



**UNIFACS**

UNIVERSIDADE SALVADOR

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES\*

**MESTRADO EM ENERGIA**

**MARCUS VINNICIUS SOARES DIAS**

**SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO ELÉTRICA NA UNIVERSIDADE DA  
INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA –  
UNILAB, CAMPUS DOS MALÊS**

Salvador  
2016

**MARCUS VINNICIUS SOARES DIAS**

**SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO ELÉTRICA NA UNIVERSIDADE DA  
INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA –  
UNILAB, CAMPUS DOS MALÊS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Energia, Mestrado Profissional em Energia da Universidade Salvador – UNIFACS, Laureate International Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos.

Salvador  
2016

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade Salvador,  
Laureate International Universities.

Dias, Marcus Vinnicius Soares.

D447 Sistema fotovoltaico de geração elétrica na Universidade da Integração  
Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – UNILAB, Campus dos Malês /  
Marcus Vinnicius Soares Dias. – Salvador, 2016.

109 f. : il. ; 30 cm

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado  
em Regulação da Indústria de Energia, UNIFACS, Laureate International  
Universities, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo S. Araújo dos Anjos.

1. Sistemas de energia fotovoltaica. 2. Usinas heliotérmicas. 3. Energia  
solar. 4. Sistema de força fotovoltaica. I. Anjos, José Ângelo S. Araújo. II.  
Universidade Salvador. III. Título.

CDD 621.47

SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO ELÉTRICA NA UNIVERSIDADE DA  
INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA – UNILAB,  
CAMPUS DOS MALÊS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da UNIFACS Universidade Salvador - Laureate International Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre e aprovada pela seguinte banca examinadora:

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos - Orientador - \_\_\_\_\_  
Doutor em Engenharia Mineral pela Universidade de São Paulo, Brasil  
UNIFACS Universidade Salvador - Laureate International Universities

Kleber Freire da Silva \_\_\_\_\_  
Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo, Brasil  
UNIFACS Universidade Salvador - Laureate International Universities

Evangivaldo Almeida Lima \_\_\_\_\_  
Doutor em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Salvador, 27 de abril de 2016

Dedico este trabalho a meus queridos pais,  
Antonio e Marialva, verdadeiros faróis em  
nosso caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer é antes de tudo um ato de reconhecimento. Assim os meus mais especiais agradecimentos a todos que contribuíram para mais esta conquista em minha tão breve escalada em busca da verdade, principalmente meus pais, Antonio e Marialva, meus irmãos e, o Grande Pai Todo Poderoso. Obrigado.

A história do desenvolvimento da sociedade moderna está intimamente interligada com a história do desenvolvimento da energia e o seu impacto sobre os ambientes naturais, sociais e econômicos.

John Ashe – Presidente da Assembleia Geral das Nações Unidas (2013)

## RESUMO

A diversificação da matriz energética brasileira, só tem sentido se investir de maneira proporcional em todas as alternativas de Fontes Renováveis de Energia disponíveis. Em 2014, a Matriz Energética Nacional apresentava uma concentração de 60% no uso da geração hidráulica, indicando por consequência, forte dependência em investimentos de grandes obras de engenharia necessárias à construção de usinas hidrelétricas. Por suas características de geração, a produção de energia solar a partir de painéis fotovoltaicos, não implica necessariamente em tão altos investimentos, já que em se tratando de geração distribuída, a geração pode ocorrer no mesmo ambiente do consumo. A compreensão de que as Instituições de Ensino Superior públicas federais podem constituir uma rede de grande penetração no território brasileiro, sob um olhar estratégico nas políticas energéticas de microgeração distribuída, deve ser considerada como um elemento fundamental tanto para o uso da energia solar a partir da geração fotovoltaica, quanto no aporte gerador que o conjunto dessas instituições poderá oferecer ao sistema elétrico nacional. Acrescente-se a necessidade do aumento da participação da geração fotovoltaica na matriz energética brasileira, aproveitando-se do grande potencial de irradiação assinalado no país versus a redução do uso de termelétricas devido ao seu caráter poluidor e de alto custo tanto econômico quanto ambiental na geração. A Proposição do uso da energia com geração fotovoltaica tendo como geradores as Instituições de Ensino Superior públicas federais em nível nacional, contribuirá para a política energética brasileira. Os resultados encontrados nas análises feitas na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, a primeira que incorporará o conceito de Célula de Back-up, mostram que é possível a implantação de um sistema de geração solar com tecnologia fotovoltaica capaz de suprir-lhe a demanda e o excedente da carga ser injetado no sistema. Anotou-se, portanto, um pay-back médio de 7,9 anos com uma economia total da ordem de um milhão e quatrocentos mil reais em média. A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira será a instituição que na vanguarda dos centros acadêmicos de ensino superior federais e perante o sistema elétrico nacional, promoverá a aplicação do conceito de Célula de *Back-up*.

**Palavras-chave:** Sistemas de energia fotovoltaica. Usinas heliotérmicas. Energia solar. Sistema de força fotovoltaica.



## ABSTRACT

The diversification of the Brazilian energy matrix, it only makes sense to invest proportionally in all renewable sources of alternative energy available. In 2014, the National Energy Matrix had a concentration of 60% in the use of hydraulic generation, indicating therefore heavily dependent on investment from large engineering works necessary for the construction of hydroelectric plants. For its generation characteristics, production of solar energy from photovoltaic panels, does not necessarily imply such high investments, as in the case of distributed generation, the generation can occur in the same environment of consumption. The realization that the institutions of federal public higher education can be a network of high penetration in Brazil, under a strategic look at the energy policies of distributed microgeneration, should be considered as a key element for both the use of solar energy from the photovoltaic generation, as the generator contribution that all these institutions can offer to the national grid. Add to this the need to increase the participation of photovoltaic generation in the Brazilian energy matrix, taking advantage of the great potential of irradiation indicated in the country versus the reduced use of thermal power plants due to its polluting nature and high cost both economic and environmental generation . Proposition energy use with photovoltaic generation taking as generators federal public higher education institutions at the national level will contribute to Brazil's energy policy. The results in the analyzes made at the University of International Integration Lusophone African-Brazilian, the first to incorporate the concept of back-up cell, show that the implementation of a solar generation system with photovoltaic technology able to supply you can demand and the load surplus be injected into the system. He noted it is therefore an average payback of 7.9 years with a total savings of one million four hundred thousand reais on average. The University of International Integration Lusophone African-Brazilian is the institution at the forefront of academic centers of federal higher education and to the national electricity system, promote the application of the concept of back-up cell.

