



FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

BRUNO MAGESTE SILVA

ERNADES JÚNIOR ABREU

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA MICRO USINA
FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

CARATINGA

2017

BRUNO MAGESTE SILVA

ERNANDES JÚNIOR ABREU

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA MICRO USINA
FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: sustentabilidade

Orientador: M.Sc. Bárbara Dutra da Silva
Luz

CARATINGA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Análise de viabilidade da implantação de uma micro usina fotovoltaica em residência unifamiliar, elaborado pelo(s) aluno(s) Bruno Mageste Silva e Ernandes Júnior Abreu foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 11 de Dezembro de 2017


Bárbara Dutra
Prof. Orientador


José Nelson

Prof. Avaliador 1


João Moreira

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

RESUMO

O desenvolvimento social e industrial depende diretamente de fontes de energia. Com o crescente aumento populacional estas fontes têm se tornado cada vez mais escassas, pois advêm de fontes não renováveis. Neste sentido, este estudo tem por objetivo analisar os tipos de sistema de geração de energia elétrica através da radiação solar, sendo este um modelo de geração de energia, particular, não dependente energia produzida pelas concessionárias. Para isso abordamos a transformação de luz solar em eletricidade por meio de painéis solares fotovoltaicos, os tipos de sistemas ligados ou não a rede pública, o detalhamento de instalação e funcionamento da micro usina fotovoltaica residencial. Apresentamos ainda a questão legislativa a respeito deste tema, abordando as leis em vigor bem como projetos de lei de incentivos que se encontram em andamento. Por fim, será demonstrado um estudo de viabilidade econômica comparando o custo em espécie, considerando o mesmo consumo de energia elétrica em uma residência usando a energia fornecida pelas concessionárias ou produzindo sua própria energia elétrica, levando em conta o tempo de retorno do capital investido na implantação da micro usina fotovoltaica.

Palavras-chave: Energia renovável. Energia fotovoltaica. Placas solares. Geração de energia.

ABSTRACT

Social and industrial development depends directly on energy sources. With the increasing population increase these sources have become increasingly scarce, as it comes from non-renewable sources. In this sense, this study aims to analyze the types of electricity generation system through solar radiation, which is a particular model of energy generation, thus not depending on the energy produced by the concessionaires. In order to do this we cover the transformation of solar light into electricity by means of solar photovoltaic panels, the types of systems connected or not to the public grid, the detailed installation and operation of the residential photovoltaic micro-power plant. We also present the legislative issue on this issue, addressing the laws in force as well as incentive legislation projects that are in progress. Finally, an economic feasibility study will be demonstrated comparing the cost in kind, considering the same consumption of electric energy in a residence using the energy supplied by the concessionaires or producing its own electric energy, taking into account the time of return of the capital invested in the implantation of the photovoltaic micro power plant.

Keywords: Renewable energy. Photovoltaics. Solar boards. Power generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura Atômica.....	17
Figura 2 - Efeito fotovoltaico na junção pn	21
Figura 3 - Células em paralelo	23
Figura 4 - Células em série	23
Figura 5 - Componentes básicos de um sistema fotovoltaico	24
Figura 6 - Média de radiação global horizontal.....	31
Figura 7 - Recurso Solar no Estado de Minas Gerais	32
Figura 8 - Mapa de altitude	33
Figura 9 - Mapa de zoneamento climático	34
Figura 10 - Mapa de temperaturas	35
Figura 11 - Consumo de energia.....	36
Figura 12 - Planta residencia unifamiliar	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Economia com sistema	48
---------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Gases causadores do efeito estufa	27
Quadro 2 - Geração Elétrica.....	28
Quadro 3 - Quantitativo de materiais.....	41
Quadro 4 - Estimativa de consumo lâmpadas.....	42
Quadro 5 - Estimativa de consumo equipamentos.....	43
Quadro 6 - Estimativa de consumo televisão e afins.....	44
Quadro 7 - Consumo médio mensal.....	44
Quadro 8 - Orçamento Empresa A.....	46
Quadro 9 - Orçamento empresa B.....	46
Quadro 10 - Orçamento empresa C.....	47
Quadro 11 - CustoxProdução.....	48
Quadro 12 - Emissão de Carbono.....	Erro! Indicador não definido.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contextualização	12
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivo específico	14
1.3	Estrutura Do Trabalho	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Conceitos básicos de eletricidade e energia solar	16
2.1.1	Energia solar	16
2.1.2	Energia elétrica	16
2.2	Energia solar fotovoltaica	19
2.2.1	Origem	19
2.2.2	Efeito fotovoltaico	20
2.2.3	Célula de captação de energia solar	21
2.2.4	Tipos de módulo	22
2.2.5	Características dos módulos fotovoltaicos	23
2.2.6	Modelos de módulos fotovoltaicos	23
2.2.7	Tipos de sistema	24
2.3	Instalação da energia solar	25
2.4	Impacto ambiental referente à emissão de carbono na geração de energia elétrica no Brasil	26
2.4.1	Efeito estufa e as mudanças climáticas	26
2.4.2	Principais gases causadores do efeito estufa	26
2.4.3	Geração e energia no Brasil	27

2.5	Emissões na produção e no uso da energia no Brasil.	29
2.5.1	Estimativa de emissão de carbono na geração de energia em sistemas fotovoltaicos.	29
2.5.2	Recurso solar no Brasil.....	30
2.6	Normas técnicas e legislação em vigor.....	37
3	METODOLOGIA	39
3.1	Caracterização da planta residencial padrão de estudo	39
3.2	Definição do sistema fotovoltaico.....	40
3.3	Listagem e caracterização dos aparelhos elétricos padrão	40
3.4	Estimativa de consumo por aparelho	41
3.5	Estimativa de consumo médio de energia elétrica da concessionária	44
3.6	Sistema de geração de energia solar que supra a demanda de energia	45
3.7	Análise dos resultados	47
3.8	Viabilidade econômica	48
4	CONCLUSÃO	50
5	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O desenvolvimento da sociedade sempre esteve atrelado a fontes de energia, as quais, contemporaneamente nos trazem recorrentes preocupações. O constante aumento populacional ocasiona uma demanda maior de consumo energético, necessitando desta forma de novas fontes geradoras (EPE, 2014).

No Brasil, segundo o último Balanço Energético Nacional (BEN), publicado pelo Ministério de Minas e Energias do Governo Federal (2016), 68,1% da energia elétrica é produzida por hidroelétricas. Estas, por sua vez, sofrem interferência direta de fatores climáticos, como ocorrido em 2015, quando foi necessário o racionamento de energia devido a falta de chuvas, assim quando insuficiente em horários de pico, o sistema hidroelétrico frequentemente é complementado pelas usinas termoelétricas, que usam combustíveis fósseis para geração de eletricidade, o problema desta prática é que este sistema além de altamente oneroso também gera mais poluição.

Não obstante grande parte da produção de energia elétrica brasileira advir de fontes renováveis, devido ao aumento populacional e ao grande custo e complexidade da construção de novas hidroelétricas, a poluição causada pelas termoelétricas, a crescente demanda por energia elétrica contraposta a manutenção da oferta, desequilibra a balança da oferta e procura, e como sabemos, quando a procura é maior que a oferta a elevação dos preços é a consequência. (FRITSCH, 1996)

Observando o território brasileiro, segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (ABES, 2006), a menor média de radiação solar ($4,24\text{kwh/m}^2$), ocorre no litoral norte de Santa Catarina – caracterizado pela ocorrência de precipitação bem distribuída ao longo do ano –, sendo esta média ainda maior do que a maioria dos países Europeus, onde projetos para aproveitamento da energia solar são mais bem difundidos.

Desta forma observa-se o grande potencial brasileiro para a produção de energia elétrica através do sistema fotovoltaico, e, considerando o atual panorama de elevados preços da energia elétrica, a perspectiva de incentivos governamentais, a crescente demanda populacional ou industrial, motivando assim a realização deste estudo, através do qual será demonstrado os tipos de sistemas de energia solar, sua instalação, estimativas de custo, retorno, emissão de carbono e sua viabilidade econômica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Estudo da viabilidade econômica da implantação de uma micro usina de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos em residências unifamiliares.

1.2.2 Objetivo específico

- Analisar os principais tipos de placas de produção de energia fotovoltaica comercializadas no Brasil.
- Escolher o melhor sistema de geração de energia solar para o caso proposto, baseando-se no melhor custo benefício.
- Minimizar ao máximo o uso da energia elétrica advinda da rede particular.
- Calcular a diferença obtida na emissão de carbono devido a menor porcentagem de energia usada da rede particular.
- Apresentar a viabilidade econômica do sistema bem como o tempo de retorno do investimento.

1.3 Estrutura Do Trabalho

Esta monografia foi dividida em 6 (seis) capítulos, conforme descritos pelos itens a seguir:

Capítulo 1: Contém a introdução com a contextualização, o objetivo geral e específico e a organização;

Capítulo 2: Contém a revisão bibliográfica, abordando a origem da energia solar fotovoltaica, seus efeitos, os tipos de células, módulos e sistemas. Sua

aplicação e uso no Brasil, os impactos ambientais, bem como as legislações e normas existentes;

Capítulo 3: Apresenta a metodologia, abordando os métodos utilizados para o desenvolvimento deste estudo;

Capítulo 4: Descreve a caracterização dos projetos, os cálculos de energia, bem como os resultados e discussões, apresentando-se a aplicação do sistema fotovoltaico comparado ao sistema convencional das concessionárias;

Capítulo 5: Apresenta as conclusões e recomendações;

Capítulo 6: Referências Bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos básicos de eletricidade e energia solar

2.1.1 Energia solar

O Sol é uma fonte de energia para Terra e também é responsável pela manutenção da vida no Planeta, a radiação é uma fonte inesgotável e que possui um alto potencial de utilização pelos sistemas de captação para conversão de outra forma de energia, como a elétrica (Souza 2015).

A propagação dos raios solares na terra corresponde ao valor de 1.367 W/m^2 . Considerando o raio da Terra 6.371 Km , temos uma potência total disponibilizada de 174 mil TW (Souza 2015).

Trenberth (2009), afirma por meio de análises periódicas que com base em medições de março de 2000 a novembro de 2005, a irradiância disponibilizada na Terra, é de 94 mil TW .

O consumo anual de energia segundo Souza (2009), é menor que a quantidade de energia disponibilizada pela radiação solar na superfície terrestre, por este motivo afirma a possibilidade desta fonte de captação para a transformação em energia solar.

