologia Smart Energy;

Na Tabela 7 é destacado os principais parâmetros elétricos do módulo fotovoltaico Q.Cells Q.Power LG5 330W policristalino.

Tabela 7 – Dados elétricos do módulo Q.Power 330W em condições STC.

<i>Características</i>	<i>Dados</i>
Marca	Q. CELLS
Modelo	Q. POWER
Potência	330 W
Corrente de Curto Circuito	9,30 A
Corrente de Operação	8,76 A
Tensão de Circuito Aberto	46,1 V
Tensão de Operação	37,7 V
Eficiência	16,9 %
Tolerância de Potência	+ 5 W
Temperatura da célula	45 +/- 3 °C

Fonte: O autor.

Um parâmetro importante para a utilização do inversor citado em projeto é que estes modelos em específicos possuem um carregador de bateria bastante sofisticado, possuindo tecnologia de carga adaptativa, com chave de transferência de CA em alta velocidade em um único gabinete. Também, este modelo de carregador possui recursos de gerenciamento de geradores a diesel, controle de carregamento e tensão de saída de rede. A corrente máxima de

carregamento pode ser programada, opções válidas nesse sistema híbrido cujo existam outros tipos de alimentação, evitando sobrecarga.

Na Tabela 8 se destacam os dados elétricos dos inversores Victron utilizados no projeto.

Tabela 8 – Dados elétricos dos inversores Victron.

<i>Características</i>	<i>Modelo 10.000 VA</i>	<i>Modelo 15.000 VA</i>
Alcance da tensão de entrada (VCC)	36 – 66 V	36 – 66 V
Tensão de Saída (VCA)	230 V	230 V
Frequência	60 Hz	60 Hz
Potência de Saída a 25°C	10.000 VA	15.000 VA
Potência de Saída a 25°C	8.000 W	12.000 W
Potência de Saída a 40°C	6.500 W	10.000 W
Potência de Saída a 65°C	4.500 W	7.000 W
Potência de Pico	20.000 W	25.000W
Máxima Eficiência	96%	96%
Potência de Carga Zero	55 W	80W

Fonte: O autor.

Já o carregador de carga do modelo utilizado foi-se dimensionado pela tecnologia de ponta Smart Energy disponível. Esta tecnologia protege a bateria contra sobrecarga e descarga profunda através de um rastreamento integrado e inteligente, aumentando a vida útil da bateria e maximizando a potência dos módulos. Também possui a tecnologia de detecção de ponto máximo de energia, melhorando o rendimento em caso de sombreamento parcial.

Como foi verificado que os bancos de baterias existentes no local, cujo arranjo libera 48V, está em boas condições de uso, este item foi descartado para uma troca imediata. Enumera-se que, para uma futura troca desses bancos de baterias, é sugerido a utilização de baterias do tipo LiFePO4 com cerca de 6.000 ciclos de funcionamento. Existem no mercado modelos como a B-Box Pro 13.8, que com um arranjo de 3 baterias ligadas em paralelo atenderia a demanda do sistema de 10,56 kWp e, 2 baterias ligadas em paralelo atenderia a demanda do sistema de 7,26 kWp.

É válido ressaltar que este sistema é integrado de monitoramento, sendo possível um gerenciamento em cadeia, possibilitando a visualização do status da bateria, velocidade de carregamento e a análise de carga ativa no momento.

Este projeto foi realizado levando em consideração 2 dias de autonomia do sistema para dias em que a geração climática não seja suficiente.

Um evento de destaque é que o método de geração é o do mês crítico, ou seja, utiliza-se o menor índice de radiação solar. Com isso, o sistema fotovoltaico em si tem uma capacidade de geração maior do que o previsto em meses do verão, por exemplo. A Tabela 9 demonstra a estimativa de geração máxima mensal do sistema fotovoltaico e a porcentagem relacionada ao consumo médio mensal.

Tabela 9 – Estimativa de geração mensal do sistema fotovoltaico

<i>Meses</i>	<i>Geração (kWh/mês)</i>	<i>Porcentagem (%)</i>
Janeiro	2.279,53	106 %
Fevereiro	2.215,38	103 %
Março	2.087,07	97 %
Abril	1.877,51	87 %
Maior	1.556,75	72 %
Junho	1.531,07	71 %
Julho	1.612,35	75 %
Agosto	1.920,28	89 %
Setembro	1.894,64	88 %



Outubro	2.176,89	101 %
Novembro	2.373,62	110 %
Dezembro	2.330,85	108 %
TOTAL:	23.855,94	

Fonte: O autor.