**Keywords:** Photovoltaic energy systems. Heliothermic plants. Solar energy. Photovoltaic power system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista do alto do canteiro de obras da Usina de Belo Monte .....	23
Figura 2 - Canteiro de obras da Usina de Belo Monte.....	24
Figura 3 - Representação dos países parceiros de Língua Portuguesa .....	28
Figura 4 - Posicionamento geográfico da Unilab, no Maciço do Baturité.....	29
Figura 5 - Sede da CPLP, em Lisboa.....	30
Figura 6 - Campus da Liberdade no dia de início das atividades acadêmicas da UNILAB .....	33
Figura 7 - A cidade de São Francisco do Conde e a Unilab .....	34
Figura 8 - Prédio do Campus dos Malês.....	34
Figura 9 - Localização do Município de São Francisco do Conde.....	35
Figura 10 - <i>Ranking</i> do Município de São Francisco do Conde (BA) de acordo com o IDHM .....	36
Figura 11 - Programa habitacional Minha Casa Minha Vida, em Juazeiro-BA .....	38
Figura 12 - Capacidade instalada fotovoltaica em âmbito mundial.....	39
Figura 13 - Evolução da potência fotovoltaica .....	40
Figura 14 - Emissões de CO <sub>2</sub> , nos anos de 2013 e 2014.....	42
Figura 15 - Capacidade instalada de energia fotovoltaica por ranking de países .....	44
Figura 16 - Eficiência dos diferentes tipos de célula fotovoltaica .....	50
Figura 17 - Políticas de Incentivo para FRE.....	54
Figura 18 - Distribuição das fontes de geração elétrica no Brasil .....	59
Figura 19 - Oferta de energia no cenário brasileiro de 2014 .....	60
Figura 20 - Termelétricas por fonte no cenário brasileiro de 2014 .....	61
Figura 21 - Matriz elétrica nacional.....	61
Figura 22 - Radiação por região do Brasil. (Atlas Brasileiro de energia Solar) .....	63
Figura 23 - Comparativo de áreas com os melhores índices de irradiação solar, no Brasil e no Mundo.....	64
Figura 24 - Radiação solar sobre o território brasileiro .....	65
Figura 25 - Valores em Reais da Renda per capita por região do Brasil .....	67
Figura 26 - Insolação diária, média anual.....	68
Figura 27 - Irradiação total em plano cuja inclinação é igual à latitude do local .....	69
Figura 28 - Custo de produção .....	70
Figura 29 - Atlas Solarimétrico do Brasil.....	71
Figura 30 - Região na Bahia com maior potencial fotovoltaico .....	72
Figura 31 - Prédio do Campus dos Malês.....	75
Figura 32 - Planta de situação do Campus dos Malês .....	76
Figura 33 - Pay-back da proposta da 1ª empresa.....	79

Figura 34 - Pay-back da proposta da 2ª empresa.....	80
Figura 35 - Gráfico de investimento ao longo do tempo da 2ª empresa.....	80
Figura 36 - Gráfico de investimento ao longo do tempo da 1ª empresa.....	81

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Dados socioeconômicos de São Francisco do Conde .....	37
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia .....	41
Tabela 2 - Capacidade instalada no Brasil por fonte .....	42
Tabela 3 - Capacidade instalada em megawatt.....	44
Tabela 4 - Potência Instalada Por Fonte .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Eletro - Eletrônica
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
AULP	Associação das Universidades de Língua Portuguesa
AWEA	<i>American Wind Energy Association</i>
BP	<i>British Petroleum</i>
CA	Corrente Alternada
CB	Células de <i>Backup</i>
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CC	Corrente Contínua
CEA	Companhia de Eletricidade do Amapá
CEAL	Companhia Energética de Alagoas
CEAM	Companhia Energética do Amazonas
CEB	Companhia Energética de Brasília
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
CELG	Companhia Energética de Goiás
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CELTINS	Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CEMAT	Centrais Elétricas Matogrossenses

CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica/Eletrobrás
CEPISA	Companhia Energética do Piauí
CER	Companhia Energética de Roraima
CERJ	Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro
CERON	Centrais Elétricas de Rondônia S/A
CERPCH	Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CPEE	Companhia Paulista de Energia Elétrica
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CPRM	Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais
CRESESB	Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
DOE	<i>Department of Energy</i> (Departamento Americano de Energia)
EFE	Escola Federal de Engenharia de Itajubá
ELETROACRE	Companhia de Eletricidade do Acre
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas do Brasil S/A
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil
ELETROPAULO	Metropolitana Eletricidade de São Paulo

EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A
ENERGIPE	Empresa Energética de Sergipe S/A
ENERSUL	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas S/A
FRE	Fontes Renováveis de Energia
GD	Geração Distribuída
GE	<i>General Electric Company</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GERASUL	Centrais Geradoras do Sul do Brasil S. A.
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GREEN	Grupo de Estudos em Energia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia)
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia
IES	Instituição de Ensino Superior
IILP	Instituição Internacional de Língua Portuguesa
INB	Indústrias Nucleares Brasileiras
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LABSOLAR	Laboratório de Energia Solar
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIPE	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético/Unicamp



NREL	National Renewable Energy Laboratory/DOE
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE	Oferta Interna de Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OUA	Organização da Unidade Africana
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PIE	Produtor Independente de Energia
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no sistema Elétrico Nacional
PUC	Pontifícia Universidade Católica
REUNI	Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
SAELPA	S.A. de Eletrificação da Paraíba
SFCRS	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assessment
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	Usina Hidrelétrica
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNILAB	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
1.1 PROBLEMA .....	24
1.2 HIPÓTESE .....	25
1.3 JUSTIFICATIVA .....	25
1.4 OBJETIVOS .....	26
<b>1.4.1 Objetivo geral.....</b>	<b>26</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>26</b>
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	27
<b>2 A UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA.....</b>	<b>28</b>
2.1 COMUNIDADE DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA.....	29
2.2 ASSOCIAÇÃO DAS UNIVERSIDADES DE LÍNGUA PORTUGUESA (AULP).....	31
2.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS .....	32
<b>3 ENERGIA FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>38</b>
3.1 A FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA E O BRASIL .....	40
3.2 CONTEXTO GLOBAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	43
3.3 ENERGIAS RENOVÁVEIS: ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	45
3.4 HISTÓRICO - DEFINIÇÕES .....	46
3.5 A CONJUNTURA DO SETOR DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	47
3.6 EFEITO FOTOVOLTAICO E OS SEMICONDUTORES.....	48
3.7 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	51
<b>4 PROGRAMAS DE INCENTIVOS Á PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>54</b>