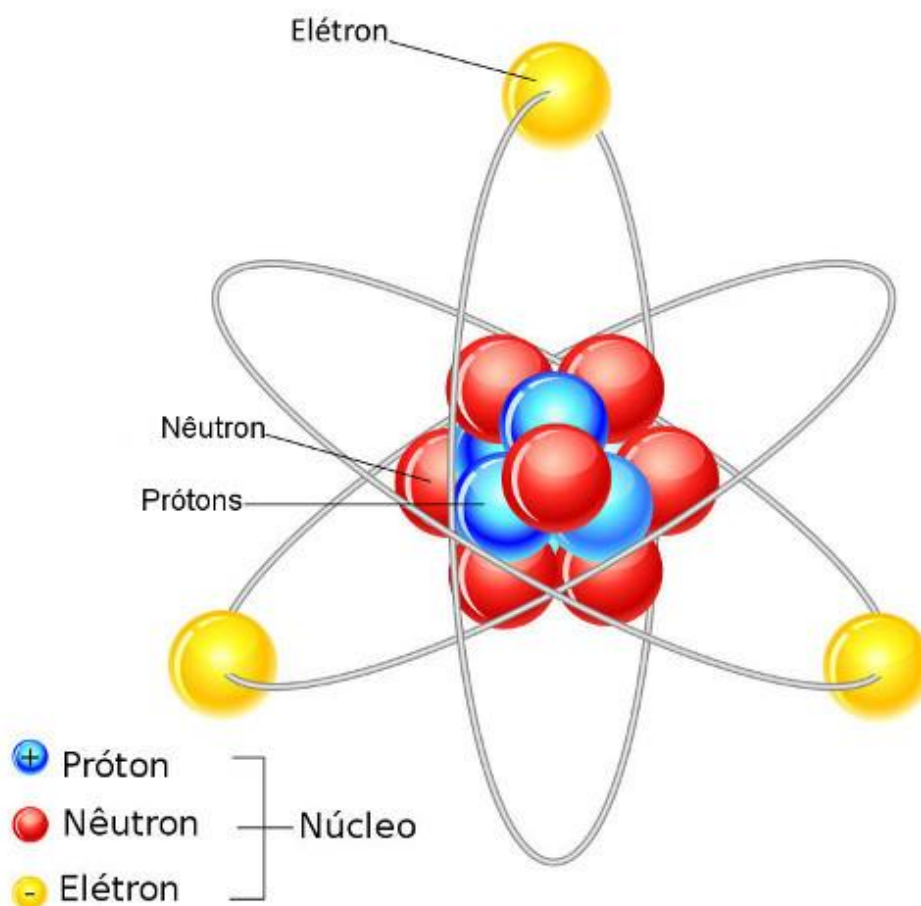
2.1.2 Energia elétrica

Segundo Cavalcante (2017), energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho. A mesma pode ser obtida através de meios químicos, físicos ou mecânicos. A energia se concebe quando há diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, gerando assim uma corrente elétrica.

A carga, é uma propriedade das partículas elementares que compõe o átomo, onde a carga chamada próton é positiva, localizadas no núcleo do átomo e a chamada elétron é negativa, localizadas na eletrosfera região ao redor do núcleo, também faz parte de um átomo os elétrons que são localizados no núcleo porem

não possui carga Teixeira (2017). Na figura 1, verificamos a imagem sistêmica de uma estrutura Atômica.

Figura 1 - Estrutura Atômica



Fonte: Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br>> Acesso em 08/11/2017

Segundo Mattede (2017), a tensão é a diferença de Potencial (DDP) entre dois pontos, ou seja, é a força necessária para movimentar os elétrons e criar assim uma corrente elétrica, esta DDP pode gerar uma queda de tensão ou uma fonte de tensão.

A tensão elétrica pode ser calculada pela lei de Ohm, como se observa na equação 1.

Equação 1 -Lei de Ohm

$$V = R \times I$$

Disponível em <https://www.mundodaeletrica.com.br> Acesso em 05/11/2017

Segundo McAllister (2017), a corrente é o fluxo de carga, é relatado pelo número de carga por unidade de tempo, passando através de uma seção. Os objetos carregados se movem em resposta as forças elétricas e magnéticas, provenientes de campos elétrico ou magnético. A corrente é gerada por uma pequena mudança na carga para uma pequena mudança no tempo. Para analisarmos mais facilmente, observe a equação 2:

Equação 2 - Derivada para deduzir corrente elétrica

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/>> Acesso em 08/10/2017

Quanto a potência, segundo McAllister (2017), é a taxa de energia (U), transformada ou transferida pelo tempo, vide equação 3, a qual é medida em *joules/second*, ou Watts.

Equação 3 – Derivada de Potencia

$$P = \frac{dU}{dt}$$

Disponível em Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/>> Acesso em 08/10/2017

Potencia elétrica é o produto de tensão pela corrente, em unidades Watts, conforme equação 4.

Equação 4 - Equação de Potência

$$P = V \times i$$

Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/>> Acesso em 08/10/2017

Para o cálculo da Energia Elétrica, segundo Cavalcante (2017), utilizamos a equação 5.

Equação 5 - Cálculo da energia elétrica

$$E_{EL} = P \cdot \Delta t$$

Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/>> Acesso em 08/10/2017

Segundo Cavalcante (2017), as companhias elétricas utilizam o kWh para a medição do consumo de energia elétrica, para isso cada companhia vende seu kWh por um valor determinado e assim multiplicado pelo consumo mensal, entenda pela equação 6:

Equação 6 - Custo de Consumo

$$C = P \times C\$$$

Disponível em <Disponível em < <https://pt.khanacademy.org/>> Acesso em 08/10/2017

2.2 Energia solar fotovoltaica

2.2.1 Origem

Segundo CRESESB (2006) efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 pelo cientista francês, Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891), o cientista observou que ao iluminar uma solução ácida houve uma diferença de potencial entre os eletrodos imersos nessa solução, em 1876 Adams e Day também observaram efeito similar com o selênio. As primeiras células fotovoltaicas foram fabricadas com selênio, desenvolvidas por Frist em 1883.

Em 1950, segundo Souza (2015) foram fabricadas nos Estados Unidos, no laboratório de Bell, as primeiras células solares, constituídas por dispositivos semicondutores. Estas células eram constituídas através de lâminas de silício cristalino, que atingiram 6% de eficiência de conversão com potência de 5mV, tendo uma área de 2 cm².

Segundo Pinho (2014), para termos uma ideia do avanço tecnológico nos últimos anos, em 1970, um watt-pico era vendido na Europa e Estados Unidos por US\$ 150,00, contudo na primeira década dos anos 2000, atingiu-se uma produção mundial anual de células solares da ordem de magnitude da potência da central hidrelétrica de Itaipu. Há cerca de 5 anos atrás, o preço do módulo fotovoltaico encontrava em cerca de 0,60 €/Wp na Europa, de 0,65 US\$/Wp nos EUA e de aproximadamente 3,00 R\$/Wp no Brasil.

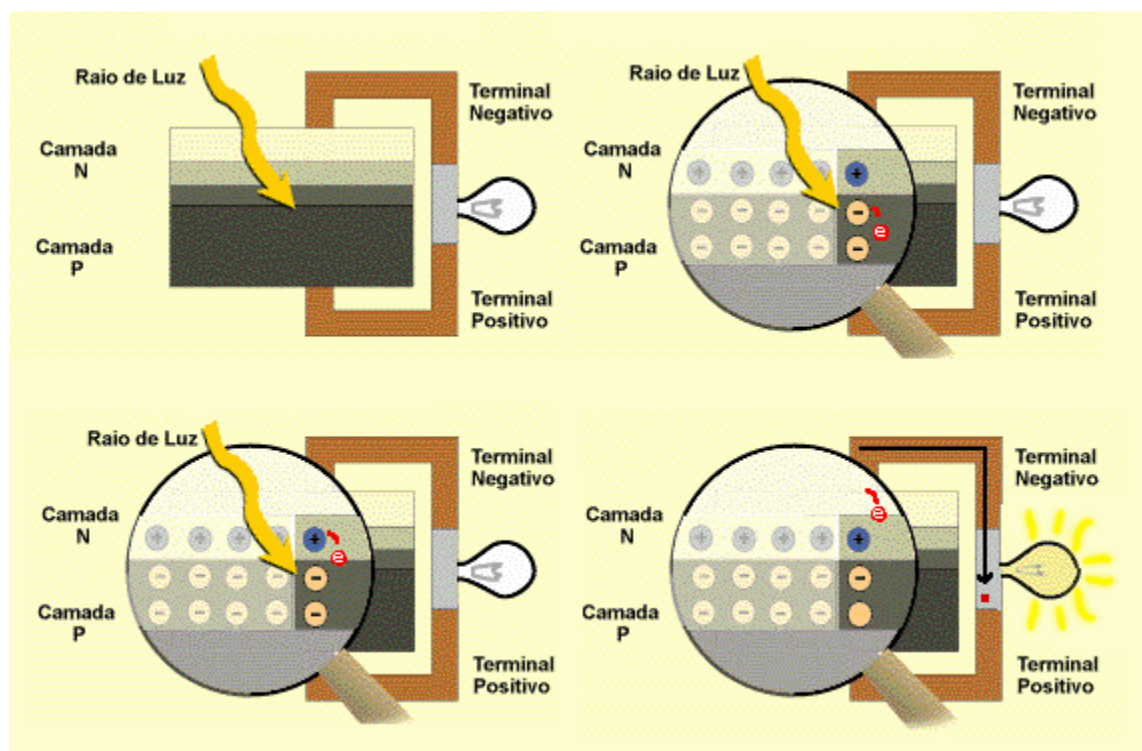
As células fotovoltaicas que dominam o mercado mundialmente no cenário atual, são produzidas através de lâminas de silício cristalino.

2.2.2 Efeito fotovoltaico

O efeito fotovoltaico se dá através dos semicondutores. O semicondutor mais usado é o silício. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, por exemplo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e que ficará "sobrando", fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto faz com que este elétron se livre, indo para a banda de condução (CRESESB, 2006).

Se uma junção pn for exposta a fótons, ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna. Na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando assim, uma corrente através da junção; este deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial ao qual chamamos de Efeito Fotovoltaico (Figura 2). Se as duas extremidades de silício forem conectadas por um fio, haverá uma circulação de elétrons. Esta é à base do funcionamento das células fotovoltaicas (CRESESB, 2006).

Figura 2 - Efeito fotovoltaico na junção pn.