Por causa do método utilizado para o dimensionamento, o sistema fotovoltaico supre no mínimo os 70% proposto, porém, em vários meses de operação sua porcentagem de geração máxima chega até a suprir a demanda total do local de instalação. Já o sistema do aerogerador, foi verificado que uma manutenção no rotor, cauda, hélice e revisão do cabeamento já serão suficientes para que o mesmo volte à operação.

O GMG que está em operação supre a necessidade de atuar no sistema como alternativa ou *backup* de emergência, ou seja, entrará em operação quando a energia proveniente das fontes renováveis solar e eólica não estiver sendo a energia demanda ou em momentos de maior exigência de potência. A premissa de operação passa para que este sistema seja instalado na função de carregador do banco de baterias, sendo assim, utilizado em sua potência máxima com redução dos ciclos de operação. Espera-se que a utilização do GMG não ultrapasse às 3 horas diárias nos meses do inverno e que quase não entre em operação nos meses de verão, onde já foi visto que apenas a energia do sistema fotovoltaico já supre a demanda. Além disso, o aerogerador terá participação na geração. Fator este que nos permite enumerar um novo ganho no sistema: a manutenção. Com este ciclo de operação e esta nova função do sistema, a manutenção no gerador não precisa ocorrer com tamanha frequência como já havia acontecendo. Estima-se que a manutenção possa passar a ser de três em três meses. Outro fator é que o funcionário que abastece o tanque de combustível não precisa ir com tanta frequência, visto o consumo ter abaixado drasticamente. Também é válido ressaltar que, o sistema fotovoltaico necessita de manutenções semestrais apenas, já que não opera com desgaste mecânico proveniente de movimentos rotativos ou dinâmicos.

O projeto híbrido elaborado em 2012 para reduzir o uso do GMG, se fez eficaz e muito rentável para a empresa, porém com o acréscimo de cargas instaladas, troca de Grupo Moto Gerador e falta de manutenção do sistema, os gastos anuais com o site IMT tiveram um grande aumento.

No estudo de caso em 2012 foi apresentado à redução de 153 mil reais para 52 mil reais, devido alguns fatores os gastos subiram para aproximadamente 100 mil reais anuais, na busca da eficiência do sistema, foi realizado novos estudos e apresentado uma otimização do sistema atual.

Foi novamente dimensionado o sistema utilizando o que tem de melhor no mercado atual e o investimento necessário no projeto seria de R\$ 278.780,00. O projeto funcionaria com o as fontes geradoras eólica e solar armazenando em bancos de baterias e o GMG seria utilizado somente nos meses críticos de geração, reduzindo para o uso diário de no máximo 3h/dia. A Tabela 10 apresenta a economia com o sistema.

Tabela 10 – Gastos site IMT atual

<i>Descrição</i>	<i>Mensal</i>		<i>Anual</i>	
	<i>Qtde.</i>	<i>Valor</i>	<i>Qtde.</i>	<i>Valor</i>
Manutenção: Troca de óleo, filtro e mão de obra		R\$ 237,50	3	R\$ 2.850,00
Combustível e transporte	450	R\$ 1.350,00	5.400	R\$ 16.200,00
Manutenção do motor		R\$ 500,00	3	R\$ 6.000,00
(Custo médio)	-	R\$ 2.087,50	-	R\$ 25.050,00

Fonte: o autor.

## 8 CONCLUSÃO

O projeto híbrido elaborado em 2012 para reduzir o uso do GMG, se fez eficaz e muito rentável para a empresa, porém com o acréscimo de cargas instaladas, troca de GMG e falta de manutenção do sistema, os gastos anuais com o site IMT tiveram um grande aumento. Foi novamente dimensionado o sistema utilizando o que tem de melhor no mercado atual e o investimento necessário no projeto seria de R\$ 278.780,00. O projeto funcionaria com o as fontes geradoras eólicas, solar, o armazenando em bancos de baterias e o GMG que seria utilizado somente nos meses críticos de geração, reduzindo para o uso diário de no máximo 3h/dia.