4.1 PRODEEM .....	55
4.2 CHAMADA PÚBLICA Nº 013/2011 .....	55
4.3 RESOLUÇÃO 482 .....	56
4.4 PRODIST.....	57
4.5 RESOLUÇÃO 517 .....	58
4.6 OUTRAS INICIATIVAS .....	58
<b>5 POTENCIAL SOLAR DA REGIÃO NORDESTE.....</b>	<b>59</b>
5.1 CONJUNTURA ENERGÉTICA BRASILEIRA .....	59
5.2 POTENCIAL SOLAR DO BRASIL .....	63
5.3 POTENCIAL SOLAR DO NORDESTE .....	66
<b>6 ESTUDO ECONOMICO DE IMPLANTAÇÃO DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO NO CAMPUS DOS MALÊS.....</b>	<b>74</b>
6.1 OS MALÊS.....	74
6.2 ASPECTOS FISICOS DO CAMPUS DOS MALÊS.....	74
6.3 A CÉLULA DE BACK-UP.....	77
6.4 O PROJETO DA CENTRAL FOTOVOLTAICA - DETALHES .....	78
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO A - PROPOSTA TÉCNICA COMERCIAL .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO B - PROPOSTA COMERCIAL – GERADOR FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A função social das Instituições de Ensino Superior (IES) extrapola os limites do espaço territorial que ocupam, mais que isso, atinge fronteiras tão distantes quanto mais longe pode alcançar o conhecimento humano. Por outro lado, também interagem, transformam e reescrevem a vida e a história das comunidades onde estão inseridas e devem, invariavelmente, trazer o desenvolvimento, a evolução e por que não dizer, a revolução de padrões, ideias e relações dessas sociedades com suas próprias realidades, a interrelação com outras, a solução para problemas e novas possibilidades de ação dentro de um contexto social, econômico e político.

Enquanto ente que traz em si um caráter transformador, deverá também agir garantia da inovação, introduzindo novos paradigmas, ofertando ao mesmo tempo propostas reais de interação com a realidade, tais como soluções para problemas ligados ao aumento da qualidade de vida, melhoria da infraestrutura e mesmo equacionamento de problemas estratégicos como acesso a água potável, moradia e energia elétrica.

As questões energéticas representam um dos aspectos intrínsecos do desenvolvimento das comunidades e perpassam por aspectos ligados, por exemplo, às Fontes Renováveis de Energia (FRE) a serem exploradas, as tecnologias disponíveis e as que precisam ser aprimoradas, por meio da pesquisa de novos métodos de geração, principalmente, porque, a política energética é um tema estratégico em todo o mundo e serve de base para o crescimento e desenvolvimento da sociedade (LANDEIRA, 2013).

A escolha por FRE é o apelo mundial à redução da emissão de gases de efeito estufa, que provocam a alteração do clima global. As fontes não renováveis e fósseis, como o petróleo, são grandes responsáveis pelo desequilíbrio ambiental e o desafio proposto pela redução do uso dessas fontes é o de garantir uma oferta na mesma escala e compatível com a crescente demanda a partir das renováveis. É fato que o planejamento energético possui grande relevância socioeconômica, sobretudo quando 81% da energia elétrica consumida no mundo é originária de combustíveis fósseis (IEA, 2012).

Este trabalho de pesquisa apresenta um estudo de como as IES públicas podem se tornar um instrumento importante dentro do cenário energético nacional. Por oferecerem espaço físico e por estarem espalhadas por todo o território nacional, as IES públicas podem dispor de seus espaços (prédios, telhados, estacionamentos, áreas contíguas, etc) para a instalação de sistemas de geração fotovoltaicos. O objeto de estudo encontra-se no nordeste brasileiro, no Recôncavo Bahiano, sendo dessa forma, a primeira IES pública federal a propor um projeto de

microgeração que atenda a sua demanda e com produção de excedente a ser injetado na rede, é o *campus* fora de sede da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), situado no município de São Francisco do Conde, na Bahia.

Figura 1 - Vista do alto do canteiro de obras da Usina de Belo Monte



Fonte: Obras... (2013).

A Unilab, Campus dos Malês, será a primeira IES pública federal em que o conceito de Célula de *Back-up*, trazido nesta pesquisa, será aplicado. Com esse projeto implantado, a política energética brasileira terá um novo instrumento de grande alcance nacional, que dará um suporte para as diversas regiões em que se encontre IES públicas federais. A produção elétrica tendo como fonte a geração solar por placas fotovoltaicas, por sua vez, será impulsionada pelo aumento de mercado consumidor e pelo incentivo de novos projetos de pesquisa e inovação no campo tecnológico de geração fotovoltaica.

Figura 2 - Canteiro de obras da Usina de Belo Monte



Fonte: Obras... (2013).

A pesquisa reúne dados e análises relacionados à utilização de microgeração de energia a partir da tecnologia fotovoltaica utilizando os espaços disponíveis da UNILAB, Campus dos Malês, identificando, mensurando e qualificando o potencial a ser explorado, além de apresentar uma proposta para um planejamento estratégico tendo as IES públicas federais como principal instrumento.

A principal questão levantada é como as IES públicas federais podem ser células de *back-up* em um sistema que opere de forma integrada? Esta pesquisa pretende responder a esta questão, inicialmente, entendendo-se por célula cada IES pública federal, que dentro de um contexto regional atuaria no sistema elétrico integrado da rede, como microgerador, atendendo a sua demanda interna e o excedente deveria ser injetando ao sistema controlado pela concessionária de energia elétrica orientada pelas diretrizes do Operador Nacional do Sistema (ONS).

## 1.1 PROBLEMA

A diversificação da matriz energética brasileira, só tem sentido se investir-se de maneira proporcional em todas as alternativas de FRE disponíveis. Nota-se que a geração hidráulica abarca um saldo de cerca de 60% (EPE, 2014) do total de energia gerada no país, indicando-se uma dependência no investimento de grandes obras de engenharia necessárias à construção de

usinas hidrelétricas como as de Belo Monte e Xingu, por exemplo, que consomem grandes recursos financeiros (R\$ 28,9 bilhões) associados aos impactos nos ecossistemas da região.

Diretamente ligado a este tipo de empreendimento hidroelétrico, está a construção de linhas de transmissão. As usinas produzem energia elétrica em regiões afastadas dos centros consumidores e por isso mesmo, a existência de linhas de transmissão é imprescindível, no caso, por exemplo, da usina de Belo Monte, no segundo semestre de 2015 o governo brasileiro realizou o leilão para contratação do segundo sistema de transmissão, somando um investimento da ordem de sete bilhões de Reais.

