

CENTRO UNIVERSITÁRIO CATÓLICO DE VITÓRIA

GABRIELA DA LUZ ROCHA

**A VIABILIDADE FINANCEIRA E SUSTENTABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE  
UM PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE  
CASO**

VITÓRIA

2016

GABRIELA DA LUZ ROCHA

**A VIABILIDADE FINANCEIRA E SUSTENTABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE  
UM PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE  
CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Católico de Vitória, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ms. Fernando Oliveira Boechat

VITÓRIA

2016

GABRIELA DA LUZ ROCHA

**A VIABILIDADE FINANCEIRA E SUSTENTABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE  
UM PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE  
CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Católico de Vitória, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, por:

---

Prof. Ms. Fernando Oliveira Boechat, UCV - Orientador

---

Prof. Ms. Marcus Andrade Covre, UCV

---

Prof. Ms. Bráulio Oliveira dos Santos Fo, UCV

A todos que torceram pelo meu sucesso.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus em primeiro lugar por todas as oportunidades concedidas e amor incondicional.

Aos meus pais, Nilson e Edna e ao meu irmão Cássio, pela educação, apoio, cumplicidade e amor.

Aos meus familiares por torcerem por minhas vitórias.

Ao meu namorado Rhuan pelo carinho e compreensão.

Aos meus amigos de vida e amigos conquistados na graduação pelo companheirismo e parceria.

Ao meu professor e orientador Fernando pela paciência, orientação e ajuda ao longo deste trabalho e graduação.

Por fim, agradeço a todos que torceram por mim e contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

“O conhecimento é uma ferramenta, e como todas as ferramentas, o seu impacto está nas mãos de quem o usa”

(Dan Brown)

## RESUMO

Com o aumento da demanda e consumo de energia elétrica pelo ser humano, a busca por eficiência energética e outras fontes alternativas de energia têm ganhado espaço em pesquisas no mundo inteiro. É nesse âmbito que se insere a energia solar fotovoltaica, objeto de estudo deste trabalho. Essa fonte de energia apresenta inúmeros benefícios, visto que a sociedade clama por novas soluções e tecnologias limpas. A utilização da energia solar fotovoltaica contribui para a redução da emissão de poluentes na atmosfera, redução do efeito estufa e aquecimento global, além de atender requisitos que a tornam uma energia sustentável. O desenvolvimento de novas tecnologias associadas a essa fonte de energia tem revelado grandes avanços, e com o crescimento da competitividade no mercado, os custos desse tipo de tecnologia tem reduzido significativamente. Este trabalho tem a finalidade de descrever os inúmeros aspectos da energia solar fotovoltaica, desde seus conceitos e aplicações até os resultados e análises econômico-financeira e sustentável decorrentes da aplicação de um estudo de caso de um sistema conectado a rede elétrica em um município da Serra no Espírito Santo. Com base neste estudo, quanto a análise desse projeto foi possível concluir que o estudo proposto apresentou alguns erros durante sua fase de concepção, impactando em sua viabilidade financeira. Entretanto, a aplicação da geração de energia fotovoltaica apresenta uma forma de fonte energética de baixo impacto ambiental e sustentável.

**Palavras-chave:** Energia renovável. Sistema fotovoltaico. Desenvolvimento Sustentável.

## **ABSTRACT**

With the increasing demand and consumption of electric energy by humans, the search for energy efficiency and other alternative sources of energy has gained space in research worldwide. It is within this scope that photovoltaic solar energy is inserted, object of study of this work. This energy source has many benefits, as society calls for new solutions and clean technologies. The use of photovoltaic solar energy contributes to the reduction of the emission of pollutants in the atmosphere, reduction of the greenhouse effect and global warming, besides fulfilling requirements that make it a sustainable energy. The development of new technologies associated with this energy source has shown great advances, and with the growth of competitiveness in the market, the costs of this type of technology has reduced significantly. This work has the purpose of describing the numerous aspects of photovoltaic solar energy, from its concepts and applications to the results and economic-financial and sustainable analyzes resulting from the application of a case study of a system connected to the electric grid in a municipality of Serra In the Holy Spirit. Based on this study, as far as the analysis of this project was concerned, it was possible to conclude that the proposed study presented some errors during its conception phase, impacting on its financial viability. However, the application of photovoltaic energy generation presents a form of energy source with low environmental and sustainable impact.

**Keywords:** Renewable energy. Photovoltaic system. Sustainable development.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxo de energia elétrica .....	37
Figura 02 – Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol .....	40
Figura 03 – Média anual de insolação diária no Brasil (horas).....	41
Figura 04 – Junção do tipo P-N.....	43
Figura 05 – Ângulo de inclinação do módulo e ângulo de incidência solar .....	47
Figura 06 – Efeito da inclinação do módulo fotovoltaico na captação de energia .....	48
Figura 07 – Energia solar captada ao longo do ano com diferentes inclinações.....	49
Figura 08 – Influência da temperatura na operação do módulo fotovoltaico .....	50
Figura 09 – Sistema híbrido eólico-fotovoltaico.....	52
Figura 10 – Sistema de bombeamento fotovoltaico .....	54
Figura 11 – Sistema fotovoltaico conectado a rede.....	56
Figura 12 – String Box modelo STB02 .....	57
Figura 13 – Esquema elétrico do string box .....	58
Figura 14 – Inversor PHB4600-SS .....	59
Figura 15 – Módulo fotovoltaico .....	60
Figura 16 – Dados disponibilizados pelo aplicativo PHB Viewer.....	76
Figura 17 – Dados econômicos disponibilizados pelo PHB Viewer.....	81
Figura 18 – Dados sustentáveis disponibilizados pelo PHB Viewer.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Oferta Interna de energia .....	35
Tabela 02 – Oferta interna de energia elétrica (OIEE) .....	38
Tabela 03 – Escolha da inclinação do módulo .....	50
Tabela 04 – Componentes do projeto .....	74
Tabela 05 – Inflação no ano de 2016 .....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Oferta interna de Energia no Brasil – 2015 (%) .....	36
Gráfico 02 – Porcentagem da energia solar na matriz das renováveis .....	38
Gráfico 03 – Geração de energia dos painéis fotovoltaicos .....	79
Gráfico 04 – Histórico de temperaturas no município da Serra no ano de 2016 .....	80
Gráfico 05 – Comparação de consumo .....	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Benefícios da ProGD .....	69
Quadro 02 – Ações propostas .....	70

## **LISTA DE SIGLAS**

OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OIE – Oferta Interna de Energia

OIEE - Oferta interna de energia elétrica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>35</b>
2.1	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	35
<b>2.1.1</b>	<b>Matriz elétrica brasileira .....</b>	<b>36</b>
2.2	ENERGIA SOLAR .....	39
<b>2.2.1</b>	<b>Radiação solar.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Células fotovoltaicas .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Efeito fotovoltaico .....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Energia solar fotovoltaica.....</b>	<b>44</b>
2.2.4.1	Vantagens.....	45
2.2.4.2	Desvantagens .....	46
<b>2.2.5</b>	<b>Captação da energia solar fotovoltaica.....</b>	<b>46</b>
2.2.5.1	Ângulo de incidência dos raios solares.....	47
2.2.5.2	Escolha do ângulo de inclinação do módulo solar .....	48
2.2.5.3	Influência da temperatura .....	50
2.3	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	51
<b>2.3.1</b>	<b>Sistemas fotovoltaicos isolados ou autônomos (<i>off grid</i>).....</b>	<b>51</b>
2.3.1.1	Sistemas híbridos.....	52
2.3.1.2	Sistemas autônomos (puros) .....	53
2.3.1.3	Sistemas Autônomos Sem Armazenamento.....	53
<b>2.3.2</b>	<b>Sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica (<i>on-grid</i>).....</b>	<b>54</b>
2.4	COMPONENTES DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA .....	56

<b>2.4.1</b>	<b>String Control Boxes (Caixas de controle)</b> .....	<b>56</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Inversores</b> .....	<b>58</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Módulos fotovoltaicos</b> .....	<b>60</b>
2.5	GESTÃO DE PROJETOS .....	61
<b>2.5.1</b>	<b>A importância do gerenciamento de projetos</b> .....	<b>61</b>
2.6	FLUXO DE CAIXA E SUA IMPORTÂNCIA .....	63
<b>2.6.1</b>	<b>Indicadores de viabilidade financeira</b> .....	<b>64</b>
2.6.1.1	<i>Payback</i> .....	64
2.6.1.2	Valor presente líquido (VPL) .....	65
2.6.1.3	Taxa interna de retorno.....	65
2.7	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	65
2.8	DESENVOLVIMENTO SOCIAL .....	68
2.9	PROGRAMA DE INCENTIVO A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	69
<b>2.9.1</b>	<b>Ações propostas</b> .....	<b>70</b>
<b>2.9.2</b>	<b>Estímulos fiscais</b> .....	<b>71</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>73</b>
3.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	73
3.2	COLETA DE DADOS .....	75
3.3	AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA DO PROJETO.....	75
3.4	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE.....	77
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>79</b>
4.1	GERAÇÃO DE ENERGIA .....	79
4.2	COMPARAÇÃO DE CONSUMO.....	80
4.3	ANÁLISE ECONÔMICA .....	82

4.4	ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE .....	83
5	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade está associado a transformação do meio ambiente e aquisição de energia. É evidente a carência de energia em todos os locais da convivência humana durante o desenvolvimento da sociedade, e nas últimas décadas tem-se acompanhado o apelo pelo fim dos combustíveis fósseis, devido seu imenso impacto ambiental e a insustentabilidade do modo como obtemos a energia que nos move.

Segundo Reis (2009) a energia elétrica é indispensável à sobrevivência do ser humano, assim como para sua evolução. O Brasil apresenta a maior parte de seu território próximo a linha do Equador, o que resulta em intensa irradiação solar e favorece a implantação da energia solar como fonte alternativa de energia, o que a torna viável e sustentável devido sua constante renovação.

O País tem enorme potencial para o uso da energia solar, aproveitando todos os recursos que dispõe, explorando a captação de luz solar, transformando-a em energia elétrica, além de possibilitar um grande progresso no setor. De acordo com a publicação da Exxon Mobil (2014, p. 15) “[...] as energias eólica e solar fornecerão cerca de 10 % da eletricidade gerada em 2040, em contraste com os cerca de 2 % em 2010.”

A energia solar é uma ótima alternativa para regiões mais afastadas, há projetos de geração fotovoltaica sendo desenvolvidos principalmente para o Norte e Nordeste do País. Quando comparada à fonte hídrica, a energia solar possui alto custo, porém, tanto no Brasil como no mundo inteiro, já se observa incentivos significativos para implantação dessa fonte de energia.

Atualmente, o maior objetivo em termos ambientais é a redução máxima do impacto ambiental, e quanto aos financeiros, cada sistema implantado tem sua característica própria.

O ser humano depende cada vez mais da energia, visto que em quase todas as atividades há necessidade de seu uso. A demanda tende a aumentar, portanto torna-se necessária a busca por novas alternativas para gerar toda eletricidade necessária para abastecer o Planeta. Mas “[...] apesar dos impactos negativos, as fontes renováveis são relativamente limpas e seguras quando comparadas com as não renováveis” (VILLALVA; GAZOLI, 2013, p. 17).

As fontes de energia renováveis são aquelas inesgotáveis, pois são encontradas na natureza de forma abundante. São exemplos dessa fonte: eólica, solar, hidráulica, etc.

A utilização de fontes renováveis para a produção de energia coopera para a redução da emissão de poluentes na atmosfera, e em consequência reduz o chamado efeito estufa (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

A utilização e importância das energias renováveis passou a ter mais destaque no final do século passado, não só pela preocupação em reduzir a dependência das fontes fósseis, mas também pela preocupação constante com os aspectos ambientais relacionados às mudanças climáticas e os efeitos que esses aspectos causam sobre a humanidade. Como resultado disso, a energia solar tem despertado interesses em vários países do mundo.

A participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira em 2014 manteve-se entre as mais elevadas do mundo, representando cerca de 74,6% da oferta interna de eletricidade no Brasil (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2015).

O Brasil é um País tropical com forte incidência solar, o que favorece e viabiliza a aplicação da energia solar como fonte para geração de energia elétrica, pois sua renovação é constante. Uma das alternativas que vem ganhando espaço no mercado é o sistema fotovoltaico.

Os sistemas fotovoltaicos captam a luz solar e produzem corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, sendo armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica. (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

A energia solar fotovoltaica apresenta numerosos benefícios e vantagens quando comparados a outras formas de geração de energia.

Dentre as vantagens dessa fonte, destaca-se a ausência de impacto ambiental, a não necessidade de manutenções constantes, longa vida útil dos painéis, etc. Porém, é necessário desenvolver estudos de viabilidade, visto que uma de suas principais desvantagens é o alto custo de sua implantação. Diante desse contexto, é possível analisar as oportunidades e desafios dessa fonte de energia, assim como determinar os fundamentos e aplicações.

A matriz energética brasileira é predominantemente hidroelétrica, e essa fonte envolve o alagamento de extensas áreas, provocando desmatamento e deslocamento de animais e pessoas. A oferta de energia através de sistemas fotovoltaicos seria uma boa opção, pois esses sistemas operam de forma silenciosa, sem emitir poluentes, aproveitando assim a luz solar que incide no próprio local de sua instalação (BENEDITO, 2009).

Quando comparado a outros países, o Brasil se destaca por apresentar alto potencial para exploração dessa fonte de energia, portanto espera-se que essa fonte tenha cada vez mais participação na matriz energética brasileira para ajudar a suprir o aumento do consumo previsto.

Sabe-se que o custo de aquisição dos painéis é alto, porém um dos fatores que minimizam esse quesito é a inflação do preço da energia elétrica, visto que a utilização dos painéis acarretaria em um consumo bastante significativo na conta do consumidor. Além disso, os painéis solares têm vida útil de aproximadamente 25 anos, ou seja, durante todo esse tempo o abastecimento de energia é garantido, além de demandar pouca manutenção.

Dentre outras vantagens, destaca-se a ambiental, pois é uma fonte de energia limpa, pois não gera poluentes e não contribui para o aquecimento global. Outro fator é que “[...] a inserção da energia solar fotovoltaica no País vai impulsionar o desenvolvimento

tecnológico, criar empregos e mover a economia nacional” (VILLALVA; GAZOLI, 2013, p. 37).

A utilização da luz solar pode ser considerada em longo prazo uma excepcional solução diante dos problemas energéticos encontrados em todo o mundo.

O presente trabalho justifica-se pela preocupação com a falta de investimentos em outras fontes renováveis e também pelo crescimento da demanda de energia no Brasil. O uso da energia solar através dos sistemas fotovoltaicos apresenta um grande potencial de utilização, pois diversos são os benefícios advindos da aplicação desses sistemas.

As vantagens, os benefícios sociais, principalmente os ambientais desses sistemas, quando comparado a outras tecnologias de geração de energia elétrica, certificam que essa tecnologia apresenta uma ampla vantagem. Quando relacionada a outras fontes também renováveis, a energia fotovoltaica apresenta como vantagem competitiva o amplo conjunto de possibilidades de aplicações a partir de inovações tecnológicas.

No decorrer do tempo, novos materiais que aumentaram o aproveitamento da conversão de energia solar em energia elétrica foram descobertos. Dessa forma, os sistemas fotovoltaicos ganharam mais espaço no mercado, fazendo com que sua viabilidade de implantação se tornasse cada vez maior, justificando assim, a aplicação deste sistema.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar a viabilidade financeira da energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica, tornando-a uma alternativa favorável em relação aos desafios de escassez de recursos e por outro lado os quesitos que tornam essa fonte uma energia sustentável, propiciando uma menor agressão ao meio ambiente.