Fonte: CRESESB, 2006

2.2.3 Célula de captação de energia solar

Em sua grande maioria as células solares são constituídas de silício (Si), podendo também serem fabricadas com matéria de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo (CRESESB 2006).

A célula de Silício Monocristalino, segundo CRESESB (2006), é a mais utilizada e vendida como conversor direto de energia solar em energia elétrica, sua tecnologia é proveniente de um processo bem simples, porém muito bem estudado. Para este material funcionar como célula solar, o mesmo necessita de um alto grau de pureza de 99,99999%. Esta célula do tipo monocristalinas são as que apresentam a maior eficiência, podendo chegar a 18%.

As células de silício policristalino apresentam menos custo que as de silício monocristalino por exigirem uma fabricação com processo menos rigoroso. A eficiência, no entanto, cai um pouco em comparação as células de silício monocristalino. O processo de pureza do silício utilizada na produção das células de

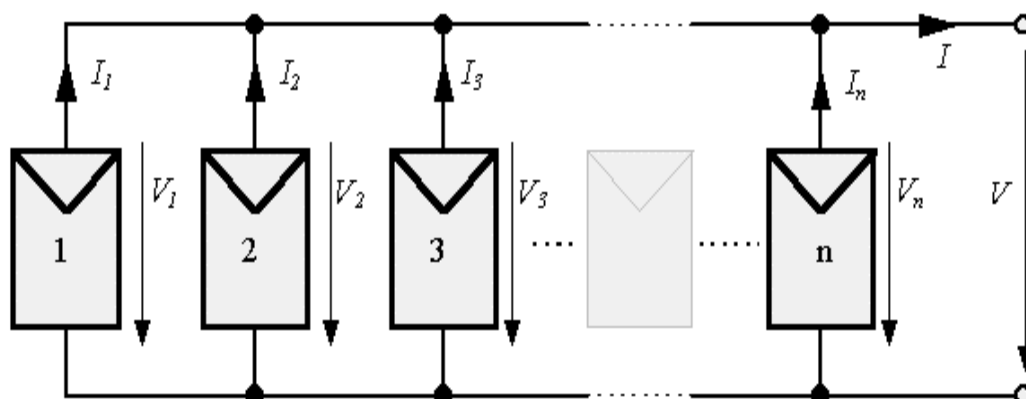
silício policristalino é similar ao processo do Si monocristalino, o que permite obtenção de níveis de eficiência compatíveis. Basicamente, as técnicas de fabricação de células policristalinas são as mesmas na fabricação das células monocristalinas, porém com menores rigores de controle. Sua eficiência máxima é de 12,5% (CRESESB 2006).

Segundo CRESESB (2006), as células de silício amorfo se diferem das demais por apresentar alto grau de desordem dos átomos. A utilização desta matéria para fabricação apresenta grandes vantagens por apresentar uma absorção de radiação solar mais eficiente na faixa visível, seu processo de fabricação é mais barato, por isso é uma tecnologia com baixo custo. Contudo temos algumas desvantagens em relação às fabricadas com os tipos de materiais citados acima, sendo elas, baixa eficiência a conversão e baixa vida útil, porém é possível fabricar células com baixo custo e grandes áreas, tendo assim um baixo custo de produção de energia.

2.2.4 Tipos de módulo

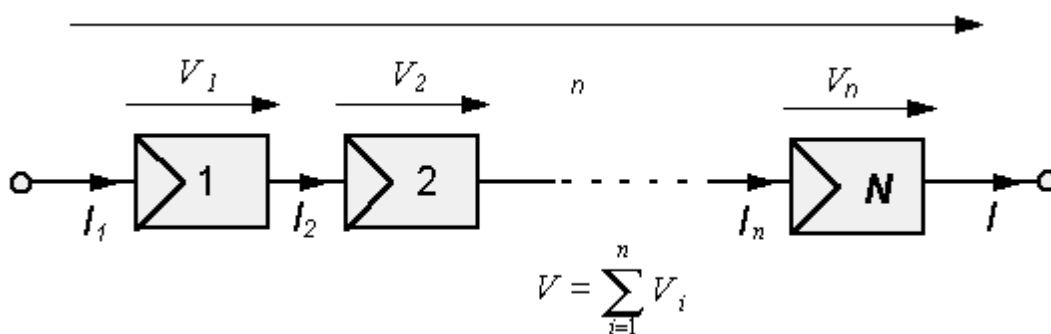
Devido à baixa tensão e corrente de saída em uma célula fotovoltaica, faz-se necessário o uso de várias células formando-se assim um módulo, vale ressaltar que a corrente produzida pelo efeito fotovoltaico é contínua. Estas células podem ser ligadas: em paralelo, somam-se as correntes e a tensão de cada módulo, tendo assim, a tensão da célula; e ainda pela ligação mais comum, a do tipo série, que consistem em agrupar o maior número de células onde se soma a tensão chegando a 12V, o que permite a carga do banco de baterias, se existir, conforme se vê nas figuras 3 e 4 (CRESESB 2006).

Figura 3 - Células em paralelo



Fonte: CRESESB, 2006

Figura 4 - Células em série



Fonte: CRESESB, 2006

2.2.5 Características dos módulos fotovoltaicos

As principais características dos módulos são:

Voltagem do circuito, corrente do circuito, potência máxima, voltagem máxima e corrente máxima.

2.2.6 Modelos de módulos fotovoltaicos

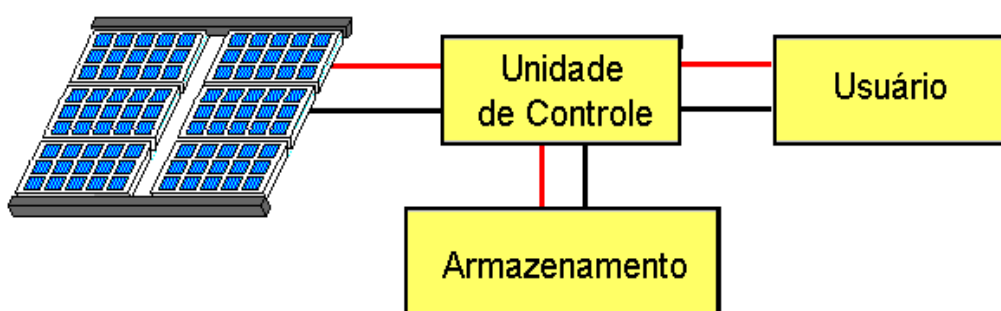
Segundo a empresa MPPT Solar Brasil, vários modelos de módulos fotovoltaicos estão atualmente disponíveis no mercado, citemos algumas marcas:

- Kyosera (USA-desde 1978);
- Panasonic (Japão-desde 1975);
- LG (Coreia do Sul-desde 2010);
- Suntech (China-desde 2001);
- Canadian Solar (Canadá-desde 2001);
- Frist Solar (USA-desde 1999);
- Yingli (China-desde 1998);
- Solar World (Alemanha-desde 1988);

2.2.7 Tipos de sistema

Segundo (CRESESB, 2006) o sistema fotovoltaico pode ser classificado em 3 (três) categorias, sendo elas: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede. Porém todo sistema contém uma configuração básica, conforme demonstrado na figura 5.

Figura 5 - Componentes básicos de um sistema fotovoltaico



Fonte: CRESESB, 2006

a) Sistemas isolados

Segundo (Souza, 2015), um sistema fotovoltaico isolado é aquele que não possui contato com a rede de distribuição de eletricidade das empresas fornecedoras de energia.

Sendo ainda classificados em sistemas híbridos, quando o mesmo trabalha em conjunto com outro sistema de geração. E os sistemas puros, o qual não possui outra forma de geração de eletricidade, normalmente são dotadas de um banco acumuladores de energia, as baterias, para suprir a necessidade de energia elétrica em dias nublados e chuvosos (Souza 2015).

b) **Sistemas interligados à rede**

Este sistema é conectado diretamente a rede das empresas distribuidoras de energia, fazendo com que todo potencial gerado vá imediatamente para a rede. Normalmente este tipo de sistema não possui um banco de reserva por isso são mais econômicos que os autônomos por seu custo ser mais acessível (Souza 2015).

2.3 Instalação da energia solar

Para o dimensionamento e planejamento de um sistema fotovoltaico é fundamental conhecer o local da instalação, para que se possam observar as condições existentes, evitando erros de produção, custo e consumo (Torres, 2012).

São vários os parâmetros de desempenho do conjunto de módulos fotovoltaicos, sendo eles, radiação solar, localização geográfica, inclinação e orientação de onde estes serão instalados. Citamos também como fatores, a temperatura dos painéis, o sombreamento parcial, o descasamento entre os painéis, a resistência dos condutores, a limpeza dos painéis, todos estes preceitos são determinantes para o bom rendimento do sistema (RUTHER, 2004).

A inclinação ótima para a máxima incidência solar anual é dada pela latitude local. O ideal é uma superfície voltada para a linha do equador, para as instalações localizadas no hemisfério sul e sul geográfico para instalações no hemisfério norte, porém, onde não é possível seguir esta orientação, ainda assim é possível gerar uma quantidade de energia satisfatória (Torres, 2012).

Quando iluminado homoganeamente, o gerador fotovoltaico apresenta um bom rendimento. Como as placas são ligadas em série, temos que tomar muito cuidado com as sombras, muito comum projetada por antenas, chaminés ou poste, pois pode reduzir acentuadamente o rendimento de todo sistema. Este fato deve-se, pois, a placa em que incidir menor quantidade de radiação é que irá determinar a corrente, conseqüentemente a potência de operação do conjunto a ela conectado em série (RUTHER, 2004).

2.4 Impacto ambiental referente à emissão de carbono na geração de energia elétrica no Brasil.

2.4.1 Efeito estufa e as mudanças climáticas

O resultado da interação dos processos naturais de entrada e emissão de radiação que ocorre entre o Sol e a Terra, em que o Sol - fonte geradora de radiação: luminosa, ultravioleta e infravermelha – emite sobre a Terra como corpo receptor e refletor desta energia, é como se dá o aquecimento de nosso planeta (Rosa, 2000).

Segundo (Rosa, 2000), com o aumento das atividades humanas no setor industrial aumentou-se a quantidade de emissão de determinados gases para a atmosfera e estes gases interagem a nível molecular com a radiação térmica emitida para a terra aumentando a temperatura terrestre.

A este processo de interação se deu o nome de Aquecimento Global devido a similaridade com estufas de cultivo de vegetais o fenômeno passou a ser chamado e efeito estufa.