Como tornar a diversificação da matriz energética proporcional para as FRE disponíveis se não por meio de investimento em tecnologia e inovação? Devido à abundância de outros recursos naturais disponíveis e que não causariam necessariamente nenhum tipo de impacto ambiental, é que urge a necessidade de políticas governamentais que incentivem por exemplo a maior utilização do recurso solar.

De que forma, então, pode-se incentivar de maneira sustentável o uso da energia solar com a tecnologia fotovoltaica? Essa ação poderia partir inicialmente de geradores comprometidos com o desenvolvimento técnico-científico? Em outras palavras, o fomento por meio de políticas públicas de investimento no setor energético tendo como vetores as IES públicas federais teria efeito positivo na realidade nacional.

Por estarem espalhadas por todo o país e pelo fato de serem centros de pesquisa e desenvolvimento, as IES públicas federais são núcleos estratégicos em que a implementação da microgeração com tecnologia fotovoltaica ocorrerá de forma sustentável e inovadora, já que novos processos de conversão poderão ser desenvolvidos, melhorando o aporte tecnológico nacional e garantindo um incremento real de energia ao sistema nacional.

## 1.2 HIPÓTESE

É possível à UNILAB implantar um sistema de geração solar com tecnologia fotovoltaica capaz de suprir-lhe a demanda e injetar carga no sistema enquanto Célula de *Back-up*.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho de pesquisa foi motivado pelos pontos a seguir, os quais embasaram a escolha do tema e do seu objeto de estudo:

- a) A possibilidade do emprego de uma fonte de energia abundante, limpa e renovável, a qual o Brasil tem condições físicas e locais de aproveitamento;
- b) A compreensão de que as IES públicas federais podem constituir uma rede de grande penetração no território brasileiro, sob um olhar estratégico nas políticas energéticas de microgeração distribuída;
- c) A possibilidade de redução de custos de implantação de sistemas fotovoltaicos em função de políticas governamentais de incentivo e pelo desenvolvimento de novas tecnologias que poderão ser desenvolvidas no Brasil;
- d) A necessidade do aumento da participação da geração fotovoltaica na matriz energética brasileira, aproveitando-se do grande potencial de irradiação assinalado no país versus a redução do uso de termelétricas devido ao seu caráter poluidor e de alto custo tanto econômico quanto ambiental na geração;
- e) A redução dos custos de instalação de sistemas fotovoltaicos ocasionado por um aumento de produção e inserção de novos *players* no mercado, assim como de melhorias tecnológicas desenvolvidas no país;

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

- Propor o uso da energia solar através da geração fotovoltaica para IES pública federal em nível nacional, contribuindo para a política energética brasileira.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Levantar as características de demanda elétrica da UNILAB;
- b) Identificar aspectos peculiares que possibilitem a adoção da energia elétrica gerada a partir da tecnologia fotovoltaica como fonte alternativa de energia;
- c) Estimar, a partir de uma projeção, o custo-benefício com a implantação de um sistema fotovoltaico;
- d) Analisar, com base em cenários externo e interno, a viabilidade técnica e econômica de uma planta de microgeração a partir da fonte solar com painéis fotovoltaicos, conectada à rede, instalada em uma IES pública federal na cidade de São Francisco do Conde, na Bahia;



- e) Sugerir o uso do espaço físico da IES pública federal para a microgeração de energia fotovoltaica no atendimento de suas demandas internas e o excedente disponibilizar para o Sistema Nacional Integrado;
- f) Propor um modelo de participação das IES pública federal enquanto Células de *Back-up* (CB) do sistema elétrico local e/ou nacional;
- g) Avaliar possíveis resultados de geração de energia e financeiros obtidos para o objeto de estudo.

### 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No capítulo 1, faz-se a apresentação das principais questões da pesquisa.

No capítulo 2, faz-se um breve histórico da formação da UNILAB e sua importância no contexto regional em que está situada, bem como os aspectos peculiares dos Campus dos Malês.

No capítulo 3, expõe-se sobre a energia solar e sua utilização por meio da tecnologia fotovoltaica. Quando e como surgiu, as etapas de evolução e o atual cenário tecnológico da geração fotovoltaica.

No capítulo 4, são apresentados dados a respeito da participação das FRE no cenário energético brasileiro ligados à produção de energia elétrica e levanta-se um histórico relacionado ao estudo do fenômeno fotovoltaico e suas principais implicações.

No capítulo 5, esboça-se por meio de gráficos e mapas, as características sob as quais a pesquisa demonstra o imenso potencial solar do Brasil e mais especificamente, da região em que está situado o objeto de estudo. Propõe-se neste, a concatenação dos argumentos necessários para a validação da proposta de transformação do ambiente em que está instalada a IES pública federal em ferramenta para a ampliação do nível de importância da IES dentro de um contexto sócio-político e agora energético nacional.

No capítulo 6, estabelece-se parâmetros técnicos e econômicos que promovam referências necessárias a premissa de que é viável a implantação de um sistema fotovoltaico no Campus dos Malês. Apresenta-se dados comparativos e relacionais aos aspectos do processo de projeção e implantação de uma mini-usina fotovoltaica.

## 2 A UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira foi criada pela Lei n. 12.289, de 20 de julho de 2010, em atendimento às metas do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni). De acordo com o projeto original, a universidade deve ter a língua portuguesa como idioma comum e levar em conta cursos de formação pelos quais os países africanos parceiros têm maior interesse, como as licenciaturas em Ciências da Saúde, Física e Biologia, além de áreas como a Tecnologia, Engenharia, Administração e Agronomia.

Figura 3 - Representação dos países parceiros de Língua Portuguesa



Fonte: UNILAB (2015).

O estatuto da UNILAB em seu capítulo II, Da Missão, Princípios e Objetivos, Artigo 3º, apresenta os pilares sobre os quais está apoiada a sua missão de instituição internacional, a saber:

Produzir e disseminar o saber universal de modo a contribuir para o desenvolvimento social, cultural e econômico do Brasil e dos países de expressão em língua portuguesa – especialmente os africanos, estendendo-se progressivamente a outros países deste continente – por meio da formação de cidadãos com sólido conhecimento técnico,

científico e cultural e comprometidos com a necessidade de superação das desigualdades sociais e a preservação do meio ambiente. (UNILAB, 2015).

Tem como objetivos institucionais, trazidos pela Lei de implantação, n. 12.289/2010:

Ministrar ensino superior, desenvolver pesquisas nas diversas áreas de conhecimento e promover a extensão universitária, tendo como missão institucional específica formar recursos humanos para contribuir com a integração entre o Brasil e os demais países membros da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), especialmente os países africanos, bem como promover o desenvolvimento regional e o intercâmbio cultural, científico e educacional. (Lei n. 12.289/2010, art. 2º). (BRASIL, 2010).