Para alcançar o objetivo geral deste estudo foi determinada a necessidade de alcançar objetivos específicos como: Identificar as características da energia solar fotovoltaica; estudar os componentes básicos de um sistema fotovoltaico (painéis solares, controladores de carga, inversor de frequência, caixas de controle); avaliar o funcionamento do sistema; avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização

desse sistema e por fim realizar um estudo de caso decorrente da implantação do sistema.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Segundo dados da matriz energética brasileira, divulgados pelo Ministério de Minas e Energia, a Oferta Interna de energia (OIE) apresentou em 2015, o equivalente a 299,2 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), resultando em uma queda de 2,1% comparado ao ano anterior e 2,2% de queda comparada a energia mundial. Essa queda teve como principais indutores as taxas negativas de 3,0% no consumo industrial de energia, e 2,6% no consumo de energia em transportes. A Tabela 01 mostra a composição da OIE de 2014 e 2015, onde se observa um pequeno aumento da participação das fontes renováveis. Um dos fatores que explicam esse aumento é a considerável porcentagem de retração das não-renováveis (RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA, 2016).

Tabela 01 – Oferta interna de energia.

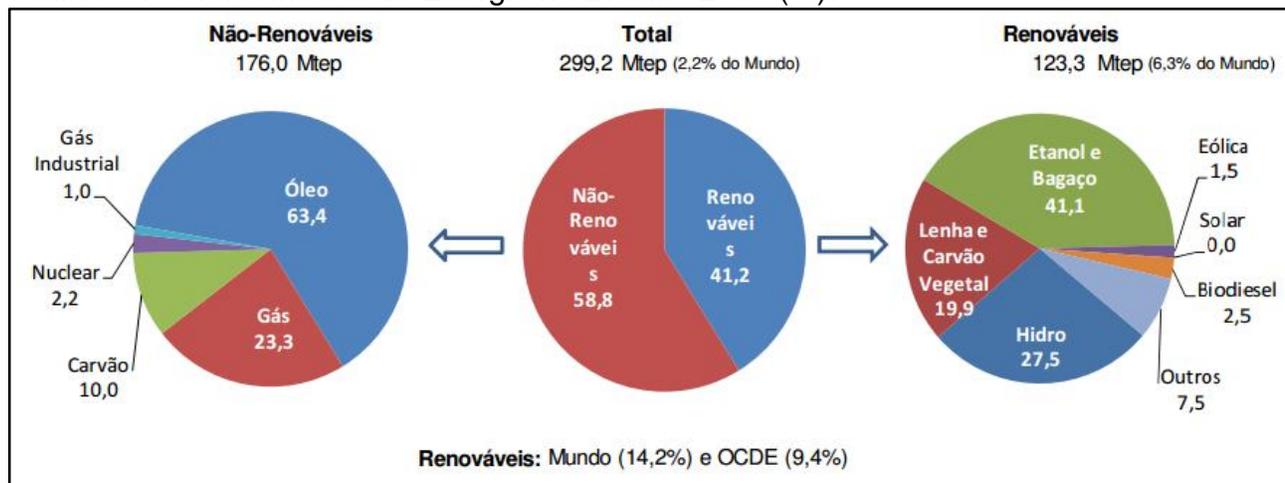
ESPECIFICAÇÃO	mil tep		15/14 %	Estrutura %	
	2014	2015		2014	2015
<b>NÃO-RENOVÁVEL</b>	<b>185.070</b>	<b>175.957</b>	<b>-4,9</b>	<b>60,6</b>	<b>58,8</b>
<i>PETRÓLEO E DERIVADOS</i>	120.327	111.626	-7,2	39,4	37,3
<i>GÁS NATURAL</i>	41.373	40.971	-1,0	13,5	13,7
<i>CARVÃO MINERAL E DERIVADOS</i>	17.521	17.675	0,9	5,7	5,9
<i>URÂNIO (U308) E DERIVADOS</i>	4.036	3.855	-4,5	1,3	1,3
<i>OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS(*)</i>	1.814	1.830	0,9	0,6	0,6
<b>RENOVÁVEL</b>	<b>120.446</b>	<b>123.255</b>	<b>2,3</b>	<b>39,4</b>	<b>41,2</b>
<i>HIDRÁULICA E ELETRICIDADE</i>	35.019	33.897	-3,2	11,5	11,3
<i>LENHA E CARVÃO VEGETAL</i>	24.936	24.519	-1,7	8,2	8,2
<i>DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR</i>	48.128	50.648	5,2	15,8	16,9
<i>OUTRAS RENOVÁVEIS</i>	12.363	14.191	14,8	4,0	4,7
<b>TOTAL</b>	<b>305.516</b>	<b>299.211</b>	<b>-2,1</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>dos quais fósseis</i>	181.034	172.101	-4,9	59,3	57,5

(\*) Gás industrial de alto forno, aciaria, coqueria, enxofre e de refinaria  
 Fonte: (BRASIL, 2016).

De acordo com a Resenha energética brasileira (2016), a oferta hidráulica, assim como nos anos anteriores apresentou taxa negativa de 3,2% (em 2014 foi de -5,6%), em virtude do baixo regime de chuvas decorrentes no ano. O Gráfico 01 mostra a estrutura

da OIE em 2015. No Gráfico central é possível observar que quando comparado aos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o Brasil possui um percentual muito superior de utilização de fontes renováveis, resultado esse de 41,2% contra apenas 9,4% dos países da OCDE, e ainda os 14,2% na média mundial.

Gráfico 01- Oferta interna de Energia no Brasil – 2015 (%).



Fonte: (BRASIL, 2016).

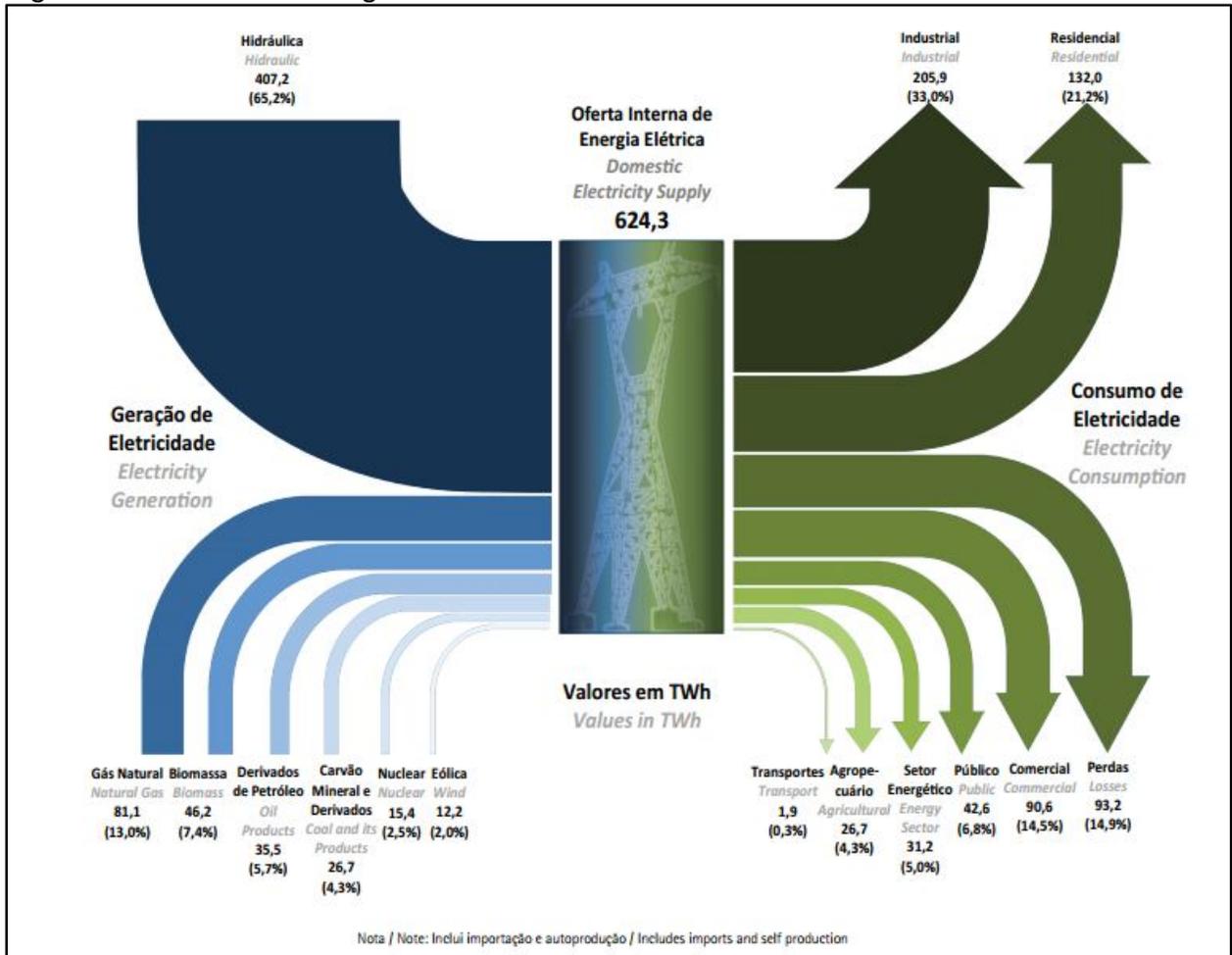
### 2.1.1 Matriz elétrica brasileira

Segundo dados divulgados pela Resenha energética brasileira (2016), em 2014, a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) ficou em 624,3 TWh, conforme discriminado no fluxo da Figura 01, enquanto que no ano de 2015 a OIEE ficou em 615,9 TWh, decrescendo assim 1,3%.

A geração hidráulica ficou menos evidente no ano de 2015, apresentando 64% na estrutura da Oferta Interna de Energia Elétrica, sendo que no ano de 2014, essa geração representou cerca de 70,6%.

No ano de 2015, a geração de energia através de fontes renováveis alcançou o equivalente a 75,5% de participação na matriz da OIEE.

Figura 01 – Fluxo de energia elétrica.



Fonte: Resenha energética brasileira (2016).

Por fonte, merecem destaque os aumentos de 77,1% na oferta por eólica, de 7,1% de outras renováveis que incluem lixo e outras bioenergias, e de 5,8% por bagaço de cana. A energia Solar, apesar da alta taxa de crescimento, ainda é pouco significativa na matriz, tudo isso pode ser observado na Tabela 02 (RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA, 2016).

Tabela 02 - Oferta interna de energia elétrica (OIEE)

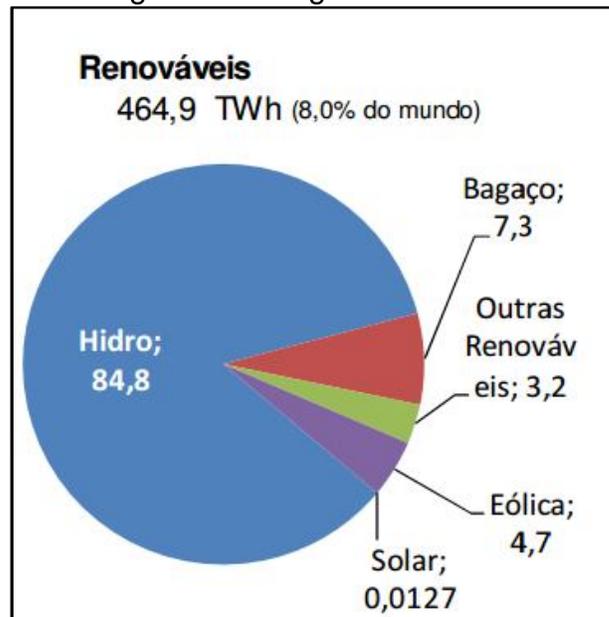
ESPECIFICAÇÃO	GWh		15/14 %	Estrutura (%)	
	2014	2015		2014	2015
HIDRO	373.439	359.743	-3,7	59,8	58,4
BAGAÇO DE CANA	32.303	34.163	5,8	5,2	5,5
EÓLICA	12.210	21.626	77,1	2,0	3,5
SOLAR	16	59	266,4	0,003	0,010
OUTRAS RENOVÁVEIS	13.879	14.864	7,1	2,2	2,4
ÓLEO	31.668	25.662	-19,0	5,1	4,2
GÁS NATURAL	81.075	79.490	-2,0	13,0	12,9
CARVÃO	18.385	19.096	3,9	2,9	3,1
NUCLEAR	15.378	14.734	-4,2	2,5	2,4
OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS	12.125	12.049	-0,6	1,9	2,0
IMPORTAÇÃO	33.775	34.422	1,9	5,4	5,6
<b>TOTAL</b>	<b>624.254</b>	<b>615.908</b>	<b>-1,3</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>Dos quais renováveis</i>	<i>465.623</i>	<i>464.877</i>	<i>-0,2</i>	<i>74,6</i>	<i>75,5</i>

Notas: (a) inclui 52,7 TWh de autoprodutor cativo em 2015 (que não usa a rede básica); (b) Gás industrial inclui gás de alto forno, gás siderúrgico, gás de coqueria, gás de processo, gás de refinaria, enxofre e alcatrão

Fonte: (BRASIL, 2016).

Ainda segundo a Resenha Energética Brasileira (2016) a energia solar representou apenas 0,0127% da OIEE em 2015, conforme mostra o Gráfico 02.

Gráfico 02 - Porcentagem da energia solar na matriz das renováveis.



Fonte: (BRASIL, 2016).

Estima-se que o consumo de energia elétrica em 2011 poderia ser gerado com 2.400 km<sup>2</sup> de painéis fotovoltaicos, o que representa menos de 0,03% do território nacional. O

Brasil tem potencial para gerar dezenas de milhares de gWh de energia solar, muito mais que a soma de todas as demais fontes juntas (CAMARGO, 2015).

## 2.2 ENERGIA SOLAR

O Sol é a fonte de energia primária da Terra. Entre os recursos energéticos existentes em grande escala na natureza, o papel de maior destaque é desempenhado pela Energia Solar (NOVA, 1985), pois o Sol está na origem de quase todas as fontes de energia. Não haveria combustíveis fósseis se a matéria orgânica que os originou não tivesse se desenvolvido, e para isso a luz Solar foi imprescindível (SCARLATO; PONTIN, 1998). O carvão, o petróleo e outros combustíveis fósseis são formados pela decomposição de animais e plantas, que obtiveram a energia necessária ao seu desenvolvimento graças à radiação solar. É também a partir do Sol que se dá a evaporação, originando o ciclo das águas, possibilitando assim a eletricidade a partir de usinas hidrelétricas. É através da energia Solar que a matéria-prima realiza sua fotossíntese, como a cana-de-açúcar, que depois de sua fotossíntese e desenvolvimento é transformada em combustível para as usinas. Os ventos são formados a partir da conversão da radiação solar em energia cinética, o que permite a geração de energia eólica (PINHO; GALDINO, 2014).