2.4.2 Principais gases causadores do efeito estufa.

Segundo (Mitchell, 1989) os principais gases causadores do efeito estufa são: vapor de água (H₂O), dióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozônio (O₃) na Troposfera, CFC 11, CFC 12, Todos Halocarbonos.

Quanto à concentração de gases causadores do efeito estufa, esta desciminada no quadro 1, segundo (UNEP, 1997).

Quadro 1 - Gases causadores do efeito estufa

	CO₂	CH₄	CFC-11	N₂O
Pré-industrial 1750-1800	280ppmv	0,8	0	288ppbv
Nível atual	353ppmv	1,72ppmv	280pptv	310ppbv
Taxa atual de crescimento	0,5%	0,9%	4%	0,25%
Vida média na Atmosfera	50-200	10	65	150

Fonte: UNEP, 1997

Unidades: ppmv – partes por milhão de volume, ppbv – partes por bilhão de volume, pptv – partes por trilhão de volume.

A concentração destes gases na atmosfera é apenas um indicador pois sua efetiva contribuição deve ser ponderada levando-se em conta seu peso molecular, tempo médio de permanência na atmosfera e efeito de aquecimento de cada gás, a ponderação de todos estes fatores fornecerá o Poder de Aquecimento Global (PAG), (Rosa, 2000).

De acordo com a publicação (OECD,1991) as principais fontes, de acordo com o tipo de gás são:

Dióxido de Carbono (CO₂) – extração, transformação, transporte e uso final de combustíveis fósseis. Queimadas de áreas florestadas.

Metano (CH₄) – produzido através de processos de decomposição anaeróbica ou por combustão incompleta nas mudanças no uso do solo, áreas naturais pantanosas, dejetos de animais, utilização energética – produção, armazenagem, queima de carvão mineral, produção e transporte de gás natural-.

Clorofluorcarbonos (CFCs) – atividades industriais, gases refrigerantes e aerossóis.

Ozônio (O₃) – consequências de reações complexas na alta atmosfera.

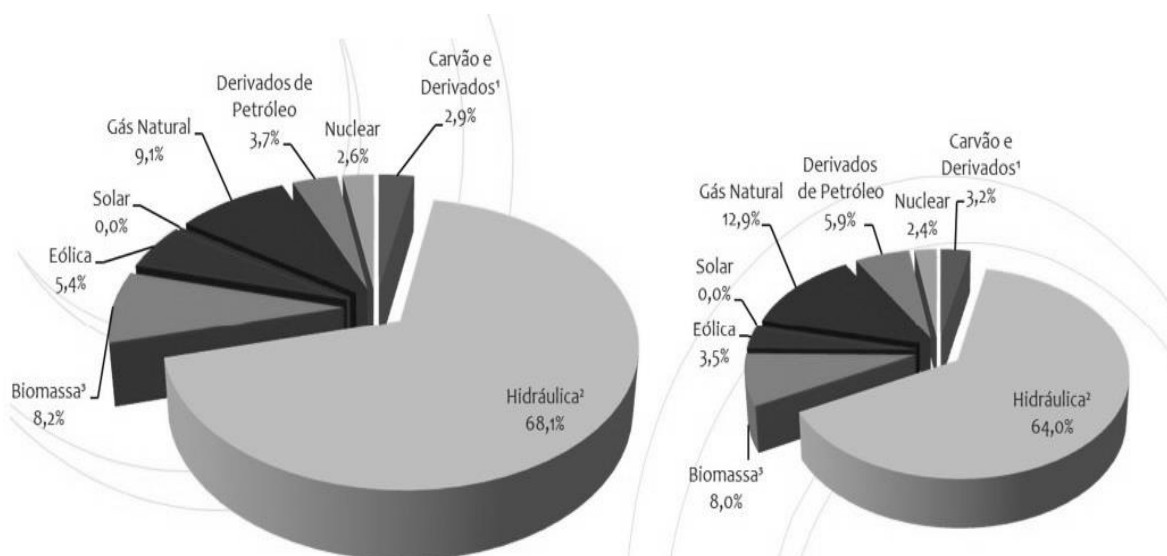
2.4.3 Geração e energia no Brasil

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, tendo como referência o ano de 2016, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Ministério de Minas e Energia (MME) do Governo Federal, o qual norteia este subcapítulo, o Brasil em 2016, atingiu a marca de 288,3Mtpe de oferta energética

total disponibilizada, uma redução de 3,8% em relação ao ano de 2015 devido a fatores econômicos, por outro lado a oferta de energia elétrica se elevou em 0,7% em relação ao ano anterior, este aumento foi consequência de uma maior oferta hídrica – condições climáticas favoráveis – e principalmente devido a expansão das fontes renováveis de energia elétrica. A micro e mini geração distribuída atingiu 104,1 GWh, com uma potência instalada de 72,5MW, tendo destaque segundo o relatório, a fonte solar fotovoltaica, com 53,6 GWh e 56,9 MW de geração e potência instalada.

O balanço demonstra de onde vem e como é consumida e energia no Brasil. O gráfico 1 e quadro 2 apontam as fontes geradoras e consumidoras desta energia.

Gráfico 1 - Matriz elétrica brasileira



Oferta hídrica em 2016: 421,7 TWh

Oferta em hídrica em 2015: 394,2 TWh

Oferta total: 619,7 TWh

Oferta total: 615,7 TWh

Fonte: BEN, 2017, adaptado.

Quadro 2 - Geração Elétrica

Fonte	2015	2016	Δ 16/15
Hidrelétrica	359.743	380.911	5,9%
Gás Natural	79.490	56.485	-28,9%
Biomassa ²	47.394	49.236	3,9%
Derivados do Petróleo ³	25.657	12.103	-52,8%
Nuclear	14.734	15.864	7,7%
Carvão Vapor	18.856	17.001	-9,8%
Eólica	21.626	33.489	54,9%
Solar Fotovoltaica	59	85	44,7%
Outras ⁴	13.669	13.723	0,4%
Geração Total	581.228	578.898	-0,4%

Fonte: BEN, 2017, adaptado.

2.5 Emissões na produção e no uso da energia no Brasil.

Para produzir 1 MWh, o setor elétrico brasileiro emite 2,3 vezes menos que o europeu, 3 vezes menos do que o setor elétrico americano e 4,8 vezes menos do que o chinês, o Brasil para produzir 1MWh emitiu em 2016 101,3 Kg de CO₂, (BEM, 2017).

2.5.1 Estimativa de emissão de carbono na geração de energia em sistemas fotovoltaicos.

A emissão de gases causadores do efeito estufa, principalmente o CO₂, é sem dúvida uma preocupação mundial e a geração e uso de energia elétrica está diretamente relacionado com o problema devido a queima de combustíveis fósseis durante sua produção. Com o surgimento de novas tecnologias a geração de eletricidade tende a reduzir este panorama (GARCIA et al., 2014).

A captação de energia solar é uma destas novas tecnologias que pretendem diminuir a emissão de CO₂, e para o cálculo desta emissão, devem ser levados em consideração diversos fatores desde a produção, transporte e instalação.

O sistema fotovoltaico não emite gases durante sua operação o que não quer dizer que não cause danos ao meio ambiente, durante todo o processo de fabricação dos painéis e demais componentes do sistema se consome energia e isto gera emissão de carbono. Para este cálculo deve ser levado em consideração o país de origem dos componentes do sistema devido a variação da intensidade das emissões de CO₂ na matriz energética, que pode ser de origem renovável ou não, deve também ser considerado o ciclo de vida do sistema o qual depende da localidade onde será instalado devido a intensidade de radiação solar. Considerando estas variáveis a média de energia requerida para produção dos painéis fotovoltaicos é de 1.126,8 KWh/m² (GARCIA et al., 2014).

Segundo (OLIVEIRA et al., 2017) para um consumo de 14.810,18 KWh gera 1.209,9Kg de CO₂ quando esta energia é fornecida pela rede e para o mesmo consumo, considerando o sistema fotovoltaico como gerador a emissão de CO₂ é de 518,3563KG, ou seja, 35Kg de CO₂ por MWh produzido.

2.5.2 Recurso solar no Brasil

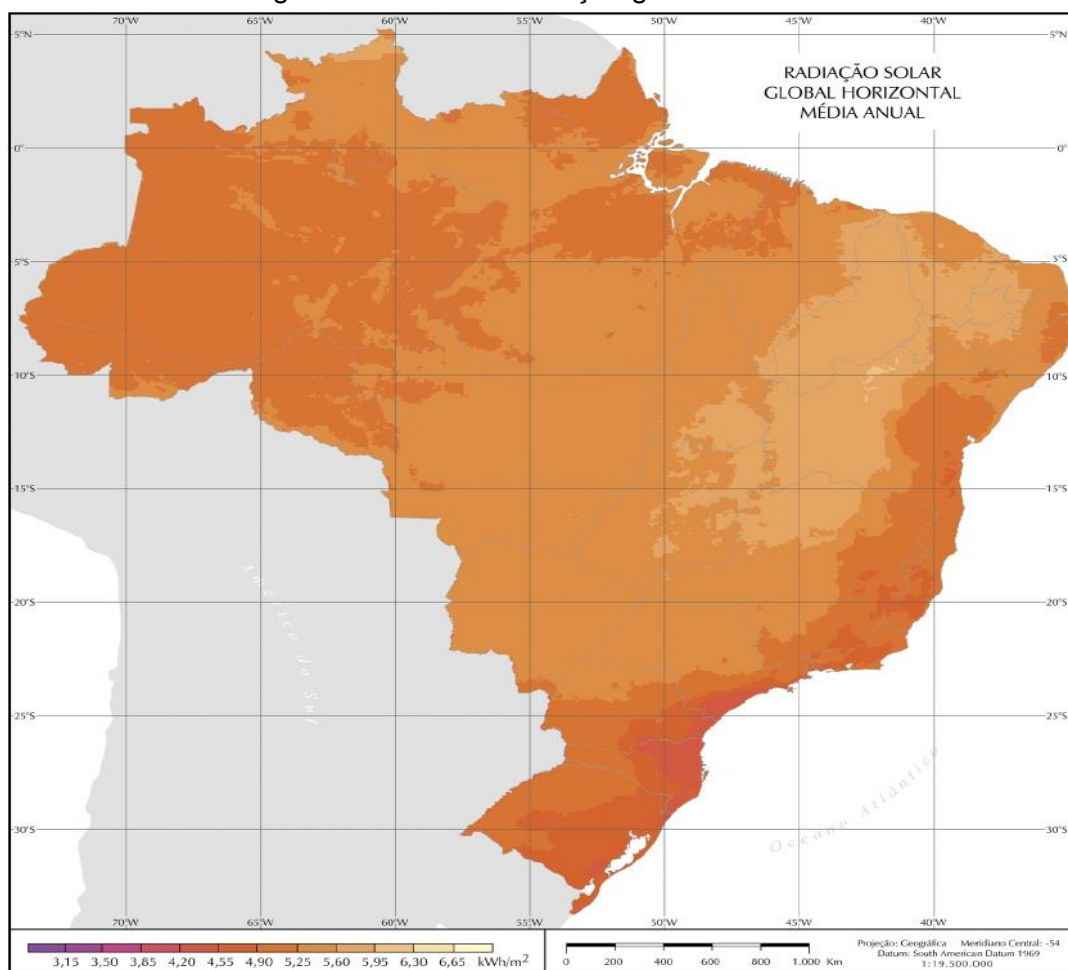
Segundo CRESESB (2006), nosso país por ser localizado em sua maior extensão na região inter tropical, possui um alto índice de aproveitamento da energia solar durante todo ano.