A sede escolhida para a Unilab foi a cidade de Redenção (Figura 4), no estado do Ceará, no nordeste brasileiro, distante de Fortaleza 72 Km, na região conhecida como o Maciço do Baturité, possuindo à época uma população de 26.415 habitantes (IBGE, 2012).

Além desse campus também na mesma região, na cidade vizinha de Acarape estão o Campus de Redenção e, recentemente no ano de 2014, o Campus das Auroras, constituindo-se assim como Universidade multi-campi.

Figura 4 - Posicionamento geográfico da Unilab, no Maciço do Baturité



Fonte: UNILAB (2015).

## 2.1 COMUNIDADE DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

A UNILAB traz por missão tornar-se um centro de pesquisa e formação de estudantes brasileiros em interação por meio do Ensino, Pesquisa e Extensão, com uma perspectiva

intercultural, interdisciplinar e crítica com outros estudantes dos países onde também é falada a Língua Portuguesa, na chamada Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), bem como dos países africanos lusofônicos.

A CPLP foi fundada em 17 de Julho de 1996, em Lisboa (Figura 5), reunindo Angola, Brasil, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Moçambique, Portugal e São Tomé e Príncipe. Atualmente, com a entrada de Timor-Leste (2002), e Guiné Equatorial (2014), passou a constituir um grupo de nove países espalhados pelos quatro continentes, América do Sul, Europa, África e Ásia, reunindo um universo de cerca de 230 milhões de pessoas, em torno dos princípios norteadores da Comunidade.

Figura 5 - Sede da CPLP, em Lisboa



Fonte: UNILAB (2015).

A criação da CPLP deu corpo a um ideal que é o de

projetar e consolidar, no plano externo, os especiais laços de amizade entre os países de língua portuguesa, dando a essas nações maior capacidade para defender seus valores e interesses, calcados sobretudo na defesa da democracia, na promoção do desenvolvimento e na criação e um ambiente internacional mais equilibrado e pacífico. (CPLP, 1996).

Orbitando em torno da Língua Portuguesa, a CPLP apresenta objetivos que atingem a área da política, de cooperação nos domínios social, cultural e econômico, com o fortalecimento

da identidade de que é a Língua Portuguesa o vínculo histórico e patrimônio comum dos nove membros, que constituem um “espaço geograficamente descontínuo, mas identificado pelo idioma comum.” (CPLP, 1996), nos espaços prioritários da Saúde e a Educação, a Segurança Alimentar e o Ambiente.

A declaração constitutiva da CPLP (1996) expõe objetivamente, a sua orientação institucional de caráter internacional lusofônico:

- Consolidar a realidade cultural nacional e plurinacional que confere identidade própria aos Países de Língua Portuguesa, reflectindo o relacionamento especial existente entre eles e a experiência acumulada em anos de profícua concertação e cooperação;
- Encarecer a progressiva afirmação internacional do conjunto dos Países de Língua Portuguesa que constituem um espaço geograficamente descontínuo mas identificado pelo idioma comum;
- Reiterar, nesta ocasião de tão alto significado para o futuro colectivo dos seus Países, o compromisso de reforçar os laços de solidariedade e de cooperação que os unem, conjugando iniciativas para a promoção do desenvolvimento económico e social dos seus Povos e para a afirmação e divulgação cada vez maiores da Língua Portuguesa.

Os órgãos que constituem a CPLP são: a Conferência de Chefes de Estado e do Governo, o Conselho de Ministros, o Comitê de Concertação Permanente, e o Secretariado Executivo, além do Instituto Internacional de Língua Portuguesa (IILP).

Em 17 de Julho de 1996, reunidos em Lisboa, os Chefes de Estado e Governo dos países membros assinaram a Declaração Constitutiva da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa, na qual foram enumerados 21 pontos considerados como as premissas básicas para a obtenção da cooperação entre os mesmos e conseqüente fortalecimento cultural, lusofônico, social, político e econômico da Comunidade.

Com relação à Unilab pode-se dar especial destaque para o último dos pontos acordados pela Declaração Constitutiva da CPLP, que é “incentivar e promover o intercâmbio de jovens, com o objetivo de formação e troca de experiências através da implementação de programas específicos, particularmente no âmbito do ensino da cultura e do desporto”, é desse modo, a primeira universidade brasileira criada especificamente para unificar o idioma português, consolidar a integração e disseminar o ensino a distância, entre os países da CPLP.

## 2.2 ASSOCIAÇÃO DAS UNIVERSIDADES DE LÍNGUA PORTUGUESA (AULP)

Como instituição de fortalecimento da lusofonia, pode-se destacar também a Associação das Universidades de Língua Portuguesa, da qual a UNILAB, desde 8 de junho de 2011,

também é membro. A Associação de Universidades de Língua Portuguesa congrega instituições de ensino superior de língua portuguesa no mundo, com o objetivo de promover a cooperação entre universidades, estimulando a reflexão sobre o ensino superior e o desenvolvimento de projetos em conjunto.

A AULP é uma ONG internacional que promove a cooperação e troca de informação entre Universidades e Institutos Superiores de Ensino. Os países-membro, são aqueles cuja língua oficial é a portuguesa e congrega mais de 140 instituições, sua missão é facilitar a comunicação entre os membros em prol do desenvolvimento coletivo do ensino e da língua portuguesa no mundo, além disso estimular a investigação e o intercâmbio de alunos e docentes propondo uma reflexão contínua por meio da divulgação diária de notícias e organização de conferências e eventos. Compõe-se: da Assembleia-Geral, do Presidente da Associação, do Conselho de Administração e do Conselho Fiscal.

### 2.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS

A implantação da Unilab, na região nordeste do Brasil, não foi sem propósito tendo em vista que esta região do país apresenta déficits em várias áreas, necessitando de apoio para superar problemas históricos de desenvolvimento, uma vez que ela representa 18% do território nacional e possui uma população de 28% do país (IBGE, 2010), produzindo tão somente 13% do Produto Interno Bruto (PIB).

Numa abordagem sistêmica, vale salientar que as Universidades públicas possuem grande responsabilidade na transformação das realidades locais. O próprio substantivo que a identifica, universidade, deve abarcar as diversas nuances da realidade, incidindo sobre cada uma delas um olhar crítico de quem a estuda, a povoa e interfere sobre ela. Nesse ínterim, os estudantes ao longo de todo o processo de construção de saberes, emancipam-se da condição de expectadores sociais para a de agentes de transformação local, regional, universal.