Sáles (2008, p. 11) afirma que “[...] em apenas um segundo, o sol produz mais energia (internamente) que toda energia usada pela humanidade desde o começo dos tempos”. Há diversas formas para aproveitamento dessa energia. Os processos mais utilizados atualmente são a geração térmica (para aquecimento de água) e geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, a geração térmica é mais encontrada nas regiões Sul e Sudeste, devido às características climáticas, e a geração fotovoltaica nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

### 2.2.1 Radiação solar

Pinho e Galdino (2014) afirmam que a disponibilidade da radiação solar depende da posição no tempo (hora do dia e dia do ano) e da latitude local. Isso se dá devido à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra faz seu movimento de rotação e a trajetória elíptica que a Terra percorre ao redor do Sol (translação ou revolução), conforme mostra a Figura 02.

Figura 02 – Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.



Fonte: Magnoli; Scalzaretto (1998).

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil publicado pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL, 2002, p. 6) “[...] a duração solar do dia (período de visibilidade do Sol ou claridade), varia de acordo com as regiões e períodos do ano, de zero hora (Sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) a 24 horas (Sol acima da linha do horizonte) [...]”. O mapa representado na Figura 03 exibe a média anual de insolação diária. Por possuir a maior parte de seu território próximo a linha do Equador, não há grandes variações na duração solar do dia.



Devido à absorção e reflexão dos raios solares pela atmosfera, somente parte da radiação alcança a superfície terrestre, uma vez que as condições atmosféricas e climáticas influenciam na emissão da radiação solar. “Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial” (CRESESB apud BRASIL, [20--], p. 33).

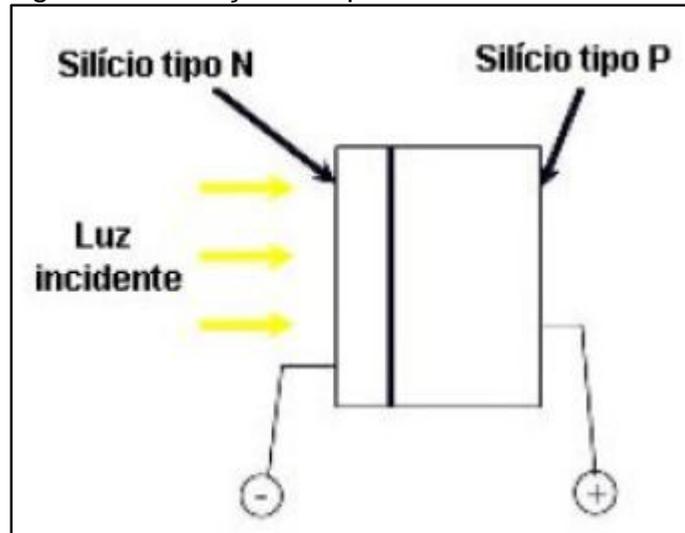
### **2.2.2 Células fotovoltaicas**

Segundo Benedito (apud MARTÍN; AGUILERA, 2009) as células fotovoltaicas são os componentes responsáveis pela conversão direta da luz do sol em eletricidade. São produzidas a partir de materiais semicondutores. O Silício (Si) é o semicondutor mais usado na produção das células fotovoltaicas. O Arseneto de Gálio e o Germânio também são materiais utilizados em sua produção, porém, o alto valor econômico desses dois componentes faz com que sejam aplicados onde o custo não é fator significativo, como em projetos espaciais, por exemplo.

Gray, citado por Benedito (2009) afirma que o Silício possui uma boa interação com os fótons do espectro solar e seu processo de fabricação é bastante desenvolvido, já que esse material é usado em grande escala pela indústria eletrônica. Afirma ainda que é um material normalmente extraído da natureza em forma de areia e passa por processos industriais até que adquire sua forma pura e cristalina. Contudo, essa forma é isolante (não possui elétrons livres), fazendo-se necessária a introdução de impurezas no cristal de Silício para torná-lo um semicondutor, esse processo recebe o nome de dopagem, e é amplamente usado na indústria eletrônica.

Nascimento (2004) diz que através do processo de dopagem são criados dois tipos de cristais, um com acréscimo de Fósforo, chamado “Silício tipo P”, e o outro com inserção de Boro, chamado “Silício tipo N”. O resultado da união desses cristais é um campo elétrico constante na fronteira entre esses dois materiais. Essa ligação é chamada de junção p-n, conforme mostra a Figura 04.

Figura 04 – Junção do tipo P-N



Fonte: Nascimento (2004).

Nascimento (2004, p. 13) afirma que:

Ao incidir luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons chocam-se com outros elétrons da estrutura do silício fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado pela junção P-N, os elétrons são orientados e fluem da camada "P" para a camada "N".

A partir daí é instalado um condutor entre as camadas positiva e negativa, conquistando uma corrente proporcional à incidência de luz. Ressalta-se que uma célula fotovoltaica não armazena energia, e sim atua na conversão de luz em fluxo de elétrons (NASCIMENTO, 2004).

De acordo com o Pinho e Galdino (2014), o Silício pode ser constituído e classificado de acordo com sua estrutura molecular, sendo, monocristalino, policristalino ou amorfo. O monocristalino é formado por uma estrutura cristalina homogênea ao longo de todo material, possui um processo de fabricação mais exigente e suas células apresentam maior eficiência. Já o policristalino é menos eficiente do que o Silício monocristalino, pois exige menor rigor no processo produtivo de suas lâminas. Ele é formado por pequenos cristais, colados uns aos outros e que têm um tamanho que vai desde alguns milímetros até alguns centímetros. O amorfo tem menor custo comparado com os anteriores, porém possui alto grau de desorganização dos átomos de sua rede cristalina.

### **2.2.3 Efeito fotovoltaico**

Em 1839, Edmond Becquerel observou o efeito fotovoltaico pela primeira vez. Silva (2010, p. 17) afirma que “o efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma diferença de potencial, nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz”. Afirma ainda que uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas sustém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela.

O primeiro instrumento fotovoltaico foi formado em 1876, através do resultado de vários estudos, mas só no ano de 1956 que teve início a produção industrial desses instrumentos (COELHO, R., 2008).

### **2.2.4 Energia solar fotovoltaica**

A energia solar pode ser utilizada para produzir eletricidade através do efeito fotovoltaico. Esse efeito consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. O sistema fotovoltaico tem a capacidade de captar a luz solar e produzir corrente elétrica, onde essa corrente será coletada e processada por dispositivos conversores e controladores, sendo assim armazenada em baterias ou utilizada em sistemas conectados à rede elétrica (FRAIDENRAICH; LYRA, 1995).

Tolmasquim (2016) atesta que a geração fotovoltaica se manifesta como uma tecnologia robusta para geração de energia. O que prejudica sua inclusão no mercado é a falta de conhecimento tecnológico nas fontes renováveis, isso por parte de todos os agentes, inclusive dos consumidores.

Tolmasquim (2016) afirma ainda que a energia fotovoltaica apresenta como um dos principais desafios a falta de financiamento em projetos de geração fotovoltaica por parte dos bancos, pois há uma certa dificuldade em entender e mensurar os riscos desses ativos. A maneira de reverter esse Quadro é disseminando o conhecimento em energias renováveis para que os parceiros estejam convictos de sua importância e assim, comecem a investir nessas tecnologias.

#### 2.2.4.1 Vantagens

De acordo com Cabral e Vieira (2012) a energia solar fotovoltaica tem inúmeras vantagens, pois exerce um papel complementar às hidrelétricas e outras fontes. Ela pode ser considerada uma fonte limpa, pois não gera resíduos e nem libera calor residual através de seu processo de geração.

Ainda de acordo com Cabral e Vieira (2012) as vantagens fundamentais são:

- Não polui e não altera o equilíbrio da biosfera, é silenciosa, tudo isso de forma a contribuir para a redução do efeito estufa e aquecimento global;
- Os painéis solares estão cada vez mais potentes, e em compensação o custo vem decrescendo;
- A energia solar fotovoltaica é uma excelente opção para os lugares de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não requer linhas de transmissão;
- Contribui para conservação e preservação do meio ambiente;
- Não utiliza combustíveis fósseis;
- Gera energia mesmo em dias nublados, mesmo que em menor proporção.
- A poluição derivada da produção dos equipamentos necessários para a construção dos painéis solares é considerada controlável, pois utiliza diversas formas de controle que existem atualmente, e contam com tecnologia alta.
- Rebollar e Rodrigues (2011) afirmam que quando bem desenhados e com equipamentos de qualidade, os sistemas fotovoltaicos requerem pouca manutenção ao longo de sua vida útil, que geralmente é de 25 anos, além de não possuir peças móveis, o que gera confiabilidade de funcionamento do sistema e, além disso, a necessidade de manutenção dos equipamentos é capaz de gerar empregos.

#### 2.2.4.2 Desvantagens

Camargo (2015) destaca as seguintes desvantagens dos sistemas fotovoltaicos:

- Durante a fabricação dos painéis fotovoltaicos há grande consumo de energia;
- O descarte dos equipamentos fotovoltaicos pode causar impactos ambientais, devido a utilização de materiais tóxicos e minerais não renováveis em sua fabricação;
- O custo de implantação é alto quando comparado a outros tipos de geração de energia elétrica convencionais;
- Seu rendimento depende do índice de radiação, da temperatura, nuvens, entre outros;
- A fabricação de células fotovoltaicas requer tecnologia avançada;
- O real rendimento de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo de investimento;

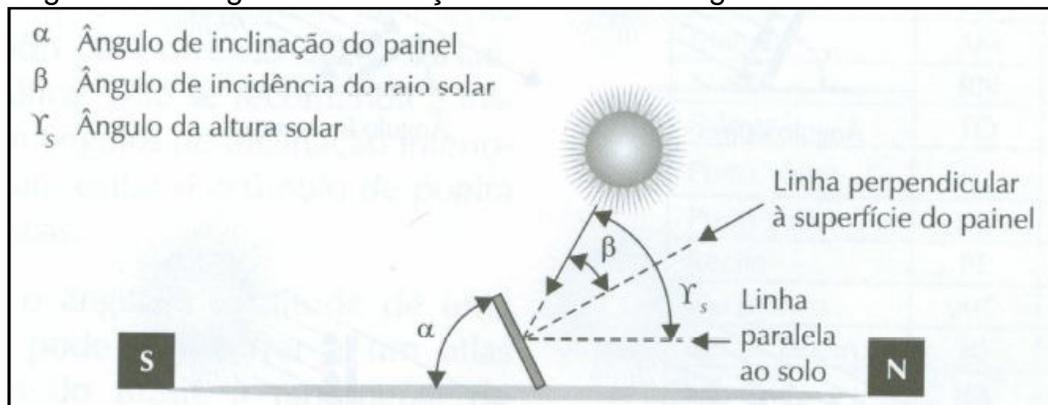
#### 2.2.5 Captação da energia solar fotovoltaica

A captação da energia solar é realizada através de módulos fotovoltaicos, estes são instalados de forma a captar o máximo possível de energia solar. Os módulos devem ser posicionados com direção ao Norte nas regiões abaixo da linha do Equador e voltados para o Sul nas regiões acima da linha. Se os módulos forem instalados de maneira incorreta a captação da luz solar é menor. Além disso, eles devem ser instalados na inclinação correta para uma maior captação da energia solar. Essa maior captação se dá quando os raios solares incidem perpendicularmente a superfície do módulo fotovoltaico (COELHO, D., 2014).

### 2.2.5.1 Ângulo de incidência dos raios solares

O modo como os raios solares incidem sobre a superfície terrestre depende da posição do sol no céu. Sabe-se que a posição varia ao longo do dia e do ano, sendo determinada pelos ângulos azimutal e zenital e pela altura solar. O ângulo azimutal é o ângulo de orientação dos raios solares com relação ao norte geográfico. E o zenital é o ângulo medido sobre o círculo vertical do sol. A Figura 05 ilustra a incidência de raios solares em um módulo solar. O módulo foi instalado com ângulo de inclinação  $\alpha$ , em relação ao solo e tem sua face voltada para o norte geográfico (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

Figura 05 – Ângulo de inclinação do módulo e ângulo de incidência solar.



Fonte: Villalva, Gazoli (2013).

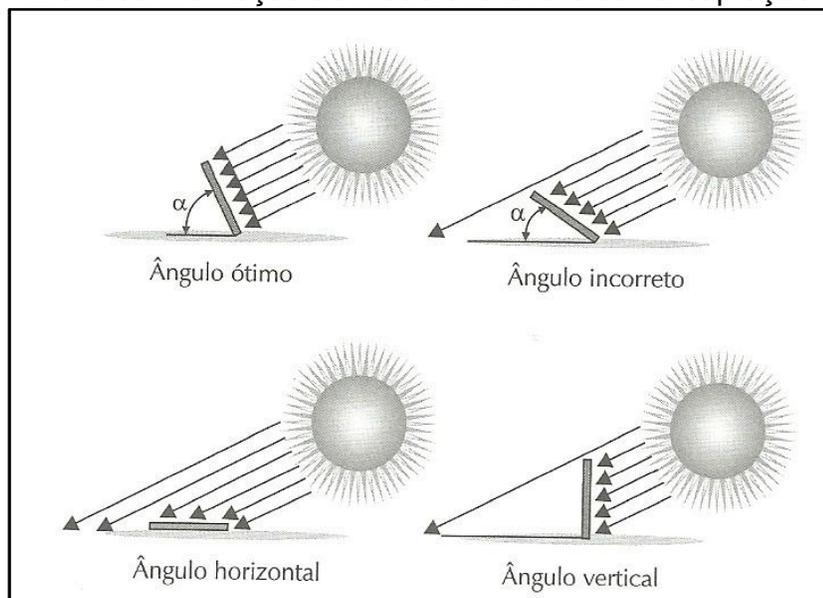
Villava e Gazoli (2013, p. 57) explicam que:

Os raios solares incidem sobre a superfície do módulo com o ângulo de inclinação  $\beta$ , definido em relação à reta perpendicular à superfície do módulo. Em cada dia do ano, conforme a altura solar  $\gamma_s$  varia, o módulo recebe os raios solares com uma inclinação  $\beta$  diferente. O melhor aproveitamento da energia solar ocorre quando os raios incidem perpendicularmente ao módulo, com ângulo  $\beta = 0$ . Isso significa que idealmente, para maximizar a captação da energia solar, a inclinação do módulo deve ser ajustada diariamente para adequar-se ao valor da altura solar  $\gamma_s$  naquele dia.

### 2.2.5.2 Escolha do ângulo de inclinação do módulo solar

Villalva e Gazoli (2013) afirmam que existem alguns critérios para a escolha do ângulo de inclinação e grande parte dos sistemas fotovoltaicos apresenta ângulo fixo. Escolhas incorretas acarretam na redução da captação solar e compromete a geração de energia através dos módulos. A Figura 06 mostra o que acontece quando o módulo solar é instalado em diferentes ângulos de inclinação com relação ao solo.

Figura 06 - Efeito da inclinação do módulo fotovoltaico na captação de energia.