Existem dois meios de se realizar um levantamento dos recursos de energia solar em uma região extensa, como é o caso do nosso país: “o uso de radiômetros distribuídos pela região em conjunto com técnicas de interpolação de dados de radiação coletados; e o uso de modelos computacionais para a determinação de estimativas da radiação solar incidente por meio de relações empíricas ou da solução da equação de transferência radiativa na atmosfera.” (CRESESB 2006).

Os mapas utilizados em nosso trabalho são fornecidos pelo modelo Brasil-SR, valores médios obtidos entre 1995 a 2005. No mapa abaixo (Figura 6), podemos observar que apesar de diferentes características climáticas em nosso país, a nossa média anual é relativamente alta e bem uniforme. O maior valor de irradiação é de

6,5kW/m², que ocorre no norte do estado da Bahia, por outro lado observamos que a menor radiação ocorre no litoral norte do estado de Santa Catarina, cerca de 4,25kWh/m². Como podemos observar A incidência de radiação global em qualquer região do Brasil está entre (1500 – 2500kWh/m²), valor este superior da grande parte de países da Europa, como Alemanha (900 – 1250kWh/m²), França (900 – 1650kWh/m²) e Espanha (1200 – 1850kWh/m²), países estes que contam com grandes incentivos governamentais (Ruther 2006).

Figura 6 - Média de radiação global horizontal



Fonte: Ruther 2006

Segundo (CRESESB 2006), a região de maior potencial é a Nordeste, seguida pela região Centro-Oeste e Sudeste, por motivo de fatores climáticos houve a redução do potencial na região Norte equiparando seu valor médio muito próximo da região Sul. A Figura (7) demonstra o potencial anual médio de energia solar para o período de 10 anos em que o estudo foi baseado.

Figura 7 - Recurso Solar no Estado de Minas Gerais

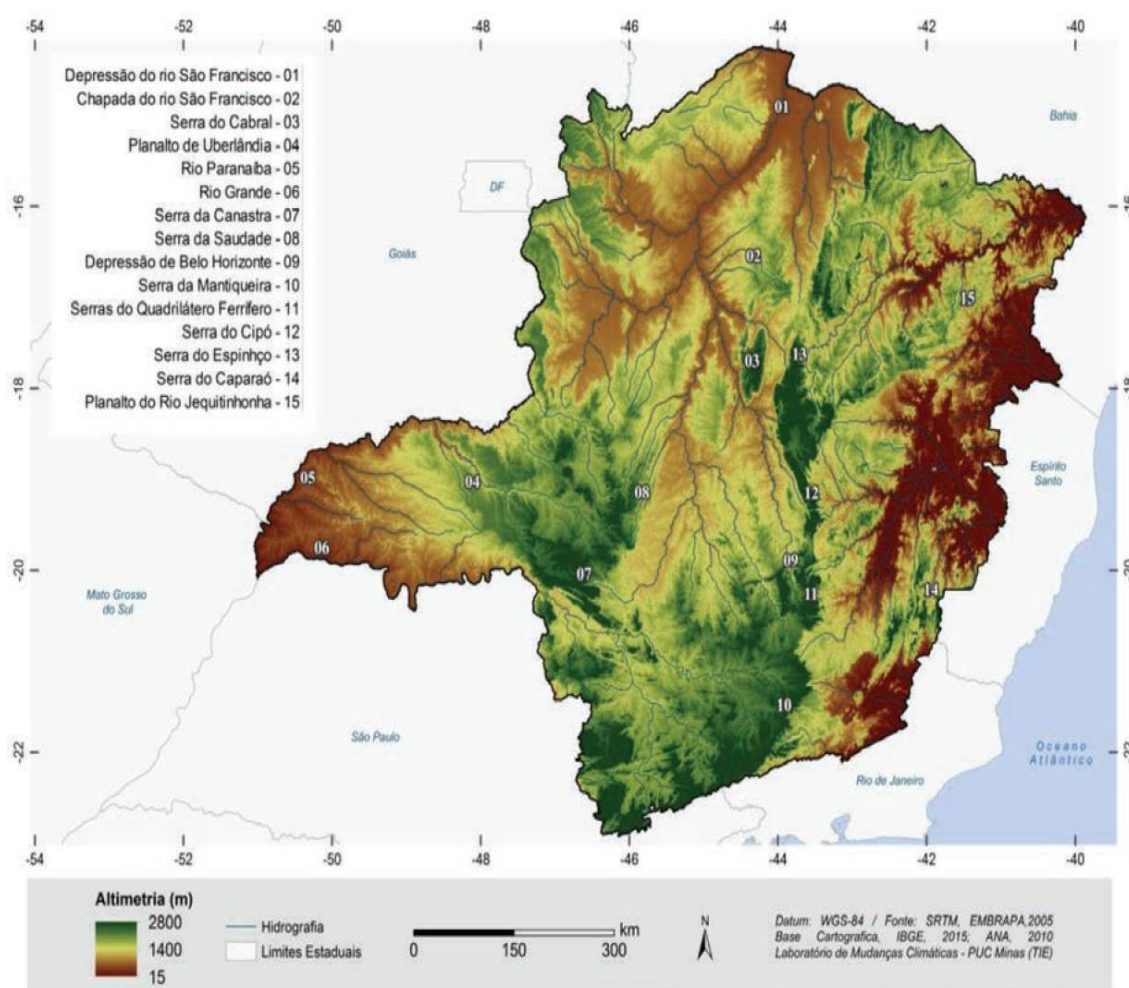


Fonte: CRESESB 2006

Segundo Reis (2016), o estado de Minas Gerais é a quarta unidade da Federação em extensão territorial, com sua área de 586.528 km². Sua localização está entre os paralelos 14°13'58" e 22°54'00" de latitude Sul e os meridianos 39°51'32" e 51°02'35" a Oeste de Greenwich. O estado faz parte da região Sudeste e detém uma linha de divisa de 4.727 km com os estados vizinhos. Limita-se a sul e sudoeste com estado de São Paulo, a oeste com Mato Grosso do Sul, a noroeste

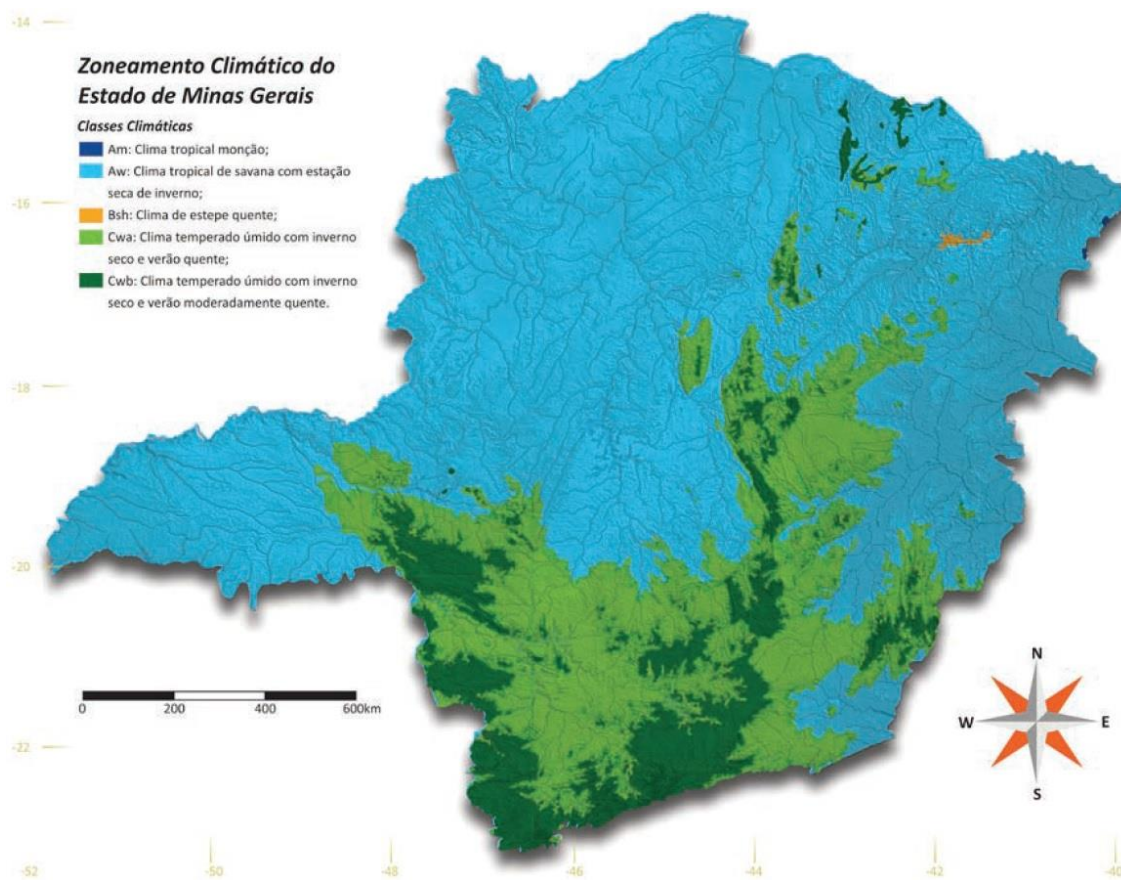
com Goiás, ao norte com a Bahia, a leste com o Espírito Santo e a sudeste com Rio de Janeiro. O território mineiro é inteiramente formado por planaltos, sua altitude média é cerca de 700m, porém o estado possui serras que superam os 1.700m de altura, como podemos verificar na Figura (8) e na figura (9), observemos as classes climáticas no estado de Minas gerais, atualizadas recentemente por Sá Júnior (2009).