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira iniciou de fato sua missão de instituição transformadora no dia 25 de maio de 2011, ampliando as possibilidades de acesso ao conhecimento para estudantes do Brasil e do mundo. Esta data foi escolhida por simbolicamente ser dedicada como Dia da África.

As atividades iniciaram no Campus da Liberdade (Figura 6), no município de Redenção (CE), que é citado como um dos berços da abolição da escravidão no Brasil, em 1883. A data 25 de maio é alusiva à fundação da Organização da Unidade Africana (OUA) e também ao ano



de 2011 consagrou-se como o Ano Internacional dos Afrodescendentes, pela Resolução da Assembleia Geral das Nações Unidas, de 18 de dezembro de 2009.

Figura 6 - Campus da Liberdade no dia de início das atividades acadêmicas da UNILAB



Fonte: Diógenes e Aguiar (2013, p. 37).

O Campus dos Malês foi o terceiro em ordem de criação e se constitui em um campus fora de sede de acordo com a homologação do Parecer n. 204/2010, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, que é favorável ao credenciamento dos campi fora de sede das Universidades Federais, mantidas pelo Ministério da Educação (MEC, 2011).

O prédio que serve para sua sede administrativa e acadêmica está na cidade de São Francisco do Conde, Bahia (Figura 7), tendo sido cedido pela Prefeitura Municipal através da Lei Municipal n. 237/2011, de 16 de dezembro de 2011. Suas instalações abrigam salas de aula (10), biblioteca, auditório, laboratório de informática, restaurante universitário e quadra esportiva coberta e mais um espaço externo como área de convivência (Figura 8).

Figura 7 - A cidade de São Francisco do Conde e a Unilab



Fonte: Google Earth (2016).

Figura 8 - Prédio do Campus dos Malês



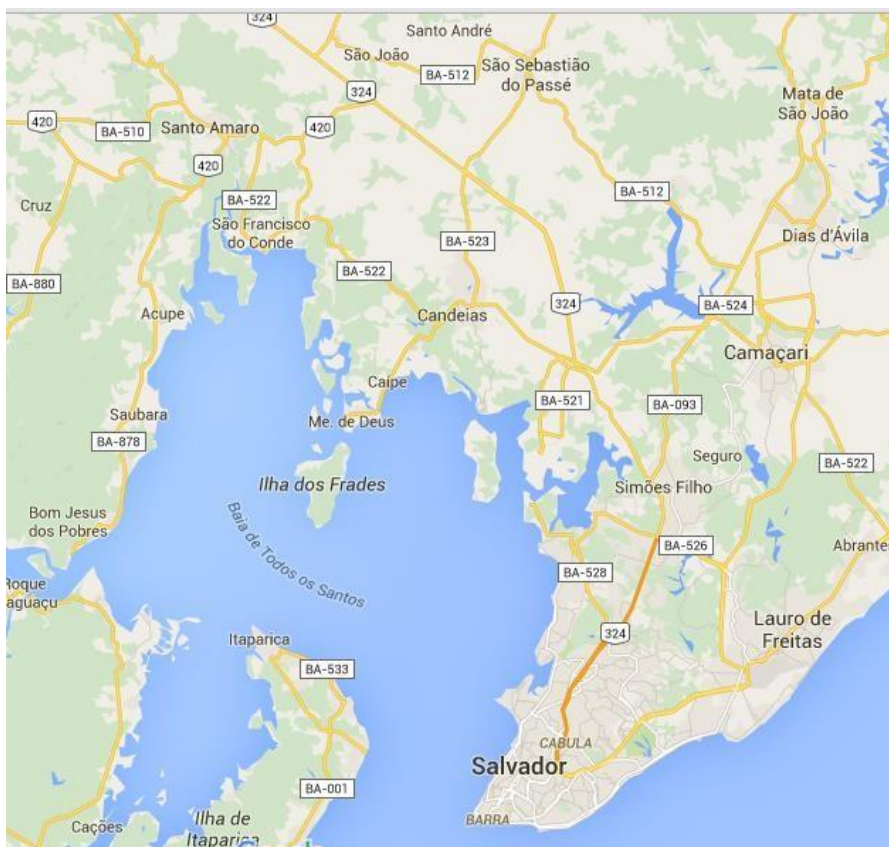
Fonte: Acervo próprio do autor desta dissertação (2016).

A Prefeitura Municipal também doou através da Lei Municipal n. 264/2012, dois terrenos num total de 52,5 hectares, condicionando a utilização dos mesmos num prazo de dez anos, para a construção e implantação do Campus Universitário da Unilab no município. Atualmente, a Reitoria da Unilab está em entendimentos com a Prefeitura Municipal no sentido da doação de uma nova área perfazendo um total de 100 ha, o qual se construirá a cidade universitária da Unilab, no Campus dos Malês, com implantação de residências universitárias,



Biblioteca Central, Prédios Acadêmicos e laboratórios, seguindo o projeto já iniciado nas cidades de Redenção e Acarape, nas quais as referidas obras encontram-se em andamento.

Figura 9 - Localização do Município de São Francisco do Conde



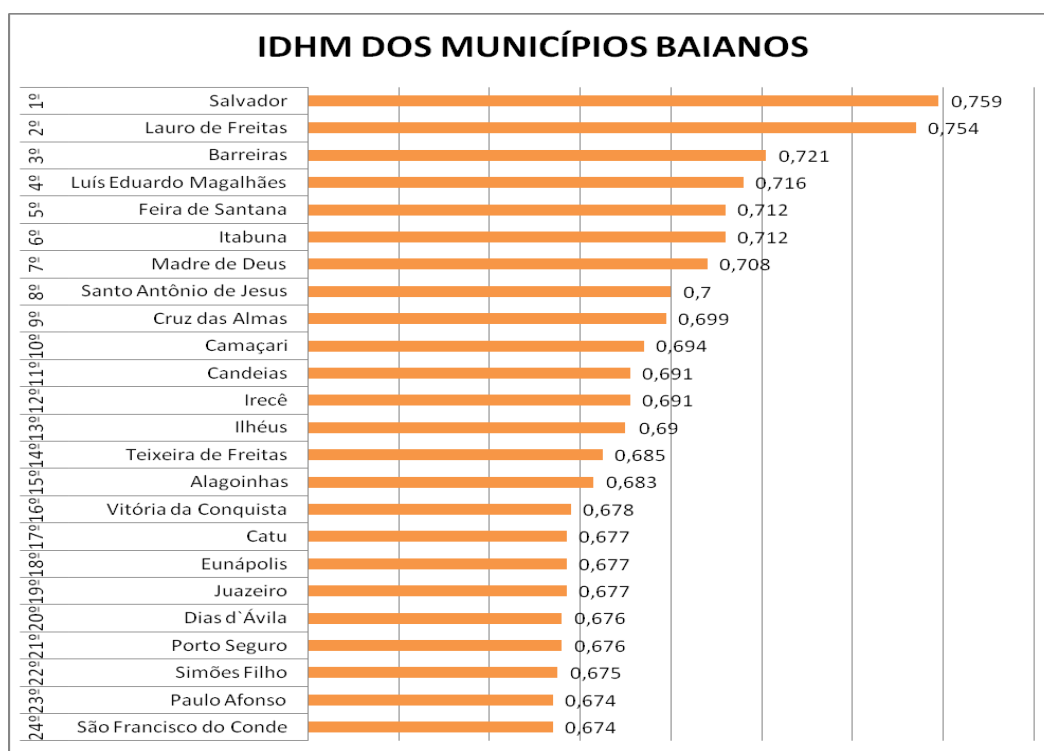
Fonte: Google Maps (2016).