Conclui-se que o sistema terá melhorias tanto na parte financeira quanto no controle, pois com a instalação da nova matriz solar é possível monitorar de qualquer lugar desde que tenha conexão com internet. Toda empresa tem responsabilidade com o meio ambiente, utilizando de fontes renováveis para geração de energia, a telefônica abre opção de ampliação deste modelo de geração. A Telefônica possui cobertura da rede móvel em quase todo território nacional, desde os grandes centros urbanos ate os pequenos arraiais, este sistema solar pode ser ampliados e tornar motivo de estudos futuros para instalação nestas pequenas comunidades.

## 9 REFERÊNCIAS

ANEEL, **Cadernos temáticos ANEEL: Micro e minigeração distribuída – compensação de energia elétrica**. Brasília: DF, 2014.

ANEEL, **Registros de micro e minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>>. Acesso em 15 out. 2018.

ANEEL, **Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2018.

ANEEL, **Resolução Normativa n. 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em 18 out. 2018.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, ANEEL, Brasília: DF, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento do programa de eficiência energética – PROPEE: módulo 1 – introdução**. Brasília: DF, 2013.

BRAKMANN, Georg; ARINGHOFF, Rainer. Solar Thermal Power. Greenpeace. October, 2003.

BRITTO, JOSÉ OTÁVIO . O uso energético da madeira. ESTUDOS AVANÇADOS 21 (59), 2007.

CÂMARA DO COMÉRCIO DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/onde-atuamos/fontes?\\_afLoop=565421783706233&\\_adf.ctrl-state=q3h20a7kb\\_1#!%40%40%3F\\_afLoop%3D565421783706233%26\\_adf.ctrl-state%3Dq3h20a7kb\\_5](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_afLoop=565421783706233&_adf.ctrl-state=q3h20a7kb_1#!%40%40%3F_afLoop%3D565421783706233%26_adf.ctrl-state%3Dq3h20a7kb_5)>. Acesso em 10 outubro de 2018.

CRAVEIRO, Paulo M. A. “Energia Eólica para a Produção de Eletricidade”. In Coletânea de Artigos – Energias Solar e Eólica – Volume 2. CRESESB – CEPEL. Rio de Janeiro, 2005.

CRESESB. CENTRO DE REFÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Componentes de um sistema fotovoltaico.** Disponível em:<[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=341](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=341)>. Acesso em: 19 outubro. 2018.

ELETRÔNICA SILVEIRA. Eletrônica Silveira – Fórum – inversor de tensão PWM 60 Hz onda retangular (Projeto). **Eletrônica Silveira**, 2015. Disponível em: <<http://eletronicasilveira.forumeiros.com/t5206-inversor-de-tensao-pwm-60hz-onda-retangular-projeto>>. Acesso em: 22 de novembro de 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira.** Rio de Janeiro, maio/2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Nota Técnica DEA 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro, Outubro/2014.

ENERGIA SOLAR NO BRASIL: SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS – Estudo Técnico Março 2017.

GALDINO, J. C. da S. Manutenção de ferrovia: grupo motor gerador. Natal: [s. n.]. 2011.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. O que é geração distribuída. Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em 10 outubro. 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Snapshot of global photovoltaic markets. Mary Brunisholz, IEA PVPS, 2016.

LYRA, F.M.; FRAIDENRAICH, N.; TIBA, C. “Solarimetry in Brazil – Status and Proposals. Technical Report – GTEF, pp. 73. Recife, 1993.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Ações de estímulo à geração distribuída, com base em fontes renováveis.** Brasília. 2015.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. Energia Solar no Brasil: situação e perspectivas. Consultor Legislativo da Área XII Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos, Estudo Técnico. Março/2017.

PEREIRA, J. C. Motores e geradores: princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores. Rio de Janeiro: [s. n.], 2008.

RODRÍGUEZ, C. R.C. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída**: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. **São Paulo regula o licenciamento ambiental para geração de energia solar**. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2017/08/sao-paulo-regula-o-licenciamento-ambiental-para-geracao-de-energia-solar/>>. Acesso em: 02 de novembro de 2018.

TIBA, Chigueru. “Atlas Solarimétrico do Brasil”. UFPE. CHESF. Recife, 2000.

WEG. DT-5: características e especificações de geradores. Jaraguá do Sul: [s.n.], 2016. Disponível em: <[http://www.weg.net/br/Media-Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca/\(group\)/2](http://www.weg.net/br/Media-Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca/(group)/2)>. Acesso em: 21 nov. 2018.