Figura 8 - Mapa de altitude



Fonte: Reis 2016.

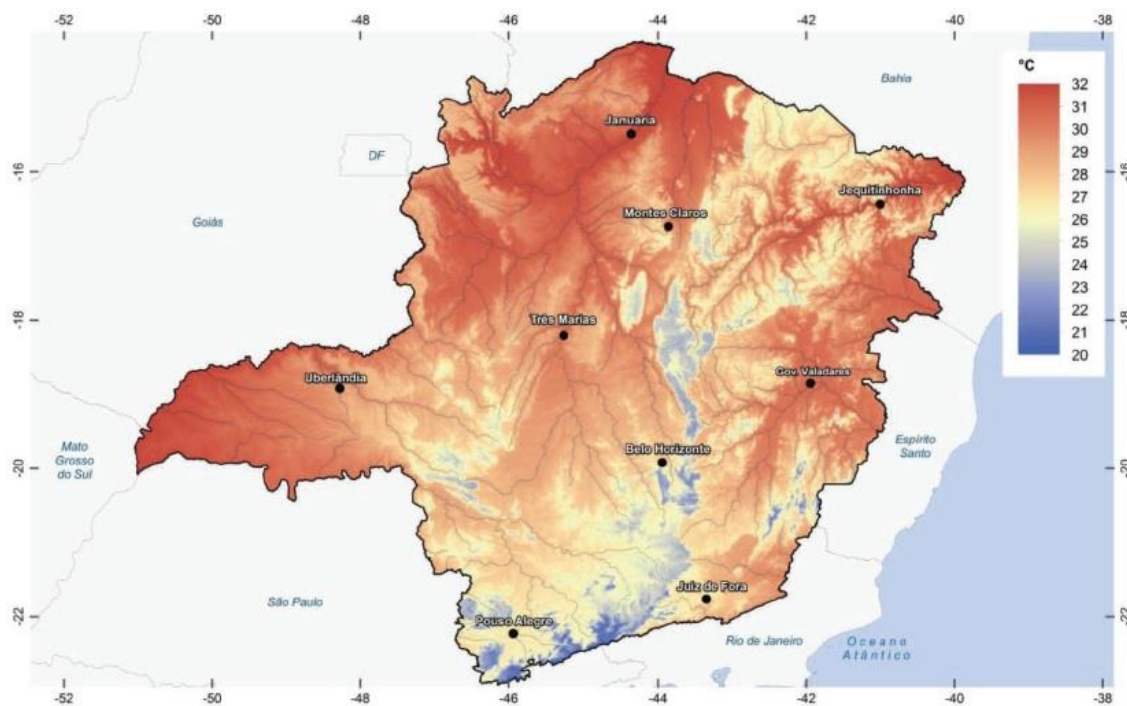
Figura 9 - Mapa de zoneamento climático



Fonte: Sá Júnior 2009

Segundo Reis (2016), o tipo de relevo exerce influência em Minas Gerais, nas regiões Centro-Oeste, Noroeste e Triângulo, predominam as maiores médias. A variação de temperatura máxima nas áreas mais elevadas ficam entre 17 a 20°C, já nas áreas de menor altitude temos uma média anual de 20 a 23°C. Como podemos observar na Figura (10).

Figura 10 - Mapa de temperaturas



Fonte: Reis 2016

2.5.2.1 Demografia e consumo de energia no estado de Minas Gerais

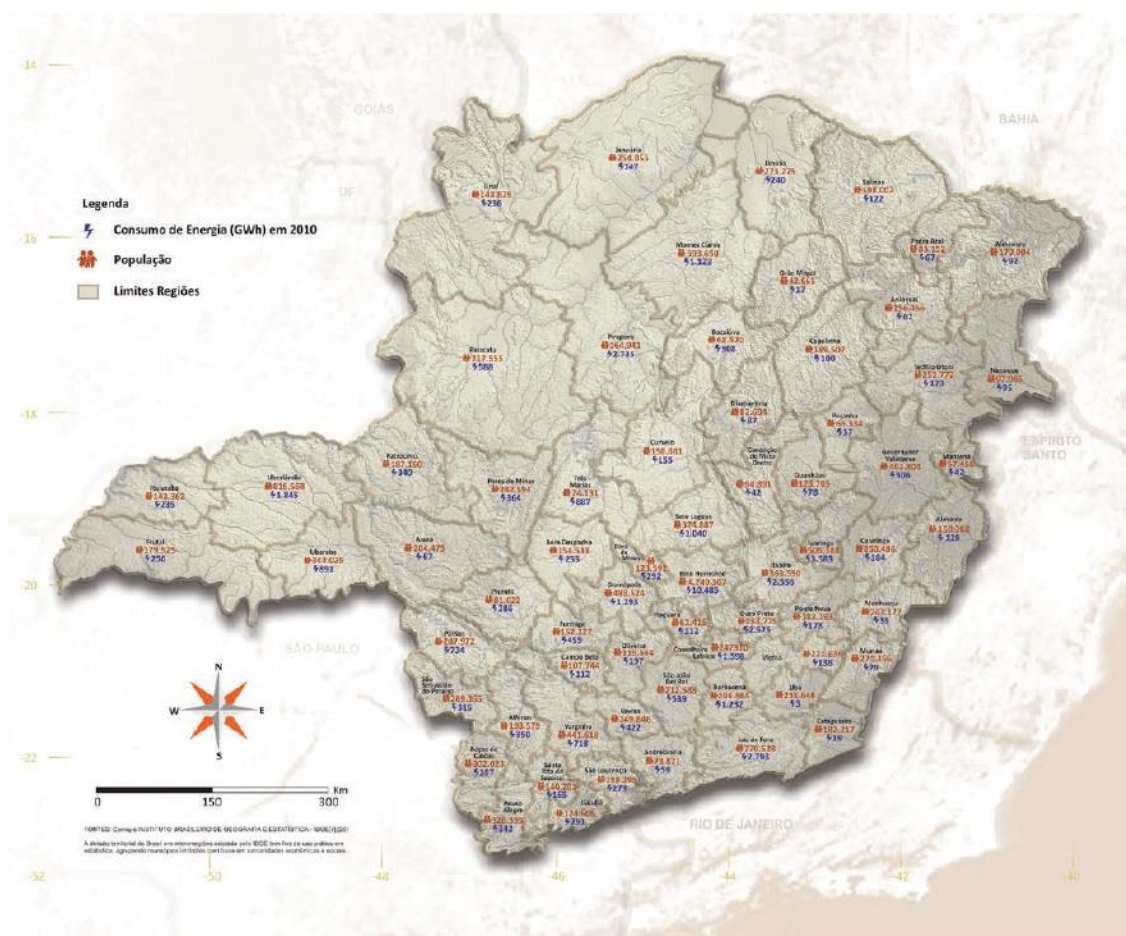
Segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2010), revela que a população de Minas Gerais no ano de 2010 era de 19.597.330, sendo que 85,29% são de zonas urbanas.

Segundo Reis (2016), a infraestrutura do sistema elétrico de Minas Gerais é composta por mais de 370 empreendimentos em operação, com uma potência instalada de 20.000MW. Sendo a CEMIG a principal concessionária estadual, atendendo 805 dos 853 municípios, por uma rede de distribuição de mais de 400 mil km de extensão.

Com relação ao consumo de energia elétrica, segundo o balanço de 2010, levando como base o ano de 2009 (CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais – 25º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – BEEMG/2010 – ano base 2009), o consumo de energia cresceu progressivamente desde o ano de 2002. Destaca-se um crescimento na utilização de energia alternativa. Do total da energia, 55,2%, refere-se a fontes renováveis de energia. Em 2008 houve um aumento significativo da produção de energia através do recurso hídrico, 63.300 GWh. Desta demanda 58,8% foi destinada às indústrias. O estado de Minas Gerais tem uma

posição de destaque quanto ao aproveitamento da energia solar. Em 2009 foram instalados 1,58 milhões de m² de coletores solares, portanto no total o estado tem uma capacidade instalada de 1.105 MWh (1m² de coletor instalado gera 0,7 kWh, que é a potência térmica aproveitada), considerando isto, a energia elétrica economizada foi de 1.327 GWh. Na Figura (11), podemos observar o consumo de energia no Estado de Minas Gerais.

Figura 11 - Consumo de energia



Fonte: CEMIG 2016

2.5.2.2 Estações solares de grande porte em Minas Gerais

Segundo Melo (2016), em Minas Gerais temos as seguintes estações solarimétricas. Estas estações tem a função de medir a radiação solar, obter parâmetros de dados de alta confiabilidade para o estudo e discursões sobre energia solar, são elas:

- Estação Sete Lagoas, de propriedade da Cemig.

- Estação de Diamantina, de propriedade da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).
- Estação de Paracatu, de propriedade da Faculdade do Noroeste de Minas (FINOM).
- Estação de Uberlândia, propriedade da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).
- Estação de Jaíba, propriedade Prefeitura de Jaíba.

2.6 Normas técnicas e legislação em vigor

ABNT NBR 16274/2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

ABNT NBR 16150 /20013 - Sistemas fotovoltaicos (fv) - características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição - procedimento de ensaio de conformidade.

ABNT NBR 16149/2013 - Sistemas fotovoltaicos (fv) - características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.

ABNT NBR 10899/2013 - Energia solar fotovoltaica – terminologia.

ABNT NBR IEC 62116 /2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

ABNT NBR 11704/2008 - Sistemas fotovoltaicos – classificação.

ABNT NBR 14200/1998 - Acumulador chumbo-ácido estacionário ventilado para sistemas fotovoltaicos – ensaios.