A cidade de São Francisco do Conde, com população de 31.699 habitantes (IBGE, 2010), está a 67 quilômetros da capital e tem uma área de 266.631 km<sup>2</sup>. Compõe ao mesmo tempo a Região Metropolitana de Salvador e o Recôncavo Baiano.

Detentora do terceiro maior PIB per capita (R\$ 211.601,00) do Brasil, mas com um Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM = 0,674) que ocupa a 24ª colocação (Figura 10), comparado com o de outros municípios baianos e uma população negra superior a 90%.

A arrecadação municipal está baseada na exploração do Petróleo a partir das operações da Empresa Petrobras em seu território desde a década de 1950, com a implantação Refinaria Landulpho Alves, sendo considerada a 2ª maior refinaria do país, em complexidade e capacidade instalada, que segundo a empresa possibilitou a criação do primeiro Polo Petroquímico do país (PETROBRAS, 2013).

Figura 10 - *Ranking* do Município de São Francisco do Conde (BA) de acordo com o IDHM



Fonte: IBGE (2010).

O município tem origem vinculada à construção de um engenho, à foz do rio Sergipe, em terras de sesmaria concedidas por Mem de Sá a Fernão Rodrigues Castelo Branco, em 1561, passando, após sua morte para sua filha D. Helena, casada com D. Fernando de Noronha, Conde de Linhares.

Na primeira metade do século XVII, os frades franciscanos fundaram o primeiro convento no lugar denominado Marapé, mudando-se em 1629, para o local atual da cidade, numa doação de Gaspar Pinto dos Reis.

A Carta Régia de 27 de dezembro de 1693, foi determinada a criação de vilas no Recôncavo Baiano, devendo-se a D. João de Lancastre fundar, a 27 de novembro de 1697, a vila que tomou o nome do São Francisco da Barra de Sergipe do Conde, cuja instalação se verificou a 16 de fevereiro de 1698. A vila teve assinalada participação nas lutas da independência. O Tenente-coronel Comandante Joaquim Inácio de Siqueira Bulcão, natural do Município e primeiro Barão de São Francisco, é mesmo cognominado "Patriarca da Liberdade Baiana".

Atualmente, São Francisco do Conde é constituído pelos distritos de São Francisco do Conde, Mataripe, Monte Recôncavo e Caípe, faz limite com as cidades de Candeias, Madre de Deus e Santo Amaro.

O município possui um PIB per capita a valores correntes (IBGE, 2012) de R\$ 61.406,66, considerado um dos maiores do Brasil. O Quadro 1 apresenta alguns índices que indicam de forma relativa, a condição do município, através de dados do IBGE (2010).

Quadro 1 - Dados socioeconômicos de São Francisco do Conde

DADOS SOCIOECONÔMICOS DE SÃO FRANCISCO DO CONDE	
PIB per capita a preços correntes de São Francisco do Conde	2º lugar (2012)
IDHM de São Francisco do Conde	24º
Pobreza e desigualdade de São Francisco do Conde	67º (2003)
Taxa de urbanização de São Francisco do Conde	82,5 é o 44º lugar

Fonte: IBGE (2010).

Estabelecendo outra comparação, a cidade de Redenção, no Ceará, possui uma área de 225,306 km<sup>2</sup>, para uma população residente 26.415 habitantes e densidade demográfica de 117,24 hab/km<sup>2</sup> e um PIB de R\$ 5.231,99. O IDHM do município de Redenção é de 0,626 ocupando o 58º do estado.

A Unilab, foi inserida então, nesse contexto sócio-econômico-político, e mais especificamente na cidade de São Francisco do Conde, com a missão de promover o desenvolvimento a realidade local, apresentando aos atores do sistema, as inúmeras possibilidades que a realidade pode-lhe dar, por meio da observação, investigação e questionamento dos fatos que os cerca.

### 3 ENERGIA FOTOVOLTAICA

Ao longo da história humana, o sol sempre esteve presente seja na forma de um deus, seja como símbolo de força e poder. O interesse do homem em atribuir predicados ao astro mais brilhante do firmamento, produziu um fascínio que de geração em geração seria substituído por crenças, tradições, ciência e pesquisa.

O astro-rei, desde o século XVIII, vem sendo alvo de alguns visionários da época que buscavam nele a conotação de uma profícua fonte de energia. Desde então, as respostas positivas à obtenção de energia a partir da radiação solar têm impulsionado pesquisadores para as conquistas de cada tempo e a cada nova descoberta, a cada novo processo desenvolvido e melhorado, nova porta é aberta, para tornar cada vez mais possível e viável o uso da energia solar.

Figura 11 - Programa habitacional Minha Casa Minha Vida, em Juazeiro-BA



Fonte: Ambiente Energia (2014).

Dos métodos de transformação da energia solar em elétrica, o processo baseado em materiais quimicamente tratados que recebem o nome de células fotovoltaicas, apresenta em todo o mundo vastas somas em tempo e dinheiro (Figura 11) com o único propósito de diminuir custos de obtenção e fabricação, aumentar a eficiência de conversão de energia solar em elétrica e gerar um backup energético compatível com as políticas mundiais de redução na emissão de CO<sub>2</sub>.