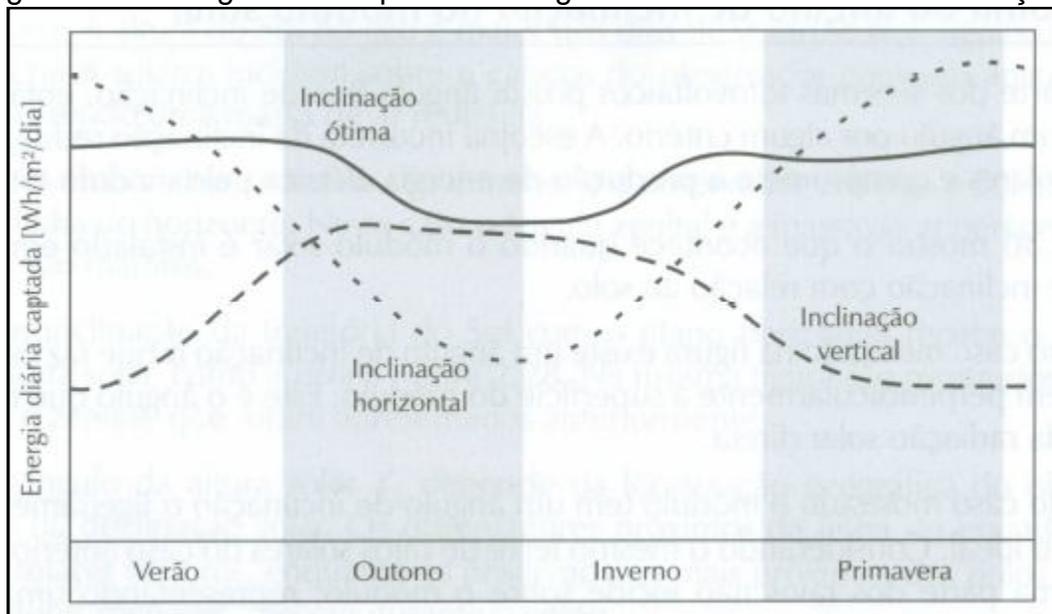
Fonte: Villalva, Gazoli (2013).

O primeiro caso exibido na Figura 06 mostra o ângulo onde acontece a maximização da captação da radiação solar, isso porque o ângulo de inclinação  $\alpha$  faz com que os raios solares incidam perpendicularmente à superfície do módulo. Este é o chamado ângulo ótimo. O segundo caso ilustra o módulo com menor inclinação. Essa não seria uma inclinação ideal, pois parte dos raios não incidem sobre os módulos, o que prejudica a captação de energia através do módulo. No terceiro e quarto caso, os módulos foram instalados nas posições horizontal e vertical. “Na posição horizontal a captação de energia é prejudicada nos meses de inverno, quando a altura solar é menor, e maximizada nos meses de verão, quando a altura solar é maior [...]” (VILLALVA;

GAZOLI, 2013, p. 58). Em contrapartida, quando os módulos são instalados na posição vertical a produção de energia é maior no inverno e menor no verão.

Como os módulos são geralmente instalados com uma inclinação fixa, é natural que não se consiga maximizar a captação dos raios solares em todos os dias ou meses do ano, por isso é importante a escolha de um ângulo que possibilite uma boa produção média de energia ao longo do ano. A Figura 07 ilustra a energia captada por um módulo com três ângulos de inclinação diferentes (inclinação ótima, inclinação vertical e inclinação horizontal). Conclui-se que dependendo da inclinação aplicada, a energia produzida pode ser maximizada ao longo do ano, somente nos meses de verão ou somente nos meses de inverno (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

Figura 07 – Energia solar captada ao longo do ano com diferentes inclinações.



Fonte: Villalva, Gazoli (2013).

Não existe um padrão geral sobre a melhor forma ou melhor método na hora da escolha do ângulo de inclinação para a instalação de um módulo solar. Sabe-se que a inclinação horizontal privilegia a produção de energia no verão, enquanto a inclinação vertical privilegia no inverno. A Tabela 03 mostra o ângulo de inclinação recomendado para diversas faixas de latitude geográfica. Para evitar a aglomeração de poeira é

necessário que os módulos sejam instalados com inclinação inferior a  $10^\circ$  (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

Tabela 03 - Escolha da inclinação do módulo

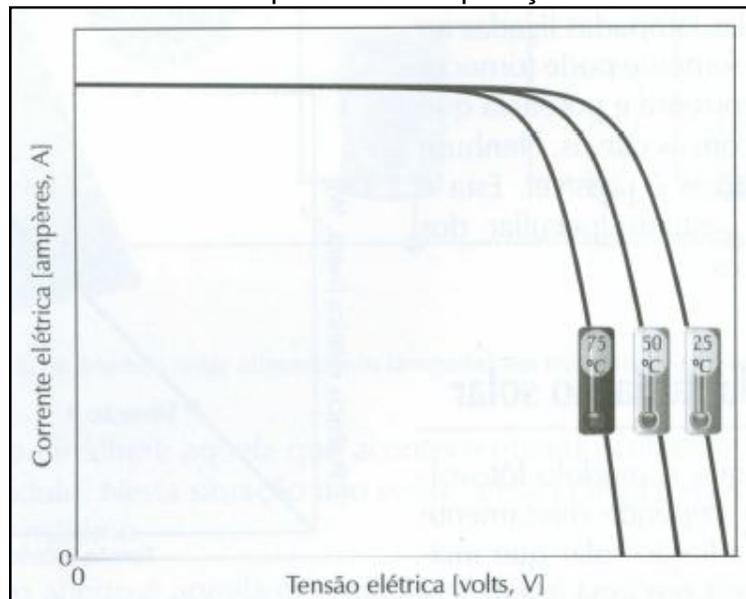
Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
$0^\circ$ a $10^\circ$	$\alpha = 10^\circ$
$11^\circ$ a $20^\circ$	$\alpha = \text{latitude}$
$21^\circ$ a $30^\circ$	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
$31^\circ$ a $40^\circ$	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
$41^\circ$ ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: Villalva, Gazoli (2013).

### 2.2.5.3 Influência da temperatura

“A temperatura tem influência na tensão que o módulo fornece em seus terminais e conseqüentemente na potência fornecida. Em temperaturas mais baixas as tensões são maiores e em temperaturas mais altas as tensões são menores [...]” (VILLALVA; GAZOLI, 2013, p. 80), conforme mostra a Figura 08.

Figura 08 – Influência da temperatura na operação do módulo fotovoltaico.



Fonte: Villalva, Gazoli (2013).

Villalva e Gazoli (2013) declaram que a corrente elétrica fornecida pelo módulo fotovoltaico não sofre alteração com a temperatura. O resultado da variação sobre o

módulo fotovoltaico é que, quando a temperatura aumenta, a potência fornecida pelo módulo diminui, pois a potência é o produto da tensão e da corrente do módulo.

## 2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Benedito (2009, p. 26) afirma que “Os sistemas fotovoltaicos formam um conjunto de equipamentos cujo objetivo é a conversão da radiação solar em energia elétrica, além de disponibilizá-la para uso instantâneo ou armazená-la para uso posterior”. Há duas categorias principais dos sistemas fotovoltaicos, que são: sistemas isolados ou conectados à rede. Nos tópicos a seguir serão descritas as principais categorias dos sistemas fotovoltaicos.

### 2.3.1 Sistemas fotovoltaicos isolados ou autônomos (*off grid*)

Villalva e Gazoli (2013) declaram que os sistemas fotovoltaicos autônomos, também chamados de sistemas isolados, são destinados à aplicações nas quais a energia convencional é indisponível, quer por restrições técnicas e ambientais ou por desinteresse comercial das concessionárias em expandir suas redes para locais com baixa densidade demográfica. Há várias aplicações para esse tipo de tecnologia. Dentre elas destacam-se a utilização em sinalização de estradas, iluminação pública, alimentação de sistemas de comunicação, bombeamento de água, carregamento de baterias de veículos elétricos, entre outros. Esses sistemas podem ser usados para fornecer eletricidade para veículos terrestres e náuticos e para um número infinito de aplicações, desde pequenos aparelhos eletrônicos portáteis até sistemas aeroespaciais.

Villalva e Gazoli (2013) afirmam ainda que muitas regiões do Brasil ainda não são atendidas por uma rede elétrica. Nesses locais um sistema autônomo pode ser instalado para substituir geradores movidos a diesel, reduzindo assim ruídos e poluição. Um sistema fotovoltaico autônomo é geralmente composto por uma placa ou conjunto de placas, um controlador de carga, uma bateria, e conforme a aplicação, um inversor

de tensão contínua para tensão alternada. Os sistemas isolados podem ser classificados em Híbridos ou Autônomos (Puros). Os sistemas autônomos podem ser com, ou sem armazenamento elétrico. Os tópicos seguintes explicam essas classificações.

A participação pouco expressiva dos sistemas isolados no montante geral deve-se à maior presença de outro tipo de aplicação, os sistemas conectados à rede, os quais serão descritos no item 2.3.2 (VILLALVA, GAZOLI, 2013).

### 2.3.1.1 Sistemas híbridos

Os sistemas fotovoltaicos híbridos trabalham em sincronia com outro tipo de sistema de geração elétrica, como por exemplo, sistemas eólicos, conforme ilustra a Figura 09. Esse tipo de sistema pode ou não possuir sistema de armazenamento de energia (SOUZA, [20--]).

Figura 09 – Sistema híbrido eólico-fotovoltaico.



Fonte: Souza, [20--].

Freitas (2008, p.45) afirma que:

Uma vez que os sistemas híbridos são explorados na ausência da rede elétrica convencional, torna-se necessária a existência de um sistema de gestão e controle das diferentes fontes de energia de modo a satisfazer os consumidores e assegurar o menor custo de produção da energia. Para tal é necessário maximizar a eficiência do sistema em função do consumo e da disponibilidade dos recursos.

O sistema híbrido possui a vantagem de ser modular em sua implantação, adaptando, por exemplo, a capacidade de geração à disponibilidade de recursos financeiros. Em contrapartida esses sistemas aumentam a complexidade de projeto, instalação e operação do sistema de geração (PINHO; GALDINO, 2014).

#### 2.3.1.2 Sistemas autônomos (puros)

Esse tipo de sistema fotovoltaico não possui outra forma de geração de eletricidade. Como só gera eletricidade com a presença do sol, os sistemas autônomos são compostos por acumuladores que armazenam a energia para os períodos sem sol, isso acontece durante a noite e em períodos de chuva. “[...] 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” (Souza, [20--], p. 15).

#### 2.3.1.3 Sistemas Autônomos Sem Armazenamento

Os sistemas autônomos sem armazenamento funcionam somente durante as horas de sol. Um exemplo mais comum desse tipo são os sistemas de bombeamento de água, conforme mostra a Figura 10. O cálculo das bombas é feito levando em consideração a necessidade água e o potencial solar da localidade. “[...] O painel fotovoltaico é dimensionado para fornecer potencial para a bomba. Apesar de, geralmente, não utilizarem sistemas de armazenamento elétrico, o armazenamento energético é feito na forma de água no reservatório” (Souza, [20--], p. 15).

Figura 10 – Sistema de bombeamento fotovoltaico.



Fonte: Souza, [20--].

### 2.3.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica (*on-grid*)

Rodriguez (2002) afirma que os sistemas fotovoltaicos conectados à rede operam em paralelo com a rede de eletricidade. Esses sistemas são aplicados em locais que já são atendidos com energia elétrica. O objetivo de ter o sistema conectado à rede é o de gerar eletricidade para consumo local, resultando em redução ou eliminação do consumo da rede pública.

Os sistemas conectados à rede, também chamados de *on-grid* são considerados mais eficientes do que os sistemas autônomos pois geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia. Toda energia gerada é escoada para a rede, agindo como uma carga, fazendo assim a absorção dessa energia. Esses sistemas são dependentes de regulamentação e legislação, pois usam a rede de distribuição das concessionárias para o escoamento da energia gerada (SOUZA, [20--]).

A Resolução Normativa da ANEEL nº 482 de 2012 (BRASIL, 2012) “estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências”.

Em 24 de Novembro de 2015 a Resolução Normativa nº 482 foi alterada, passando a vigorar a Resolução Normativa nº 687 (BRASIL, 2015, p.1), que adota as seguintes definições:

Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.

Esta resolução determina ainda que:

Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses (BRASIL, 2015, p. 4).

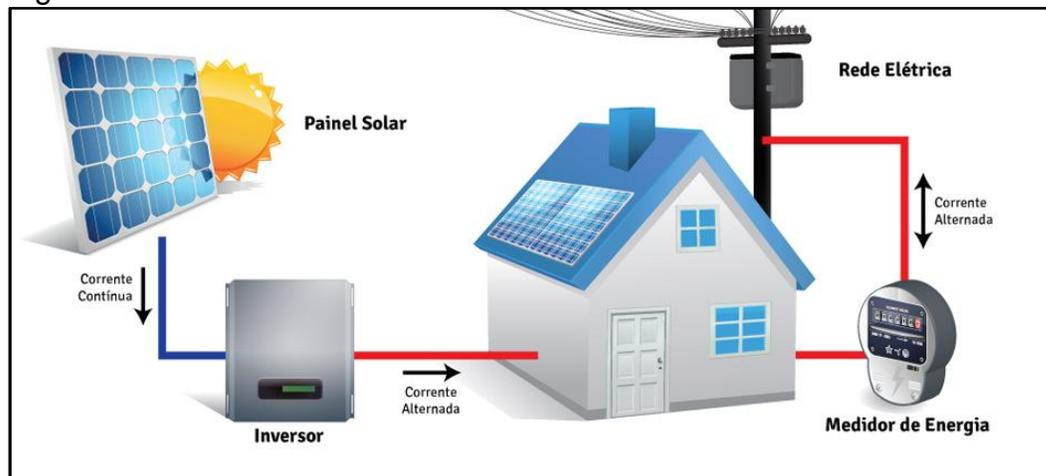
Para o estudo de caso proposto neste projeto, a unidade consumidora opera em baixa tensão (chamada de grupo B). Destaca-se que para essas unidades consumidoras, ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será cobrado o valor referente ao custo de disponibilidade. Esse valor é cobrado em reais equivalente ao tipo de instalação. Se for monofásico a unidade consumidora paga o valor referente a 30 kWh, se for bifásico é pago o valor correspondente a 50 kWh, e se for trifásico, como é o caso do estudo que será abordado, a unidade consumidora pagará o valor referente a 100 kWh (BRASIL, 2016).

De acordo com a Resolução Normativa nº 687 de 2015, o valor a ser faturado é a diferença (positiva) entre a energia consumida e a injetada. Para os consumidores do grupo B, quando o acúmulo de crédito de energia for usado para compensar o consumo dos meses seguintes, não se deve debitar do saldo atual o montante de energia

equivalente ao custo de disponibilidade (BRASIL, 2015). A Figura 11 ilustra um sistema fotovoltaico conectado à rede.

O painel produz a energia, o inversor converte a energia gerada pelos painéis em energia elétrica para ser usada no local do consumo. Após a saída do inversor a energia vai para o medidor de energia para ser distribuída, e assim usada para tudo que demanda energia elétrica. Se houver excessos na geração, o crédito volta para a distribuidora gerando créditos futuros (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 11 – Sistema fotovoltaico conectado à rede.



Fonte: Real solar, [20--].

## 2.4 COMPONENTES DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

### 2.4.1 String Control Boxes (Caixas de controle)

Segundo Souza ([20--]) as caixas de controle e monitoramento, *String Control Boxes*, são os equipamentos que operam fazendo a interface entre os painéis fotovoltaicos e os inversores. O dispositivo permite medir e monitorar, com precisão, a corrente advinda das ligações em série dos painéis fotovoltaicos.

Ao longo do ano é comum a ocorrência de descargas atmosféricas, estas podem provocar danos em sistemas elétricos, em linhas de transmissão, entre outros. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com a NASA mostrou que o Brasil é considerado o País com maior índice de descargas

elétricas em todo o mundo. Caem anualmente em todo o Brasil entre 50 e 70 milhões de raios (ROMERO, 2003).