A Resolução Normativa 687/2015 da ANEEL modifica e aprimora o estabelecido na resolução 482 de 2012, que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo e regulamentando a instalação de pequenas usinas geradoras de energia elétrica, criando incentivos importantes no setor de geração de energia renovável como a possibilidade de gerar créditos, quando quantidade de energia gerada for superior à quantidade de energia consumida, que poderão ser

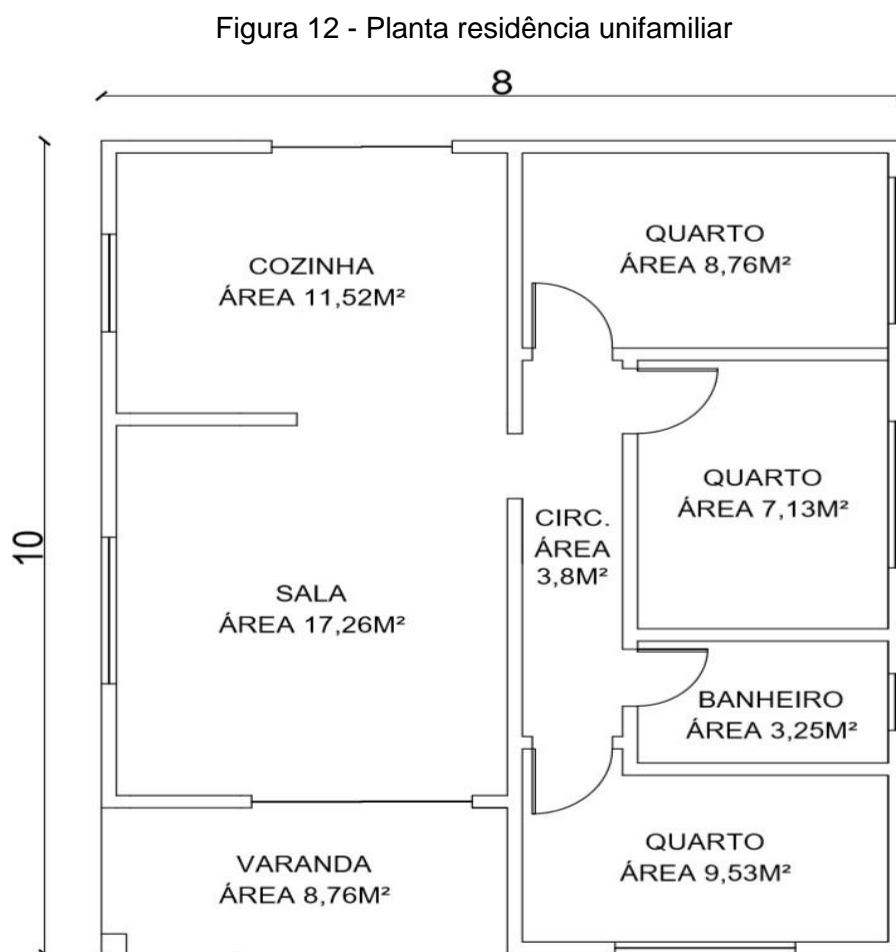
compensados em até sessenta meses, deduzindo da fatura esses créditos quando o consumo for maior do que a geração e caso o consumidor tenha outra instalação em seu nome, também poderá usá-los, esta modalidade de compensação é denominada autoconsumo remoto.

Outra importante medida foi o convênio ICMS 16/2015, que autoriza os estados a isentarem o ICMS sobre a energia produzida conforme as resoluções 482/12 e 687/15 da ANNEL e a Lei 13.169/2015, que trata de isenção de PIS/CONFINS. Estes impostos eram pagos pelo consumidor tanto na energia consumida da rede quanto na energia produzida.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da planta residencial padrão de estudo

Consideramos para fins de quantificação, tanto dos aparelhos elétricos quanto a área disponível para disposição das placas fotovoltaicas uma residência padrão médio para alto, situada na cidade de Caratinga, MG, com 70m², conforme figura 12, na qual moram cinco pessoas sendo dois adultos de média idade, duas crianças entre 5 e 12 anos e um adolescente com 16 anos, a qual servirá como base de todos os cálculos. Desta forma conseguiremos uma comparação realista do ponto de vista econômico da implantação do sistema de geração de energia solar.



Fonte: Os autores

3.2 Definição do sistema fotovoltaico

Escolhemos o sistema *on grid*, onde a energia produzida é fornecida para a rede de distribuição da concessionária, sendo medida pelo relógio residencial para posterior desconto. Neste sistema a energia consumida pela residência vem diretamente da concessionária e ao final é deduzida do consumo a energia produzida. Neste tipo de sistema não é utilizado banco de baterias para armazenamento de energia, por este motivo foi escolhido para comparação. O sistema *off grid* não é ligado na rede pública, a energia produzida é armazenada em bancos de baterias. O grande problema deste modelo é que periodicamente o banco de baterias deve ser substituído, e por se tratar de material que contém metais pesados é menos ecológico, e ainda, deve ser levado em conta o alto custo de substituição destas baterias. Este sistema somente é indicado para localidades onde não possuem rede elétrica.

3.3 Listagem e caracterização dos aparelhos elétricos padrão

No quadro 3, listamos os aparelhos usados na casa padrão deste trabalho.

Quadro 3 - Quantitativo de aparelhos elétricos

Quantitativos de equipamentos Elétricos e suas Potencias				
Quantidade (unid)	Equipamento	Potência (W)	Modelo	Referencia
7	Lâmpada	13	GE LED A67	http://www.gelighting.com
2	Lâmpada	7	GE LED A60	http://www.gelighting.com
1	Televisão	130 / 0.5 standby	LE43U7970	http://www.aoc.com.br
2		60 / 0.5 standby	LE24D1461	http://www.aoc.com.br
4	Aparelho receptor	6	FITBOX	http://www.centurybr.com.br
3	Abajur	40	Brilliance	http://www.taschibra.com.br
4	Carregador de Celular	5	USB5W	https://www.apple.com
1	Chuveiro	6800	Tradição	http://www.lorenzetti.com.br
1	Secador	2400	Vulcan	http://www.taiff.com.br
1	Chapinha	2100	Unique250	http://www.taiff.com.br
1	Barbeador	13	Barber Extreme	http://www.taiff.com.br
1	Video Game	310	PlayStation 4 Pro	https://www.sony.com
1	Computador	450	Gamer Inspiron	http://www.dell.com
1	Notebook	75	Inspiron 15	http://www.dell.com
1	Geladeira	70kWh/mês	BRM58	https://www.brastemp.com.br
1	Forno Elétrico Conjugado Fogão	550	BFD5NBR	https://www.brastemp.com.br
1	Grill	1500	G-12	http://www.mondialine.com.br
1	Liquificador	600	RI2087/91	https://www.philips.com.br
1	Batedeira	400	RI7200/01	https://www.philips.com.br
1	Micro Ondas	1400	BMG45	https://www.brastemp.com.br
1	Máquina de Lavar	0.44kWh/ciclo	BWD15	https://www.brastemp.com.br
1	Ferro de Passar	1250	F-42	http://www.mondialine.com.br
1	Fritadeira	2100	RI9240/91	https://www.philips.com.br
1	Panela Pressão Elétrica	900	PE-34	http://www.mondialine.com.br
3	Ventilador Teto	140	VTE-01	http://www.mondialine.com.br
1	Cafeteira	550	C-25	http://www.mondialine.com.br
1	Aspirador de Pó	1500	AP-18	http://www.mondialine.com.br
1	Ar Condicionado	1086	AR09KSSPBGMAZ	http://www.samsung.com

Fonte: Os autores

3.4 Estimativa de consumo por aparelho

Nos quadros seguintes, 4, 5 e 6, realizou-se a estimativa de consumo, considerando as especificações de potência indicadas pelos respectivos fabricantes e buscou-se criar um cenário de alto consumo estimando o uso de muitos aparelhos elétricos conforme informações contidas no quadro 3. Para estimar o tempo de uso de cada aparelho, foi realizada uma estimativa em residência própria. Para apontarmos o consumo diário em KWh, multiplicamos a potência pelo tempo de uso e dividimos o resultado por 1000.

Quadro 4 - Estimativa de consumo lâmpadas

Lâmpadas	Potência (W)	horas de uso (h)	Consumo (kWh)
Área Circulação	7	8,5	0,060
Quarto 8,76m ²	13	4	0,052
Quarto 7,13m ²	13	5	0,065
Quarto 9,53m ²	13	3	0,039
Abajures	40	3	0,120
Banheiro	7	1	0,007
Banheiro	13	3	0,039
Sala 17,26m ²	26	5	0,130
Cozinha 11,52m ²	13	8	0,104
		Total (kW dia)	0,616

Fonte: Os autores

Quadro 5 - Estimativa de consumo equipamentos

Aparelho	Potência (W)	Consumo diário (h)	Total (kWh)
Ventilador de Teto	140	2,78	0,389
Carregador de Celular	5	18	0,090
Ar condicionado	1086	2	2,172
Chuveiro	6800	1	6,800
Secador	2400	0,067	0,161
Chapinha	2100	0,067	0,141
Barbeador	13	0,067	0,001
Notebook	75	3	0,225
Computador	450	4	1,800
Geladeira	97,22	24	2,333
Ferro de Passar	1250	0,25	0,313
Máquina de Lavar	7,33	24	0,176
Forno Elétrico	550	0,17	0,094
Grill	1500	0,17	0,255
Liquidificador	600	0,17	0,102
Batedeira	400	0,17	0,068
Micro-Ondas	1400	0,17	0,238
Fritadeira	2100	0,17	0,357
Panela de Pressão	900	0,17	0,153
Cafeteira	550	0,17	0,094
Aspirador de Pó	1500	0,17	0,255
total Kwh/dia			16,215

Fonte: Os autores

Quadro 6 - Estimativa de consumo televisão e afins

Televisão	Consumo	horas	SubTotal	StandBy	horas	SubTotal	Soma
1	130	6	780	0,5	18	9	0,789
2	60	3	180	0,5	21	10,5	0,191
3	60	3	180	0,5	21	10,5	0,191
Receptor							
1	6	3	18	0,5	21	10,5	0,029
2	6	3	18	0,5	21	10,5	0,029
3	6	3	18	0,5	21	10,5	0,029
Video Game	310	3	930	0,5	21	10,5	0,941
Total (Kwh/dia)							1,170

Fonte: Os autores

3.5 Estimativa de consumo médio de energia elétrica da concessionária

Quadro 7 - Consumo médio mensal

Custo de Energia			
Tabela referencia	kWh/dia	Kwh/mês	kWh/ano
Consumidores	16,22	486,45813	5837,49756
Iluminação	0,62	18,48	221,76
Televisão	1,17	35,1	421,2
Total	18,00	540,04	6480,46
Valor kWh em Reais			
Considerando o valor do mês de referencia de Outubro de 2017 na cidade de Caratinga - MG, já considerando as médias das Bandeiras.			0,82520609
Gasto Diário (R\$)	14,85		
Gasto Mensal (R\$)	445,64		
Gasto Anual (R\$)	5347,71		

Fonte: Os autores

3.6 Sistema de geração de energia solar que supra a demanda de energia

Para obtenção do custo dos equipamentos necessários, cabeamento e instalação do sistema optamos por realizar orçamentos em empresas do ramo escolhidas levando-se em conta ter mais de cinco anos de atividade e sua reputação no mercado.