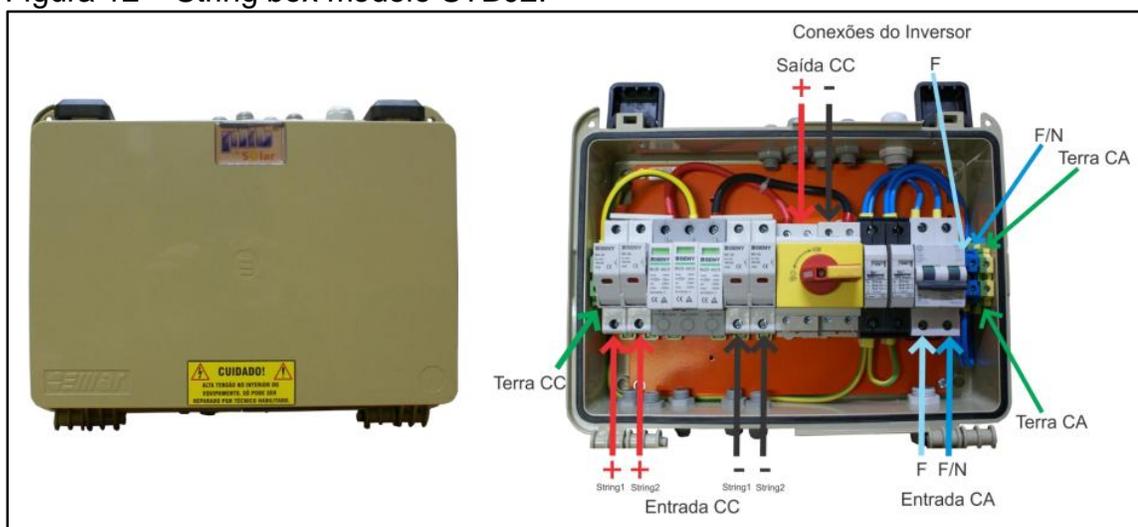
Qualquer instalação elétrica demanda um Quadro elétrico de força. A Norma Brasileira nº 5410 determina que uma instalação elétrica precisa de condições mínimas para seu perfeito funcionamento, garantindo a segurança de animais e pessoas, a conservação de bens e o funcionamento adequado da instalação (BRASIL, 2004).

Dessa maneira, para que sejam instalados de forma correta, o uso de um Quadro elétrico de força é primordial e indispensável. Esse Quadro elétrico quando aplicado a um sistema fotovoltaico recebe o nome de *string box*. No estudo de caso em questão, o *string box* utilizado foi da marca PHB, e possui os seguintes componentes (PHB Solar, 2016):

- Protetores de surto (DPS) para proteção contra descargas atmosféricas;
- Chave Seccionadora (disjuntor) de corte dos painéis fotovoltaicos;
- Fusíveis de proteção em CC (polo positivo e negativo);
- Caixa com grau de proteção IP65 (anti-poeira e a prova d'água).

A Figura 12 apresenta uma *string box* semelhante ao que foi usado no estudo de caso.

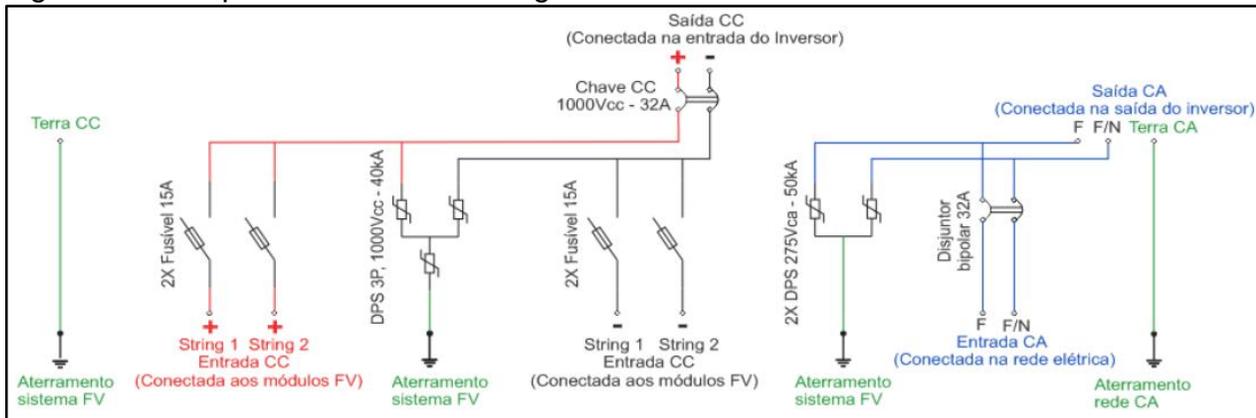
Figura 12 – String box modelo STB02.



Fonte: PHB Solar (2016).

Na Figura 13 é possível visualizar o esquema do circuito elétrico de um sistema fotovoltaico com todos os componentes explicitados acima (PHB SOLAR, 2016).

Figura 13 – Esquema elétrico da stringbox.



Fonte: PHB Solar (2016).

## 2.4.2 Inversores

Segundo Pinho e Galdino (2014), os inversores *On-grid*, também conhecidos como inversores *Grid tie*, tem o objetivo de converter a energia produzida de forma contínua em alternada.

Os inversores são usados para que a interligação do sistema fotovoltaico com a rede elétrica convencional seja possível, pois estes são responsáveis em apropriar as características da energia disponibilizada pelos módulos fotovoltaicos aos padrões da rede elétrica, assim como atuar como monitor da operação do sistema como um todo (PEREIRA; GONÇALVES, 2008).

No Brasil, o inversor utilizado em sistemas conectados à rede deve atender a norma ABNT NBR 16149: 2013, que estabelece parâmetros como: faixas de variação de tensão e frequência, proteção contra ilhamento, fator de potência, entre outros. A maioria dos inversores existentes no mercado apresentam funções de aquisição de dados e monitoramento, isso com o objetivo de disponibilizar ao usuário informações operacionais, alguns desses dados são: o estado do equipamento, histórico de falhas, energia diária gerada, valores de potência da corrente contínua e corrente alternada,

entre outros dados (PINHO; GALDINO, 2014).O inversor usado no projeto do estudo de caso proposto é o da marca PHB eletrônica, modelo PHB4600-SS, conforme mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Inversor PHB4600-SS.



Fonte: PHB Solar (2016).

Segundo informações da PHB Solar (2016) este inversor possui as seguintes características:

- Eficiência de operação inferior a 97,8%;
- Bateria concebida para maior eficiência para horas de pico;
- Tamanho do aparelho compacto;
- Sem transformador, permitindo menor custo;
- Geração de energia otimizada nos horários iniciais e finais do dia;
- Sem cooler e com baixa geração de ruído;
- Proteção anti-poeira;
- Aparelho a prova d'água.

### 2.4.3 Módulos fotovoltaicos

Chuco, citado por Ribeiro (2012, p. 14) afirma que “[...] um módulo fotovoltaico pode ser considerado um arranjo de células fotovoltaicas conectadas entre si, em série e/ou paralelo, para alcançar níveis de tensão e potência desejáveis para determinada aplicação”.

“Um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficientes para utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção das células” (PINHO; GALDINO, 2014, p. 144).

Ainda para Pinho e Galdino (2014) para que os níveis de tensão estejam adequados, as células são conectadas em série, produzindo uma tensão resultante equivalente à soma das tensões individuais de cada célula.

Pinho e Galdino (2014, p. 144) afirmam ainda que:

Ao mesmo tempo, as células são muito frágeis e seu encapsulamento em placas rígidas ou flexíveis traz uma importante proteção mecânica e contra as intempéries. O número de células conectadas em um módulo e seu arranjo, que pode ser série e/ou paralelo, depende da tensão de utilização e da corrente elétrica desejadas. É importante ter cuidado com a seleção das células a serem reunidas no momento da fabricação do módulo, devido a suas características elétricas. A incompatibilidade destas características leva a módulos de baixa qualidade, devido ao efeito de *mismatch* (descasamento), pelo qual as células de menor fotocorrente limitam o desempenho do conjunto e, em consequência, a eficiência global do módulo fotovoltaico é reduzido.

A Figura 15 mostra o modelo do módulo que foi usado no projeto do estudo de caso.

Figura 15 – Módulo fotovoltaico



Fonte: PHB Solar (2016).

## 2.5 GESTÃO DE PROJETOS

Menezes (2001) define projeto como um empreendimento único que possui início e fim notadamente definidos e que, quando conduzidos, possam alcançar seus objetivos, respeitando os parâmetros de prazo, custo e qualidade. Comandar um projeto é realizar uma administração prática e realista de elementos quaisquer que estejam voltados para um objetivo comum.

Molinari (2010, p. 27) descreve assim o gerenciamento de projetos: “Na Gerência de Projetos o foco se volta para os objetivos da programação e cronogramas, dos controles de custos e de qualidade, gerência de contratos, de recursos, de escopo e de interfaces”.

Na atividade de Gerência de Projetos existem objetivos a serem alcançados. No dia a dia percebe-se que a complexidade de tarefas, o ambiente externo e as limitações de tempo justificam e reforçam a adoção dos princípios de gerenciamento (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

### 2.5.1 A importância do gerenciamento de projetos

Vargas (2009, p. 6) define Gerenciamento de Projetos como:

Um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados.

Prado e Miglioli (2016) afirmam que o gerenciamento de projetos tem se mostrado eficaz na busca dos resultados esperados dentro do prazo e do orçamento definidos pela organização. Quando comparado as demais formas de gestão, o gerenciamento de projetos proporciona inúmeras vantagens, pois permite maximizar resultados, gerenciar riscos, definir escopo, prazo, qualidade, entre outros. Uma das principais vantagens é que ele não é aplicável somente para grandes projetos que exigem alta

complexidade e custo alto. O gerenciamento pode ser aplicado em qualquer ramo de negócios.

Vargas (2009) descreve os principais benefícios de um bom gerenciamento de projetos:

- Permite uma estruturação da metodologia que será aplicada, evitando surpresas na execução das atividades, permitindo assim o desenvolvimento de novas técnicas e diferenciais competitivos;
- Prevê situações desfavoráveis que podem ser encontradas no decorrer da execução, permitindo que ações corretivas ou preventivas sejam tomadas, antes que essas situações se tornem problemas;
- Permite um maior controle gerencial em todas as fases;
- Disponibiliza os orçamentos antes do início dos gastos;
- Propicia agilidade nas decisões, já que as informações estão disponíveis e estruturadas;
- Simplifica as revisões da estrutura do projeto.

De acordo com Barbosa e outros (2014) atualmente a busca pela liderança de mercado requer muitos esforços. É necessário trabalhar em prol da conquista de vantagens competitivas, pois estas são fator-chave para o sucesso das organizações. São cinco vantagens competitivas que as empresas procuram: Qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. E diante dessa afirmação é possível atestar que o custo é uma das mais importantes, pois é necessário garantir que o projeto seja concluído dentro do orçamento aprovado. É necessário planejar os recursos que serão consumidos no decorrer do projeto, assim como estimar os custos, definir orçamentos e controlar os custos.

O gerenciamento de projetos envolve também o gerenciamento de custos. Esse estabelece o formato e define os critérios de controle de custos do projeto para que sejam planejados, estimados e orçados. “O gerenciamento de custos do projeto deve fornecer um entendimento claro e completo a respeito de como o gerenciamento de

custos será planejado, estruturado e controlado no projeto [...]” (BARBOSA et al., 2014, p. 15).

## 2.6 FLUXO DE CAIXA E SUA IMPORTÂNCIA

O fluxo de caixa é um instrumento de planejamento financeiro, que controla a movimentação financeira da empresa (entradas e saídas), em um período de tempo. O fluxo de caixa é de fundamental importância, pois dá aos gestores a visão da situação financeira da empresa e, com base nos resultados, decidir os caminhos a seguir, além de ter um maior controle das operações que envolvem o seu capital disponível (NETO; LIMA, 2014).

O fluxo de caixa pode ser elaborado de duas formas: Fluxo de caixa planejado (ou projetado) e Fluxo de caixa Real. O fluxo de caixa planejado abrange os valores previstos para um determinado período de tempo, já o fluxo de caixa real mostra os valores efetivos de entrada e saída dos recursos, ou seja, apresenta os valores que de fato ocorreram (NETO; LIMA, 2014). No estudo de caso que será abordado posteriormente será utilizado o fluxo de caixa planejado.

Segundo Tófoli (2008, p. 69), “o objetivo básico do Fluxo de Caixa Planejado é o de projetar as entradas e saídas de recursos financeiros, num determinado período, avaliando a necessidade de captar recursos ou aplicar os excedentes de caixa”.

Weston e Brigham (2004) explicam que após o desenvolvimento do fluxo de caixa, o gestor voltará sua atenção aos saldos mostrados no fluxo, analisando se vai faltar caixa, por quantos dias isso acontecerá, e evidentemente quais medidas deverão ser tomadas. Da mesma forma, se houver saldos em excesso, o gestor vai buscar a melhor forma para que esses valores gerem maiores rendimentos. Pode-se dizer que o fluxo de caixa é indispensável para a sobrevivência da empresa dentro do mercado a qual está inserida.

Quando aplicado de maneira correta, o fluxo de caixa propicia melhores condições para que o administrador conheça a independência financeira de sua empresa. Conseguirá

também mensurar a capacidade de financiamento do capital de giro próprio, poderá tomar decisões corretas sobre captação de recursos e empréstimos, entre outros benefícios que um bom gerenciamento de fluxo de caixa possa trazer. Através dele, os gestores da empresa poderão aplicar medidas que possibilitam uma melhor gestão de seus recursos, impossibilitando problemas de liquidez e falência (WESTON; BRIGHAM, 2004).

## **2.6.1 Indicadores de viabilidade financeira**

### **2.6.1.1 *Payback***

Motta e Caloba (2012) descrevem o *payback* como um indicador de análise de viabilidade financeira que define o tempo de recuperação de um investimento. Esse indicador é obtido através do cálculo do período de tempo que será necessário para que os fluxos de caixa futuros acumulados igualem o valor disposto no investimento inicial. Geralmente definem-se prazos máximos para que haja recuperação do investimento. Após essa definição é realizada uma análise do fluxo de recursos disponíveis para o projeto, fazendo uma comparação do volume do investimento com os resultados alcançados futuramente, averiguando o período onde o saldo tornou-se igual a zero.

Com base na regra do *payback*, um investimento é aceitável se o seu período de *payback* calculado for menor do que um número predeterminado de tempo. Se o prazo de recuperação for aceito pelos proprietários, então o projeto será executado, caso contrário será descartado. Este método de análise de viabilidade é aplicado de duas formas: *payback* simples e *payback* descontado (WESTON; BRIGHAM, 2004).

A diferença notável entre os dois métodos do *payback*, é que o *payback* simples não considera o valor do dinheiro do tempo, já o *payback* descontado, considera uma taxa de aplicação no mercado financeiro para trazer os fluxos de caixa a valor presente (JORDAN, 2013).

### 2.6.1.2 Valor presente líquido (VPL)

“O Valor presente líquido é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previstos para cada período do horizonte de duração do projeto, e o valor presente do investimento (desembolso de caixa)” (NETO; LIMA, 2014, p. 182).

Neto e Lima (2014) afirmam que quando o valor presente líquido obtiver resultado maior que zero, significa que o investimento é viável e trará algum retorno econômico. Se esse valor for igual a zero significa que o investimento atingiu ponto de equilíbrio, quer dizer que as entradas e saídas do caixa são iguais. Se o Valor presente líquido for menor do que zero significa que o projeto trará prejuízos, pois suas saídas são maiores que as entradas de caixa.

### 2.6.1.3 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de juros usada para igualar o valor do investimento com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa. É definida como a taxa de retorno de um projeto. Quando levada em consideração a taxa interna de retorno, um investimento é indicado se a taxa calculada for maior que o retorno exigido (WESTON; BRIGHAM, 2004).

## 2.7 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Comissão Brundtland (Nosso Futuro Comum, 1987) citado por Diegues (2003, p. 02) define o desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. O desenvolvimento sustentável tem como base dois conceitos fundamentais: “[...] a prioridade na satisfação das necessidades das camadas mais pobres da população, e às limitações que o estado atual da tecnologia e da organização social impõe sobre o meio ambiente” (DIEGUES, 2003, p.02). Uma das

condições básicas para o desenvolvimento sustentável é a conservação de recursos naturais e de ecossistemas.

A utilização da energia solar fotovoltaica é uma atitude promissora, pois luta contra a degradação do meio ambiente. Sabe-se que a energia solar não gera poluição, é inesgotável, renovável, enfim é uma energia limpa. Tudo isso contribui amplamente para o desenvolvimento sustentável, isso porque os recursos empregados na produção, transformação e distribuição da energia exigem investimentos baixos com manutenção, além de serem mais duráveis, proporcionando mais autonomia para pequenas e grandes comunidades (DIEGUES, 2003).

O Congresso de ciências sociais aplicadas (2010) afirma que o desenvolvimento sustentável define três eixos que são: ambiental, social e econômico, porém só é alcançado se os três caminharem harmoniosamente. O desenvolvimento sustentável vai além do simples objetivo de proteger o meio ambiente, pois demanda uma conformidade entre o desenvolvimento econômico e a justiça social. Para que isso aconteça é necessário que a população e o governo estejam cientes dos problemas sociais existentes para que busquem soluções para esses problemas.

Diegues (2003) diz que é preciso desenvolver programas de incentivo à responsabilidade social e preservação ambiental para que haja interesses do mercado em oferecer serviços e produtos de qualidade, objetivando uma maior contribuição e melhor aproveitamento de recursos naturais por meio de fontes renováveis. Ou seja, é necessário investir em meios de desenvolvimento que respeitem os limites da natureza de modo a contribuir com o futuro da humanidade.

A utilização da energia solar fotovoltaica como fonte renovável é considerado um desafio para a sociedade atual pelo fato de estabelecer ordem ambiental. Essa opção é viável, pois os recursos energéticos fósseis são inesgotáveis, ecológicos, naturais e evitam danos ambientais diversos. A humanidade precisa encontrar modos favoráveis de captar, armazenar e fazer uso da energia solar, pois “[...] a energia que esse tipo de fonte incide sobre a terra em uma hora, é maior do que a consumida de diferentes formas, durante o período de um ano” (CONGRESSO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 2010, p.02). A Energia Solar fotovoltaica ainda é pouco utilizada, pois

seus custos de instalação são altos, porém através dessa fonte é possível evitar desperdícios de recursos naturais, o que contribui para redução da necessidade de importação de energia. Outra razão importante é que as fontes renováveis causam menos poluição. Considerando todos esses fatores torna-se viável a aplicação desse tipo de fonte de energia, pois contribui com o meio ambiente e também com a sociedade (CONGRESSO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 2010).

Manzini e Vezzoli (2011) afirmam que a sustentabilidade é um objetivo a ser alcançado, e que nem tudo que apresenta melhoras em termos ambientais pode ser considerado realmente sustentável.

Holmberg, citado por Manzini e Vezzoli (2011, p. 28) determina que para ser considerado sustentável, o produto deve atender aos seguintes requisitos gerais:

Basear-se fundamentalmente em recursos renováveis (garantindo ao mesmo tempo a renovação); otimizar o emprego dos recursos não renováveis (compreendidos como o ar, a água e o território); não acumular lixo que o ecossistema não seja capaz de renaturalizar (isto é, retornar às substâncias minerais originais e, não menos importante, às suas concentrações originais); agir de modo com que cada indivíduo, e cada comunidade das sociedades “ricas”, permaneça nos limites de seu espaço ambiental e, que cada indivíduo e comunidade das sociedades “pobres” possam efetivamente gozar do espaço ambiental ao qual potencialmente têm direito.

Em um projeto de produto é importante avaliar com atenção qual entre as fontes energéticas disponíveis vem ser a de menor impacto ambiental. Além do mais, sustentabilidade quer dizer também disponibilidade de recursos energéticos para as gerações futuras e é igualmente importante saber quais recursos estão em riscos de exaurir-se e quais as fontes que, por sua vez, são renováveis. Como, por exemplo, a energia solar, assim como a eólica e a hidrelétrica. Enfim, seria ideal adotar sistemas de transformação energética que explorassem ao máximo as capacidades de gerar bem-estar para o homem. E partindo desse ideal é essencial a escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

Manzini e Vezzoli (2011) fazem ainda algumas indicações para a escolha de fontes energéticas com baixo impacto ambiental, entre essas indicações estão:

- Evitar inserir no produto materiais tóxicos e danosos;

- Escolher fontes energéticas renováveis;
- Escolher fontes energéticas que minimizem as emissões nocivas durante as fases de pré-produção e produção;
- Escolher fontes energéticas locais;
- Escolher fontes energéticas que minimizem as emissões nocivas durante a fase de distribuição.

## 2.8 DESENVOLVIMENTO SOCIAL

O Brasil é considerado um dos países com pior distribuição de renda do mundo, fica na frente somente de alguns países africanos. Sabe-se que o setor elétrico movimenta alta quantia monetária, além de afetar toda a população, devido a isso é essencial analisar se o papel social do setor elétrico pode ser otimizado. A matriz energética brasileira é dominada pelas hidrelétricas, as quais demandam grandes usinas, onde a energia gerada é transportada por extensas linhas de transmissão até os locais onde será consumida. A consequência disso é a transformação de grandes áreas urbanas em centros de atração populacional, o que promove de certa forma o êxodo rural, pois muitas vezes as áreas rurais não possuem energia elétrica, pois as vezes não existem linhas de transmissão que alcancem o local ou mesmo por não haver demanda de carga o suficiente para justificar a instalação de sub-estações (CONGRESSO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 2010).

O Congresso de Ciências Sociais Aplicadas (2010) descreveu ainda que sem energia elétrica é quase impossível aperfeiçoar matérias primas cultivadas, pois não há equipamentos disponíveis que possibilitem isso, e como consequência disso, os trabalhadores mudam-se para as cidades a procura de oportunidades, onde nem sempre há oferta de trabalho, aumentando assim a quantidade de favelas. Se todos tivessem acesso à rede elétrica, certamente todos teriam igual acesso, permitindo que as áreas rurais prosperem, o que aumentaria a necessidade de mão-de-obra, beneficiando a redução dos problemas sociais. Já existem programas políticos que determinam que a “luz é para todos”, todavia:

A decisão política de que a luz é para todos já existe, entretanto deve-se fazer com que a eletricidade traga a prosperidade econômica, através da energização de equipamentos que valorizem os produtos, permitindo uma maior rentabilidade por parte da agricultura familiar, além de elevar os níveis de educação e saúde, através da eletrificação de escolas, postos médicos, bombas d'água e geladeiras, por exemplo (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006, p. 4).

Shayani, Oliveira e Camargo (2006, p. 5) afirmam que “[...] esforços devem ser concentrados na pesquisa e implementação da geração distribuída, pois, além de reduzir os investimentos de transmissão e as perdas do sistema, gera também empregos locais”.

## 2.9 PROGRAMA DE INCENTIVO A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

O ministro de Minas e Energia, Eduardo Braga, assinou uma portaria através do Ministério de Minas e Energia no dia 15 de dezembro de 2015 criando o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD). Esse programa surgiu com o objetivo de estimular a geração fotovoltaica dentro das unidades consumidoras, o que permitiria um compartilhamento do sistema das distribuidoras de energia. Uma das metas do programa é aumentar a participação de energias renováveis para 45% na composição da matriz energética em 2030 (BRASIL, 2015).

O Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2015) tem como objetivo, ampliar a geração distribuída de energia elétrica com fontes renováveis em residências, instalações industriais e comerciais, e em escolas técnicas e universidades federais, hospitais e edifícios públicos. Os benefícios do programa são descritos no Quadro 01 a seguir:

Quadro 01 – Benefícios do ProGD.

(continua)

<p>PARA O CONSUMIDOR</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da conta de luz</li> <li>• Reforça a segurança energética e elétrica</li> <li>• Redução de custos do insumo energia (para indústria e comércio)</li> <li>• Investimento para instalar o sistema cada vez mais baixo, com retorno mais rápido.</li> </ul>
--------------------------	---

Quadro 01 – Benefícios do ProGD.

(conclusão)

<p>PARA O MEIO AMBIENTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproveitamento do potencial solar do Brasil</li> <li>• Geração de energia do século XXI: Fonte limpa e renovável</li> <li>• Baixo impacto dos projetos</li> <li>• Contribui para metas de energia renovável assumidas pelo Brasil</li> <li>• Redução de necessidade de investimentos em fontes tradicionais</li> <li>• Redução de emissões de gases do efeito estufa</li> </ul>
<p>PARA O SETOR ELÉTRICO E TODOS OS BRASILEIROS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração de emprego e renda (a cada MW instalado, até 30 empregos diretos)</li> <li>• Redução de perdas de energia</li> <li>• Dispensa investimentos em transmissão</li> <li>• Dispensa licenciamentos que podem atrasar entrega da energia</li> </ul>

Fonte: (BRASIL, 2015).

O governo prevê um potencial de investimentos de R\$ 100 bilhões nessas tecnologias e que 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão aderir ao programa até 2030, além da geração de 48 milhões de MWh (metade de Itaipu em um ano) e a redução na emissão de 29 milhões de toneladas/CO<sub>2</sub> (BRASIL, 2015).

### 2.9.1 Ações propostas

O Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2015) propôs algumas ações que poderão ser tomadas por diversos setores. Essas ações são descritas no Quadro 02.

Quadro 02 – Ações propostas

<p><b>FINANCEIRO</b></p>	<p>Criação e expansão de linhas de crédito e financiamento de projetos de sistemas de Geração Distribuída.</p>
<p><b>INDUSTRIAL</b></p>	<p>Incentivo à indústria de componentes e equipamentos; com foco no desenvolvimento produtivo, tecnológico e inovação.</p>
<p><b>EMPREGO</b></p>	<p>Fomento à capacitação e formação de recursos humanos para atuar na área de Geração Distribuída (estima-se a criação de até 30 postos a cada 1 MW (instalado)).</p>
<p><b>INVESTIMENTO</b></p>	<p>Promoção e atração de investimentos nacionais e internacionais e de tecnologias competitivas para energias renováveis.</p>

Fonte: (BRASIL, 2015).

### 2.9.2 Estímulos fiscais

O Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2015) propõe os seguintes estímulos fiscais:

- Isenção de ICMS e PIS/Cofins: O consumidor será tributado com o ICMS e PIS/Cofins apenas sobre o saldo da energia que ele receber da distribuidora e não conseguir compensar.
- Redução do Imposto de Importação: Até 31 de Dezembro de 2016, está reduzida de 14% para 2% a alíquota do imposto de importação incidente sobre bens de capital destinados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica.
- Geração Distribuída em Escolas e Hospitais: O BNDES foi autorizado pela Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015, a apoiar com recursos a taxas diferenciadas projetos de eficiência energética e de geração distribuída por fontes renováveis em escolas e hospitais públicos.



### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho tem natureza de pesquisa aplicada, pois “[...] objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais” (SILVA, MENEZES, 2001, p. 20).

Para análise dos dados coletados serão adotados os métodos qualitativos, pois será feita uma descrição do panorama energético brasileiro, assim como as características da energia solar, os desafios e oportunidades, os aspectos técnicos relacionados a sua implantação e abordará vantagens, principalmente para o meio ambiente.

Quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos, foram abordados no estudo de caso através de indicadores financeiros para mostrar a viabilidade do projeto e avaliações quanto a implementação do projeto e nível de sustentabilidade.

Quanto aos procedimentos técnicos, o presente trabalho possui caráter de pesquisa bibliográfica a fim de adquirir conhecimento das diversas variáveis que serão abordadas no decorrer do projeto, para que o mesmo seja mais bem desenvolvido.

O projeto se enquadra também no aspecto de estudo de caso, pois “[...] refere-se ao levantamento com mais profundidade de determinado caso ou grupo humano sob todos os seus aspectos. Entretanto, é limitado, pois se restringe ao caso que estuda, ou seja, um único caso, não podendo ser generalizado” (MARCONI, LAKATOS, 2011, p. 276).

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O estudo de caso foi realizado na empresa HL Iluminação (esse nome é fantasia, pois a empresa não permitiu a divulgação de sua razão social) que tem como atividade principal o Comércio varejista de artigos de iluminação. A empresa fica localizada em um galpão em Carapina, no município da Serra - ES. Para o estudo de caso levou-se em conta a localidade do município, que possui as seguintes coordenadas: latitude 20° e longitude 40°. A Tabela 04 mostra todos os componentes que compõe o projeto,

totalizando um investimento de R\$30.000,00. Vale ressaltar que esse valor é correspondente a um kit completo, não sendo divulgados os valores individuais de cada componente.

Tabela 04 – Componentes do projeto

QUANTIDADE	PRODUTO	
45	CABO SOLAR PRETO COM PROTEÇÃO UV 4,0mm <sup>2</sup>	
45	CABO SOLAR VERMELHO COM PROTEÇÃO UV 4,0mm <sup>2</sup>	
45	CABO SOLAR VD/AM COM PROTEÇÃO UV 4,0mm <sup>2</sup>	
3	CONECTOR (PAR) MC4 4mm SOLAR	
32	INTER CLAMP KIT 40mm 8GRAMPO INTERMEDIÁRIO)	
8	END CLAMP KIT 40mm	
28	HOOK DE ACO KIT TELHA	
8	EMENDA PERFIL DE ALUMINIO	
4	GRAMPO DE ATERRAMENTO	
18	ABRACADEIRA DE CABOS	
8	JUMPER DE ATERRAMENTO	
32	CLIP DE ATERRAMENTO	
4	PERFIL DE ALUMINIO ANODIZADO P MODULOS FV (3,15M)GS	
4	PERFIL DE ALUMINIO ANODIZADO P MODULOS FV (2,1M)GS	
4	PERFIL DE ALUMINIO ANODIZADO P MODULOS FV (4,20M)GS	
1	STB02-1000V/02,STRING BOX CC +CA	
1	PHB4600-SS, INVERSOR FOTOVOLTAICO	
18	MODULO FOTOVOLTAICO 260WP	
<b>Total do investimento</b>		<b>R\$ 30.000,00</b>

Fonte: HL Iluminação (2016).

Do total de 18 (dezoito) módulos instalados, 09 (nove) foram posicionados ao Leste e os outros 09 (nove) à Oeste, todos com 6° de inclinação. O sistema implantado corresponde a um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica, conforme características discriminadas no item 2.3.2.

### 3.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados através de uma visita realizada na empresa no início do mês de setembro de 2016. O setor responsável pelo atendimento explicou o funcionamento do sistema e ficou à disposição para perguntas. Os dados foram levantados e estruturados em conformidade com os objetivos propostos e também com o referencial teórico.