Foram requisitos do orçamento: atender a demanda energética média calculada, apresentar os resultados quanto à emissão de carbono, vida útil de 25 anos, disponibilidade de instalação em até 30 dias, uso do sistema ligado à rede, atendimento as normas técnicas e legislativas, e, que acompanhasse o cliente junto à concessionária para regularização do sistema.

Dentre os orçamentos destacamos três, sendo estes os que apresentaram melhores propostas em termos econômicos atendendo todos os requisitos propostos, inclusive a regularização junto à concessionária era de sua responsabilidade, entregando o sistema totalmente funcional e regularizado.

Os quadros 8,9 e 10 detalham os orçamentos apresentados pelas empresas “A”, “B” e “C”, todas situadas na cidade de Belo Horizonte:

Quadro 8 - Orçamento Empresa A

Características do sistema Empresa A	Sistema ligado na rede
Capacidade do sistema	4.0 KWp
Área ocupada pelo sistema	27 a 34m ²
Inclinação aproximada das placas	20 Graus
Rendimento Anual	1.347 KWh/KWp
Emissões de Co2 evitadas	1.575 Kg/ano
Consumo anual	
Total	6,48 MWh
Consumo da rede elétrica	1,09 MWh
Geração fotovoltaica	5,39 MWh
Investimento	R\$ 26.136,17

Fonte: Os autores

Quadro 9 - Orçamento empresa B

Características do sistema Empresa B	Sistema ligado na rede
Capacidade do sistema	4.29 KWp
Área ocupada pelo sistema	30,02m ²
Inclinação aproximada das placas	20 Graus
Rendimento Anual	1.487,5 KWh/KWp
Emissões de Co2 evitadas	2.076 Kg/ano
Consumo anual	
Total	6,48 MWh
Consumo da rede elétrica	0,53 MWh
Geração fotovoltaica	5,95 MWh
Investimento	R\$ 27.056,70

Fonte: Os autores

Quadro 10 - Orçamento empresa C

Características do sistema Empresa C	Sistema ligado na rede
Capacidade do sistema	4.54 KWp
Área ocupada pelo sistema	36,33M ²
Inclinação aproximada das placas	20,5 Graus
Rendimento Anual	1.273 KWh/KWp
Emissões de Co2 evitadas	2.239,8 Kg/ano
Consumo anual	
Total	6,48 MWh
Consumo da rede elétrica	0,00 MWh
Geração fotovoltaica	6,48 MWh
Investimento	R\$ 29.234,00

Fonte: Os autores

3.7 Análise dos resultados

A diferença de preços entre as três empresas chegou a R\$ 3.097,83, onde a empresa “A” obteve o menor preço, a empresa “C” o maior e a empresa “B” ficou entre as duas.

Levando-se em conta somente o preço do sistema, dividimos o valor do orçamento pela capacidade (MWh) de produção, assim observamos que a empresa “C” obteve o menor preço, conforme demonstrado na quadro 11.

Quadro 11 - CustoxProdução

Empresa	Preço/MWh	Resultado (R\$/MWh)
A	26.136,17/5,39	4.849,01
B	27.056,70/5,95	4,547,34
C	29.234,00/6,48	4,511,42

Fonte: Os autores

Apesar da empresa “C” obter o melhor custo em relação à produção, seu sistema está superdimensionado ao observarmos que não apresentou consumo da rede elétrica, porém a concessionária ainda cobrará o valor mínimo e assim o valor mensal pago será equivalente ao da empresa “B”.

Pelo que foi exposto, escolhemos para fins do estudo da viabilidade econômica o orçamento da empresa “B”.

3.8 Viabilidade econômica

O estudo da viabilidade econômica da implantação de uma micro usina de geração de energia solar através do sistema fotovoltaico, em uma residência unifamiliar será apresentado considerando a tabela 1, na qual temos todas as informações necessárias ao que propomos.

Tabela 1 - Economia com sistema

Valores mensais	KWh	Custo R\$	Economia R\$
Consumo total	540,04	445,64	445,64
Produzido	-495,83	-408,61	-36,48
Consumido da rede	=44,21	=36,48	= R\$ 409,16

Fonte: Os autores

Considerando os dados apresentados na tabela 1, observamos uma considerável economia de energia elétrica, onde originalmente a média de consumo era de R\$ 445,64 e passou a ser de apenas R\$36,48, praticamente o valor mínimo a ser pago pelo serviço de distribuição, o que de certo gerou uma economia de R\$ 409,16 mensais.

Levando-se em conta o valor do sistema, R\$27.056,70, dividindo este valor pela economia gerada vemos que levaria cinco anos e seis meses para retorno do investimento e ainda levando em consideração sua vida útil, vinte e cinco anos teria uma economia estimada de R\$ 95.691,88.

Quanto a geração de carbono evitada, as empresas não informaram os parâmetros para o resultado apontado por elas, assim, considerando os valores de 81,69Kg de CO₂ por MWh produzido pela rede elétrica, apontado por (Oliveira et al., 2014) e 101,3KG (BEM, 2017) e ainda a média de 35Kg de CO₂ por MWh pelo sistema fotovoltaico, estimamos que a quantidade de CO₂ evitados chega ao patamar de 6.945,25Kg durante a vida útil do sistema considerando os dados apontados por (OLIVEIRA et al. 2014) e 9.862,12kg segundo dados do (BEM, 2017), o que demonstra claramente o impacto ambiental positivo do uso desta tecnologia.

4 CONCLUSÃO

Atualmente a discussão em torno de fontes renováveis de produção de energia elétrica é um tema recorrente, vive-se em uma época de urgência em questões ecológicas e sustentáveis devido ao gradativo aumento do efeito estufa. Outro ponto levado em consideração foi o alto custo da energia elétrica no Brasil.

Partindo destas premissas, buscou-se no presente trabalho uma forma que solucionasse estes dois problemas, e assim decidiu-se analisar economicamente a implantação de uma micro usina de geração de energia solar, tendo em vista que a mesma, teoricamente, nos traria os resultados almejados.

Observando os dados obtidos na metodologia concluímos que o sistema se mostra viável, sendo certo que nossas expectativas teóricas foram superadas com folga tendo em vista a grande quantidade de carbono que deixa de ser lançada, e o retorno econômico alcançado em tempo relativamente baixo, 5 anos e seis meses.

Assim, fica ainda a expectativa de políticas de incentivo fiscal por parte de nossos governantes, considerando, o ainda alto, custo de implantação e uma maior divulgação, por se mostrar também uma medida eficaz ao meio ambiente contribuindo na preservação do meio em que vivemos para garantir os recursos necessários as gerações futuras.

5 REFERÊNCIAS

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório Anual de 2012**. Gráfica e Editora Aliança LTDA. Tiragem: 1000 exemplares. Brasília. 2013 92p.

ALMEIDA, A. T.; Carvalho, M. C.; Melo, L. H. L. **Análise de Viabilidade para Implantação do Sistema de Energia Solar Residencial**. e-xacta, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 117-136. (2011). Editora UniBH. Disponível em <www.unibh.br/revistas/exacta/>. Acessado em 20/09/2017, 16:35.

Autor Desconhecido. **As Melhores Marcas de Painéis Solares**.. Disponível em <<http://www.mpptsolar.com/pt/artigos-informativos.html>>. Acessado 02/10/2017, 14:32.

CAVALCANTE, Kleber G. **Energia elétrica**. Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/energia-eletrica.htm>>. Acesso em 18/10/2017, 17:37.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **Balanco energético do estado de Minas Gerais – BEEMG/2010**. 2010. Belo Horizonte MG.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar de Salvo Brito. **Energia Solar Princípios e Aplicações**. Rio de Janeiro. Cepel 2006. 28p.

GARCIA, Juliana; OLIVEIRA, Lidiane; JOHN, V.M. **Emissões de gases do efeito estufa e conteúdo energético de placas fotovoltaicas na América Latina**. 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/>>. Acessado em 15/11/2017

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2006. Brailília.2006.

MATTEDE, Henrique. **Tensão elétrica x Voltagem**. Mundo da Elétrica. Disponível em <<https://www.mundodaeletrica.com.br/tensao-eletrica-x-voltagem/>>. Acesso em 17/10/2017, 13:18.

MCALLISTER, Willy. **Grandezas elétricas básicas: corrente, tensão, potencia**. KhanAcademy. Disponível em <<https://pt.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits-resistance/a/ee-voltage-and-current>>.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistema Fotovoltaicos**. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores>>. Acessado em 10/10/2017, 19:34.

OLIVEIRA L. A. Nascimento; SOUZA M. Ramos; FILHO M. L. P. Medina; CASTRO R. Santos; NAZARETH T. Bittencourt; **Potencial de redução de co2 pelo uso de energia elétrica em moto bombas utilizadas no processo de irrigação no município de dona euzébia - mg: um estudo comparativo das matrizes hidrelétricas e fotovoltaicas**. In Simpósio de Engenharia de Produção Universidade Federal de Goiás, 2017. Disponível em: <http://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/Mauro_Lúcio_Pereira_Medina_Filho.pdf> Acesso em 12/11/2017.

PINHO, T. J.; Galdino, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro. Cepel. 2014. 530p.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. LABSOLAR/UFSC. 1. ed. Florianópolis, SC:, 2004. v. 1. 114p.

SOUZA. R. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo. BlueSol. 2015. 114p.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. **O que é carga elétrica?**. Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-carga-eletrica.htm>>. Acesso em 18/10/2017, 18:50.

TRENBERTH, K. E.; Fasullo, J. T.; Keiehl, J. **Earth's Global Energy Budget**. American Meteorological Society. 2009. Colorado. DOI:10.1175/2008BAMS2634.1.

TORRES. R. C. **Energia Solar Fotovoltaica como Fonte Alternativa de Geração de Energia Elétrica em Edificações Residenciais**. 2012. 164f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo. 2012.

XAVIER, Maria Emília Rehder. **A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos**. 2004. Instituto de Física – USP, São Paulo.

ZILLES, R.; BENEDITO, S.R. **O Problema da inserção da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos em unidades consumidoras de baixa**

tensão no Brasil. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, v. 15, p.04/53-58, 2011. ISSN 0329-5184.