Os dados referentes aos consumos de energia elétrica da empresa foco do estudo, foram obtidas através das informações retiradas do site da Escelsa por meio do número do cliente fornecido durante a entrevista para análise de consumo de janeiro a agosto de 2015 e 2016.

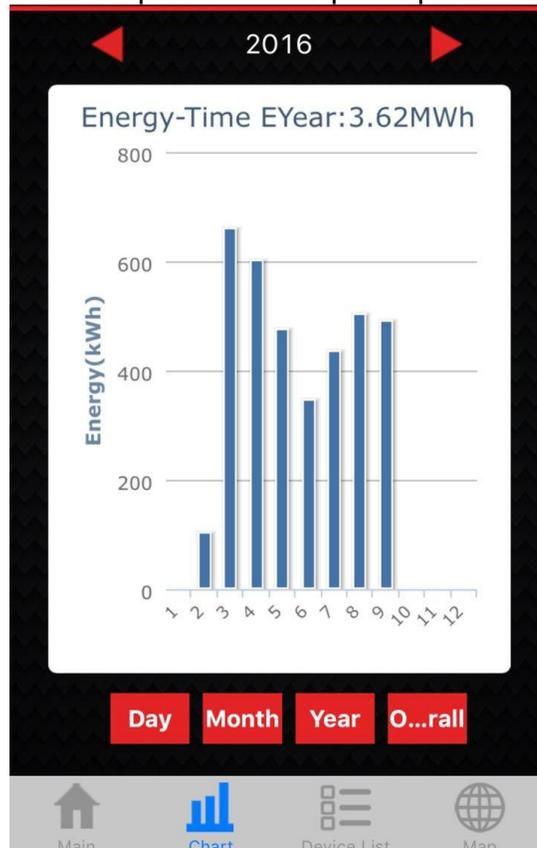
### 3.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA DO PROJETO

Para o fluxo de caixa montado para mostrar a viabilidade econômico-financeira do estudo de caso em questão, foi realizado um investimento inicial no valor de R\$30.000,00, esse valor corresponde à aquisição e instalação do sistema fotovoltaico no galpão apresentado. Algumas informações são de extrema importância, como:

- O sistema foi instalado no final do mês de fevereiro de 2016, sendo assim, a real eficiência do sistema teve início em março, pois no fim desse mês foi possível verificar a quantidade de kWh gerado pelo sistema durante os 31 dias.
- Usou-se o valor de R\$0,73/kWh como base de cálculo da tarifa da Escelsa (valor disponibilizado pela empresa do estudo de caso).
- Os valores de kWh gerados por mês foram registrados pelo aplicativo *PHB Viewer*, que é um aplicativo de gerenciamento de sistema que permite arquivar todas as informações e transmite automaticamente para a central de monitoramento via internet. Os dados referentes a geração de energia estão disponíveis no aplicativo e são ilustrados na Figura 16.

- A geração de energia considerada para os meses subsequentes é expressa pela média dos valores de Março a Setembro.

Figura 16 – Dados disponibilizados pelo aplicativo *PHB Viewer*.



Fonte: PHB Viewer (2016).

- “[...]. Ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade” (BRASIL, 2016, p.16). No caso em questão, será cobrado o valor em reais equivalente a 100 kWh, pois é uma instalação trifásica, sendo assim os 100 kWh foram considerados como desconto no fluxo de caixa.
- O valor da inflação considerada no cálculo do *payback* descontado foi de 0,57%. Esse percentual corresponde à média das inflações entre o mês de fevereiro e Agosto, conforme mostra a Tabela 05, divulgada pela *Advanced Financial Network- ADVFN*.

Tabela 05 – Inflação no ano de 2016.

2016	Varição mensal (%)
Janeiro	1,27
Fevereiro	0,90
Março	0,43
Abril	0,61
Maio	0,78
Junho	0,35
Julho	0,52
Agosto	0,44

Fonte: *Advanced Financial Network- ADVFN*, 2016.

### 3.4 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Os critérios utilizados para avaliação da sustentabilidade foram os propostos por Manzini e Vezolli (2011) que determinam que a escolha de materiais com baixo impacto ambiental é de extrema importância para produção de bens de consumo. Mas para que haja reduções significativas de impacto ambiental, é necessário avaliar todo ciclo de vida do sistema considerando os processos de produção e transformação dos materiais, os sistemas de distribuição e uso e, os tratamentos de eliminação final dos produtos. Com relação a escolha de recursos energéticos de baixo impacto, é necessário adotar sistemas de transformação energética que explorem as capacidades de gerar bem-estar ao homem, tudo isso está relacionado a aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Outro critério utilizado no presente trabalho com a finalidade de quantificar os benefícios da escolha de recursos de baixo impacto ambiental, são os dados disponibilizados pelo aplicativo *PHB Viewer*. Através do aplicativo é possível avaliar a quantidade de árvores que deixaram de ser cortadas para geração de energia desde o início de operação do sistema até o presente momento. De forma análoga, o aplicativo fornece a quantidade de dióxido de carbono que se deixa de emitir. O aplicativo leva em consideração o número de árvores que seriam cortadas para geração da quantidade equivalente, no entanto, a fórmula de cálculo é feita de maneira interna pelo aplicativo e não é fornecido pelo fabricante do mesmo.

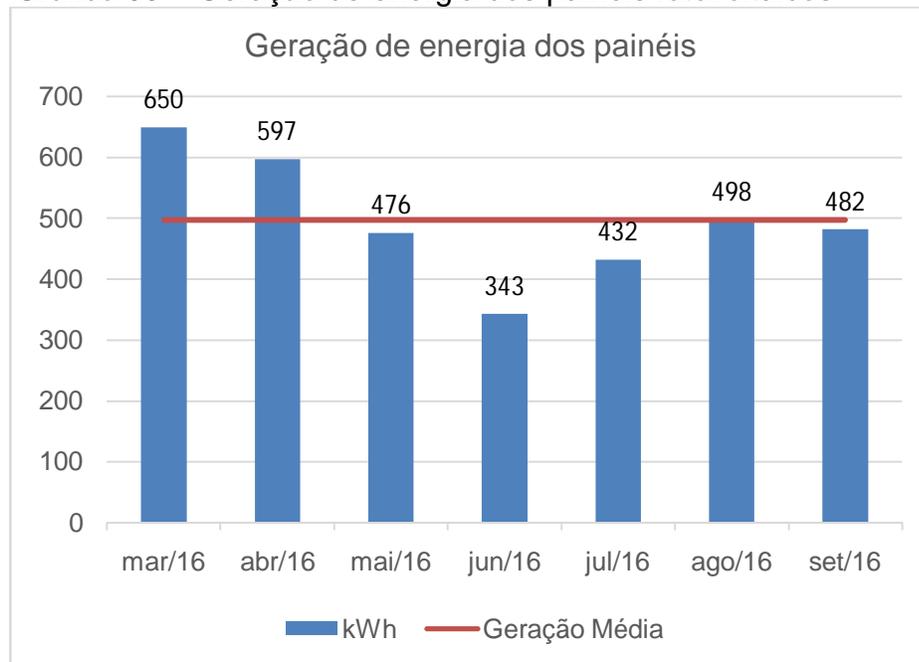


## 4 RESULTADOS

### 4.1 GERAÇÃO DE ENERGIA

O Gráfico 03 apresenta os valores gerados pelo sistema nos meses de março a setembro, assim como o valor considerado para o cálculo fluxo de caixa a partir do mês de outubro que foi de 496,86 kWh, esse valor corresponde à média de kWh gerado entre Março e Setembro.

Gráfico 03 – Geração de energia dos painéis fotovoltaicos



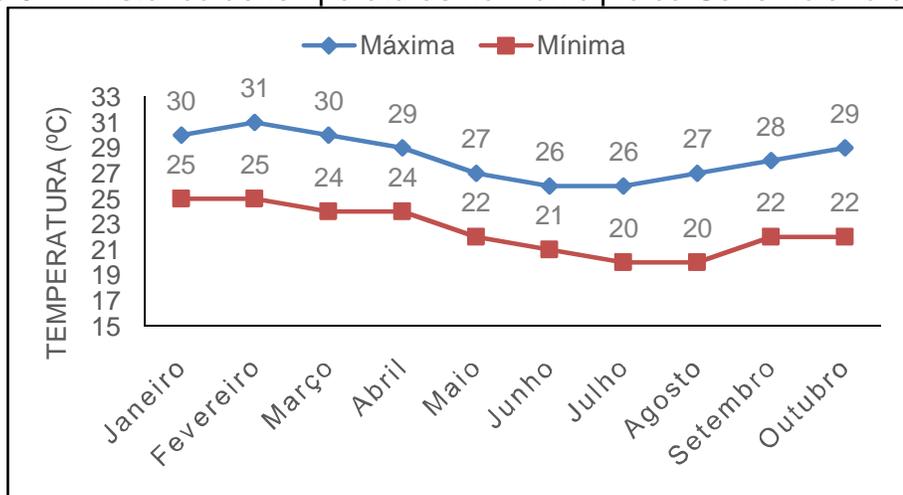
Fonte: Adaptado de HL Iluminação (2016).

Percebe-se que no primeiro mês da real eficiência do projeto houve maior índice de geração como um todo. E também nos meses de abril, agosto e setembro, a geração de energia através do sistema foi maior comparada aos outros meses, isso devido à maior incidência solar no município da Serra-ES.

Já o Gráfico 04 mostra o histórico das temperaturas no município da Serra no ano de 2016. Observa-se que no mês de março, onde houve a maior geração de kWh de

energia, a temperatura ficou entre mínimo de 24° e máxima de 30°. Já no mês de junho, onde houve menor geração a temperatura variou entre 21° e 26°.

Gráfico 04 – Histórico de temperaturas no município da Serra no ano de 2016.



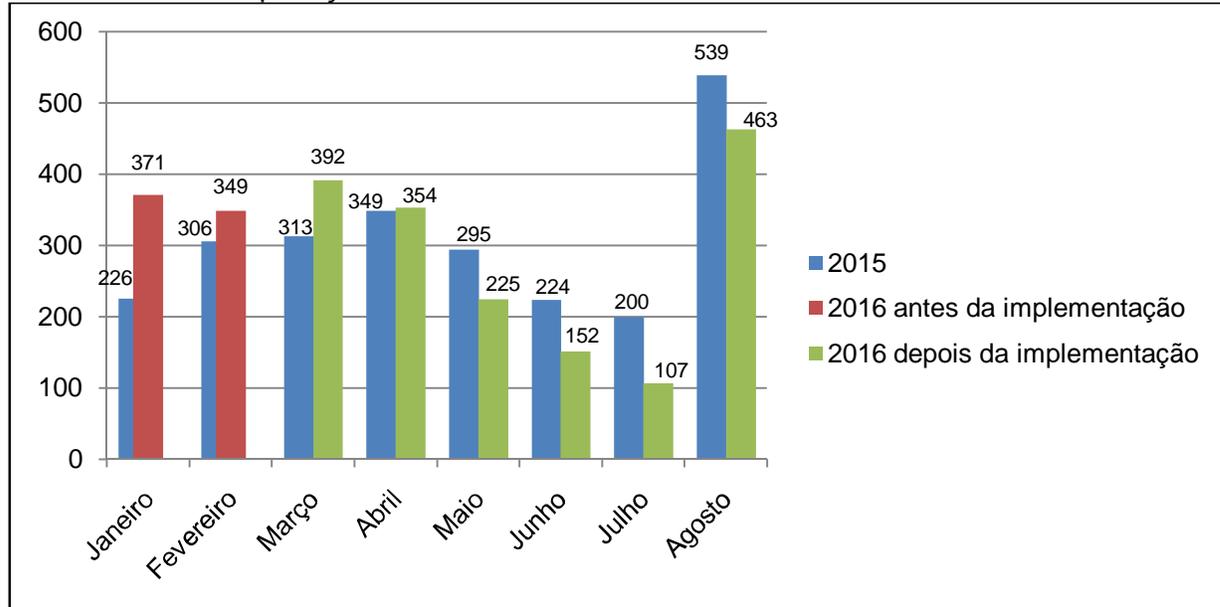
Fonte: MSN Clima (2016).

Isso se explica, pois, a localidade influencia na geração e os fatores de temperatura e umidade também exercem influência sobre geração de energia fotovoltaica. Através dessas vertentes conclui-se que elas influenciam diretamente na eficiência do sistema fotovoltaico implantado.

#### 4.2 COMPARAÇÃO DE CONSUMO

O Gráfico 05 mostra a comparação do consumo em kWh nos meses de 2015 e 2016. Diante disso conclui-se que depois da implantação do sistema fotovoltaico o consumo reduziu significativamente, considerando que após a instalação do sistema, novos equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos foram instalados. Analisando o consumo do ano de 2015, esse galpão necessita em média de 306,50 kWh/mês de energia. O sistema instalado consegue gerar o equivalente a 650 kWh/mês. Através dessa comparação chega-se à conclusão de que houve um superdimensionamento do sistema, podendo o sistema ter sido projetado para 350 kWh/mês.

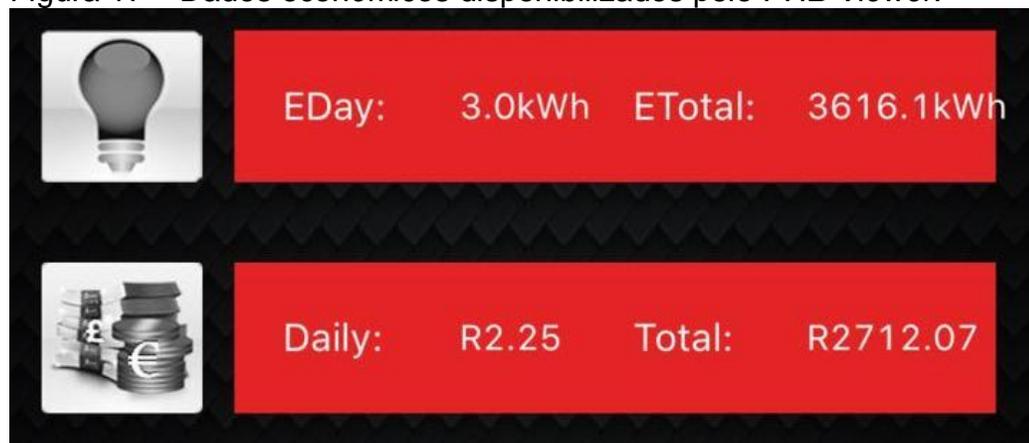
Gráfico 05 – Comparação de consumo.



Fonte: Adaptado de HL Iluminação (2016).

Além disso, o sistema desde sua implantação gerou o equivalente a 3616 kWh de energia, e ainda gerou uma economia de R\$2.712,07. Esses valores foram extraídos do aplicativo de monitoramento do sistema – PHB Viewer, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Dados econômicos disponibilizados pelo PHB Viewer.



Fonte: PHB Viewer (2016).

### 4.3 ANÁLISE ECONÔMICA

O cálculo para o valor do fluxo de caixa líquido deu-se pela subtração do valor de energia gerado pelo sistema, pela quantidade cobrada pela Escelsa referente o custo de disponibilidade (100 kWh), multiplicando assim o resultado dessa operação pela base de cálculo da Escelsa (R\$0,73).

Para cálculo do payback simples fez-se o cálculo acumulado do fluxo de caixa, somando os fluxos futuros de caixa mês a mês, até que o custo inicial foi coberto. No caso do fluxo projetado para o investimento citado no estudo, o tempo de retorno desse investimento foi de 8,6 anos.

Porém, na prática, o payback simples não é muito usual porque não leva em consideração uma taxa de juros para correção do dinheiro no tempo, portanto calculou-se também o payback descontado. Essa prática leva em consideração uma taxa de juros para trazer o fluxo de caixa a valor presente. No caso apresentado a taxa de juros considerada foi 0,57%, essa taxa é referente a média da inflação entre os meses de janeiro a agosto de 2016. Para regra do payback descontado, o cálculo do tempo de retorno desse investimento foi de 13 anos.

A regra do payback diz que um investimento é aceitável se o tempo de retorno do investimento for menor do que um número predeterminado do tempo. No caso apresentado, a empresa havia predeterminado um retorno de 6 anos, porém, após a implantação do sistema foi possível identificar que esse cálculo não corresponde a realidade, já que se tem os dados reais de geração do sistema, e no projeto foram apenas levantadas hipóteses de demanda de consumo.

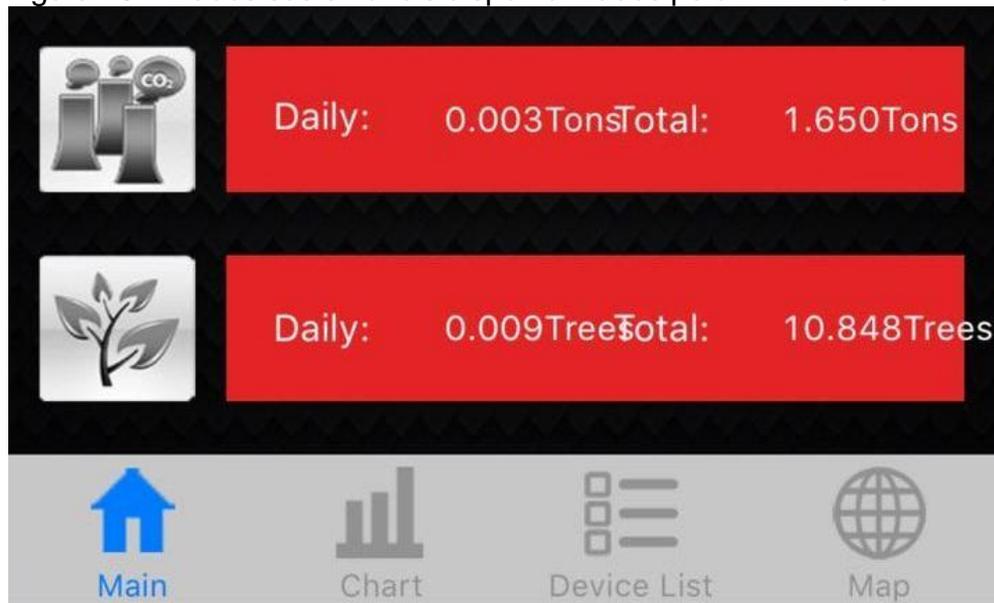
Levando em consideração o período de retorno do investimento diante da regra do payback descontado, esse projeto apresentou alguns, pois são 7 (sete) anos de diferença entre o que foi projetado pela empresa e pelos cálculos reais após a implantação. É claro que daqui para frente o sistema pode apresentar maior eficiência, já que para cálculo do fluxo de caixa usou-se um valor médio para os meses seguintes.

Devido ao longo período de retorno para o projeto, não foram calculados o VPL e TIR.

#### 4.4 ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE

A escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental é primordial para que um sistema seja considerado sustentável. A partir de dados extraídos do aplicativo *PHB Viewer*, apresentados na Figura 18, foi possível identificar algumas características consideradas sustentáveis.

Figura 18 – Dados sustentáveis disponibilizados pelo PHB Viewer.



Fonte: PHB Viewer (2016).

Sabe-se que o CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono) contribui diretamente para o aquecimento global, além de ser um dos principais causadores do efeito estufa. A partir de sua implantação, a quantidade de CO<sub>2</sub> que deixou de ser despejada na atmosfera equivale a 1.650 toneladas, esse registro foi feito no final do mês de setembro. Isso acontece porque a energia solar fotovoltaica é uma energia limpa e renovável.

Além disso, o correspondente à 10.848 árvores deixaram de ser desmatadas, o que é bom para o clima do país e também para o setor de economia. O desmatamento pode reduzir significativamente a quantidade de energia gerada pelas hidrelétricas.

As florestas são fundamentais para a biodiversidade, além de beneficiar a produção de energia. A conservação das árvores, florestas, são de extrema importância pois estas estão sempre injetando umidade na atmosfera, o que no final se transforma em chuva e alimenta os córregos.

A respeito do que foi proposto por Manzini e Vezzoli (2011) as escolhas de fontes energéticas com baixo impacto ambiental presentes nos sistemas fotovoltaicos são destacadas a seguir:

- **Escolher fontes energéticas renováveis** – O Sol é uma fonte de energia inesgotável, possui baixo impacto ambiental pois possui capacidade de regeneração por meios naturais.
- **Escolher fontes energéticas locais** – uma grande quantidade de radiação solar é emitida sobre o planeta todos os dias, sendo assim, todos podem usufruir dessa fonte de energia. É certo que alguns locais possuem maior incidência solar, o Brasil por exemplo, é um País tropical com forte incidência solar, o que favorece e viabiliza a aplicação da energia solar fotovoltaica como fonte para geração de energia elétrica.
- **Escolher fontes energéticas que minimizem as emissões nocivas durante a fase de distribuição** – a geração fotovoltaica é considerada uma fonte limpa, pois não polui, não gera resíduo, não altera o equilíbrio da biosfera, contribui para redução do aquecimento global e efeito estufa.

## 5 CONCLUSÃO

A introdução de fontes renováveis tem sido cada vez mais necessária na matriz energética brasileira devido ao aumento da demanda de consumo de energia elétrica, além dos problemas ambientais ocasionados pela queima de combustíveis fósseis. A necessidade de geração de energia com baixo impacto ambiental, tornou-se um objetivo e um desafio para a sociedade. Uma das alternativas que apresenta essa característica é a energia solar fotovoltaica, essa fonte de energia desempenha um papel importante na preservação ambiental e atua na disseminação da inclusão social.

Quanto a análise desse projeto é possível concluir que o estudo proposto apresentou alguns erros durante sua fase de concepção. Isso se explica devido ao fato de a empresa ter projetado o retorno do seu investimento para um período de 6 anos, porém, após cálculos e análises, foi identificado que para um retorno de investimento descontado (payback descontado) esse período passou a ser de 13 anos. Isso não quer dizer que a implantação do sistema seja inviável, pois se considerar que a vida útil de um sistema fotovoltaico é de aproximadamente 25 anos, então o projeto não pode ser considerado inviável, na verdade, isso depende do ponto de vista da empresa, pois a regra do payback diz que se o prazo de recuperação do investimento for aceito pelos proprietários da empresa então o projeto será executado.

Quanto aos aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável, é possível assegurar que essa fonte de energia utiliza materiais e fontes de baixo impacto ambiental, além de não gerar poluentes e nem ruídos, não alterar o equilíbrio da biosfera, não utilizar combustíveis fósseis, entre outros. Vale destacar que a sustentabilidade é de fundamental importância para o sucesso de um empreendimento, e que ela busca equilibrar meio ambiente, finanças e sociedade. Os resultados advindos dos aspectos ambientais da implantação do sistema foram bastante favoráveis.

Por fim, a energia solar fotovoltaica é uma fonte que merece destaque e que vai se inserir cada vez mais na matriz energética brasileira. O futuro da energia sustentável é o grande desafio do século XXI.

Como sugestão de trabalhos futuros propõe-se: Fazer estudos desde o início da concepção do projeto até sua implementação e avaliar novas tecnologias, como por exemplo, o Spin Cell.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Advanced Financial Network. 2016. Disponível em: < <http://br.advfn.com/>> Acesso em: 01 Out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife: Grupo de pesquisa em fontes alternativas de energia, 2000.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, Empresa de Pesquisa energética, Brasília, p. 14-15, 2015.

BARBOSA, Christina; et al. **Gerenciamento de custos em projetos**. 5 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2014.

BENEDITO, Ricardo da Silva. **Caraterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de pós graduação em energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Micro e mini geração distribuída: Sistema de compensação de energia elétrica. 2 edição. Maio, 2016.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012. p. 1.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa nº 687, de 24 de Novembro de 2015. p. 1.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa de desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia elétrica: ações de estímulo à geração distribuída, com base em fontes renováveis, 15 de Dezembro de 2015.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x Viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente**. Goiânia-GO, p. 9, 19 a 22/11/2012.

COELHO, Daniel. Como funciona a energia solar fotovoltaica. P. 3-4, 2014. Disponível em: <[https://issuu.com/rooseweltsleitedeandrade/docs/download-8266-\\_escola\\_da\\_energia\\_\\_c](https://issuu.com/rooseweltsleitedeandrade/docs/download-8266-_escola_da_energia__c)> Acesso em 06/07/2016.

COELHO, Roberto Francisco. **Estudo dos conversores Buck e Boost aplicados ao rastreamento de máxima potência de sistemas solares fotovoltaicos**. 2008. 198 f.

Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia elétrica) – Instituto de eletrônica de potência, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CONGRESSO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 3, 2010, Paraná.

**Desenvolvimento sustentável e a geração de energia elétrica a partir da transformação de energia solar.** Paraná: CONCISA, 2010. Disponível em: <[http://anais.unicentro.br/concisa/iiiconcisa/pdf/resumo\\_99.pdf](http://anais.unicentro.br/concisa/iiiconcisa/pdf/resumo_99.pdf)> Acesso em 20 Out. 2016.

DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A ANERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL, Fundo Mundial para a Natureza. Brasília, p. 5-6, 2015. Disponível em: <[http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/15\\_6\\_2015\\_wwf\\_energ\\_solar\\_final\\_web\\_3.pdf](http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/15_6_2015_wwf_energ_solar_final_web_3.pdf)> Acesso em: 10 jun. 2016

DIEGUES, Antonio Carlos. **Sociedades e comunidades sustentáveis.** São Paulo, p. 1, 2003.

ENCONTRO CIENTÍFICO E SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO, 3, 2011, Lins – São Paulo. Educação e Pesquisa: a produção do conhecimento e a formação de pesquisadores. Lins: Unisalesiano, 2011.

FRAIDENRAICH, Naum; LYRA, Francisco. **Energia Solar. Fundamentos e tecnologias de conversão heliotermoelétrica e fotovoltaica.** Pernambuco: Universitária da UFPE, 1995.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.** 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Instituto politécnico de Bragança, Escola superior de tecnologia e gestão, Portugal, 2008.

JORDAN, Ross Westerfield. **Fundamentos de administração financeira.** 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

MAGNOLI, Demétrio; SCALZARETTO, Reinaldo. **Geografia: espaço, cultura e cidadania.** 1 ed. São Paulo: Moderna, 1998.

MANZINI, Ezio; VVEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** 1 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica.** 6ª edição. São Paulo: Atlas S.A., 2011.

MENEZES, Luís Cesar de Moura. **Gestão de projetos.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MOLINARI, Leonardo. **Gestão de projetos: técnicas e práticas com ênfase em web.** 1 ed. Rio de Janeiro: Érica, 2010.

MOTTA, Regis da Rocha; CALOBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais.** São Paulo: Atlas, 2002.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** 2004. 21 f. Monografia (Pós graduação Lato-Sensu em Fontes Alternativas de energia) – Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

NETO, Alexandre Assaf; LIMA, Fabiano Guasti. **Fundamentos de administração financeira.** 2 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2014.

NOVA, Antonio Carlos Bôa. **Energia e classes sociais no Brasil.** São Paulo: Loyola, 1985.

PANORAMA ENERGÉTICO: PERSPECTIVAS PARA 2040 – DESTAQUES. Disponível em: <<http://exxonmobil.com.br/Brazil-Portuguese/PA/Files/PanoramaEnergetico2014.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2016.  
PEREIRA, O. L.; GONÇALVES, F. F. Dimensionamento de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica: Estudo de Caso do Sistema de Tubarão-SC. **Revista Brasileira de Energia**, Santa Catarina, 2008, p. 25-45, 2008.

PHB Solar. 2016. Disponível em: <<http://www.phb.com.br/solar.aspx>> Acesso em: 30 Set 2016.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CRESESB: Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)> Acesso em 01 jun. 2016.

PRADO, Darci; MIGLIOLI, José. **Gerenciamento de portfólios, programas e projetos nas organizações.** 6 ed. Nova Lima: Falconi, 2016.

PRADO, Darci; MIGLIOLI, José. **Gerenciamento de portfólios, programas e projetos nas organizações.** 6 ed. Nova Lima: Falconi, 2016.

REAL Solar: Energia renovável do Brasil. [20--]. Disponível em: <<http://real-solar.com/como-funciona.php>>. Acesso em: 20/10/2016.

REBOLLAR, Paola Beatriz May; RODRIGUES, Paulo Roberto. **Energias renováveis, energia solar.** Unisul, 2011.

REIS, Edmilson Pedreira dos. **Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar utilizando coletor com superfície absorvedora em chapas de**

**forro de PVC.** 2009. 84 f. Dissertação ( Mestre em Engenharia Mecânica) – Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Salvador, 2009.

RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA, Ministério de Minas e Energia, Brasília, p. 6-31, Maio de 2016. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+%28PDF%29/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4?version=1.0.>> Acesso em: 05 jun.2016.

RODRIGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída:** o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. 2002. 135 f. Dissertação de mestrado (Mestre em planejamento de sistemas energéticos) – Comissão de pós graduação em engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ROMERO, Thaigo. Pesquisa do Inpe e Nasa mostra regiões do mundo com maior incidência de raios. 2003. Disponível em: <[http://agencia.fapesp.br/pesquisa\\_do\\_inpe\\_e\\_nasa\\_mostra\\_regioes\\_do\\_mundo\\_com\\_maior\\_incidencia\\_de\\_raios/295/](http://agencia.fapesp.br/pesquisa_do_inpe_e_nasa_mostra_regioes_do_mundo_com_maior_incidencia_de_raios/295/)> Acesso em: 02 set. 2016.

SÁLES, Isolda Cíntia Ferreira de. **Análise da substituição do chuveiro elétrico por aquecedor solar:** uma contribuição ao setor elétrico na conservação de energia. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Unidade acadêmica centro de tecnologia curso de pós graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

SCARLATO, Francisco C.; PONTIN, Joel A. **Energia para o século XXI.** São Paulo: Ática, 1998.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2006, Brasília. **Políticas públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio. Brasília, 2006.** 2006. P. 4-5. Disponível em <[http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/sbpe\\_2006.pdf](http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/sbpe_2006.pdf)> Acesso em 18 set. 2016.

SILVA, Edna Lúcia; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da pesquisa e Elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Jair Machado da. **Aproveitamento de energia residual do processo de geração fotovoltaica, utilizando termoeletricidade.** 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em automação industrial) – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, Universidade de Taubaté, São Paulo, 2010.

SOUZA, Ronilson di. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica**. São Paulo: Blue Sol. Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2016.

TOFOLI, Irso. *Administração financeira empresarial: uma tratativa prática*. Campinas (SP): Arte Brasil, 2008. 191p.

TOLMASQUIM, Mauricio T. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

VARGAS, Ricardo. **Gerenciamento de projetos**: estabelecendo diferenciais competitivos. 7 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações. 1 ed. São Paulo: Érica Ltda, 2013.

WESTON, J.Fred; BRIGHAM, Eugene F. **Fundamentos da administração financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.