Figura 12 - Capacidade instalada fotovoltaica em âmbito mundial



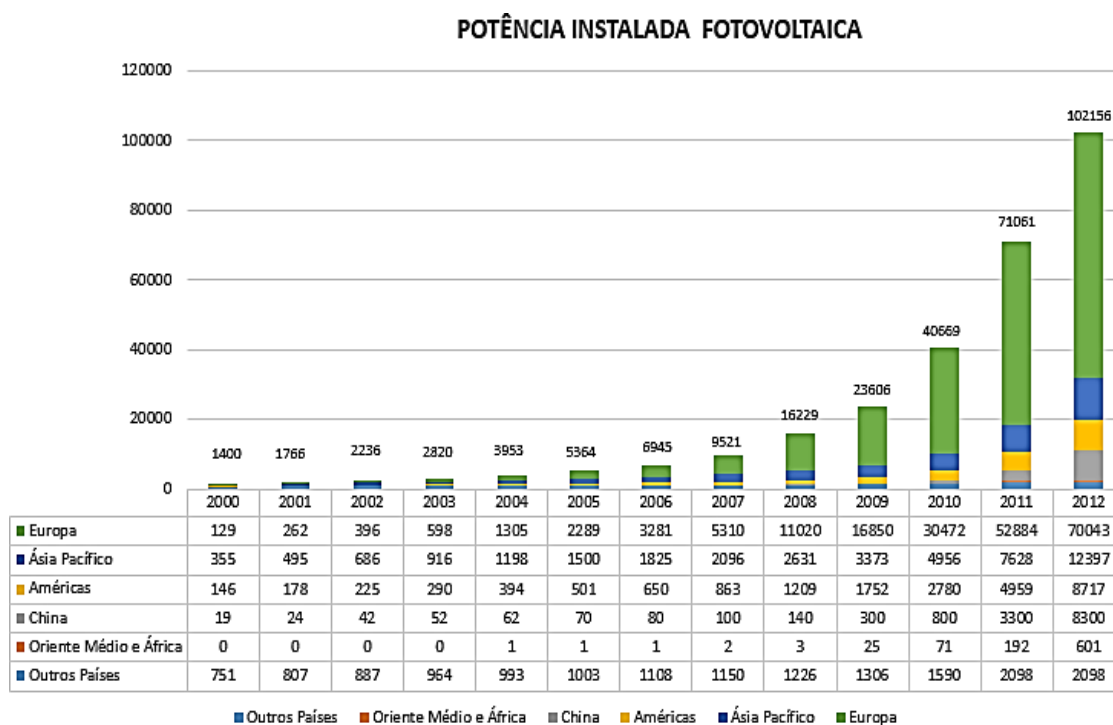
Fonte: Pinho e Galdino (2014).

Com base nos dados apresentados na Figura 12, pode-se perceber um aumento superior a 300% na capacidade instalada (GW) entre os anos de 2009 e 2011, sendo registrado uma redução do ano de 2011 para 2012 de 3%, comparativamente pouco representativa cuja razão explica-se pela crise mundial sofrida no período. O valor de 36,2 GW registrados em 2012 correspondem a duas vezes e meia a produção da Usina Hidrelétrica de Itaipu no Brasil (PINHO; GALDINO, 2014), condição que indica em números relativos, os resultados do investimento em produção fotovoltaica no mundo.

No comparativo mundial, estes números se apresentam como na Figura 13, em que a Europa no ano de 2005, apresentou uma produção de 2.289 MWp, e ao longo de sete anos (2012) alcança quase 35 vezes a mais que aquele valor com 70.043 MWp. Se a análise for feita com base na evolução desses indicadores ao longo dos doze anos apresentados, registram um aumento superior a 7.000%.

O cenário brasileiro apresenta um quadro ainda incipiente, apesar do reconhecido potencial existente na disponibilidade da fonte, caracterizando-se ainda com maior ênfase numérica aos sistemas isolados de geração solar fotovoltaica (TIRAPELLE; MURA; FRAZÃO, 2013).

Figura 13 - Evolução da potência fotovoltaica



Fonte: Pinho e Galdino (2014).

### 3.1 A FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA E O BRASIL

A geração fotovoltaica baseia-se na captação de uma das fontes mais abundantes na natureza que é a luz solar. Dentro da política energética nacional, ela não pode ser desprezada ou relegada a último plano, mas deve ser fomentada e inserida na matriz energética nacional de tal forma que aproveite significativamente o potencial existente.

Para Landeira (2013), o planejamento energético possui grande relevância socioeconômica tanto por uma questão ambiental quanto pela segurança energética. A oferta de energia é vital para a sociedade contemporânea, dando-lhe um caráter de impulsionador do progresso na vida dessas mesmas sociedades.

No Brasil, a diversidade de opções a serem exploradas no campo das fontes de energia são bastante variadas. O interessante dessa variedade, é a possibilidade de investimento em FRE como é o caso da energia solar, eólica e biomassa. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), grande parte do sistema elétrico nacional está baseada em usinas hidrelétricas, com 72% da capacidade instalada (EPE, 2012).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia MME (2015), a Oferta Interna de Energia (OIE), no Brasil em 2014, atingiu o montante de 305,6 milhões de tep (Tabela 1) correspondente 3,1% superior ao de 2013, que foi de 4,5% e equivalente a 2,2% da energia



mundial. A participação das FREs, em relação ao resto do mundo, é de 41,0%, em 2013, contra 13,4% no mundo. Já os combustíveis fósseis respondem por 57,7% da atual matriz energética nacional sendo no mundo de 81,8% (MME, 2015).

Ainda segundo o MME (2015) o percentual de OIE acima do PIB em 0,1%, produziu-se pela expansão de 19% nas perdas térmicas devidas à geração termelétrica pública e de autoprodutores, aumento de 6,2% no consumo do transporte de veículos leves e na produção de celulose (9,8%), crescimento médio de 6,0% no consumo residencial e comercial de eletricidade além de maior consumo de energia do setor energético (5%).

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia

ESPECIFICAÇÃO	mil tep		14/13 %	Estrutura %	
	2013	2014		2013	2014
<b>NÃO-RENOVÁVEL</b>	<b>176.468</b>	<b>185.100</b>	<b>4,9</b>	<b>59,6</b>	<b>60,6</b>
<i>PETRÓLEO E DERIVADOS</i>	<i>116.500</i>	<i>120.327</i>	<i>3,3</i>	<i>39,3</i>	<i>39,4</i>
<i>GÁS NATURAL</i>	<i>37.792</i>	<i>41.373</i>	<i>9,5</i>	<i>12,8</i>	<i>13,5</i>
<i>CARVÃO MINERAL E DERIVADOS</i>	<i>16.478</i>	<i>17.551</i>	<i>6,5</i>	<i>5,6</i>	<i>5,7</i>
<i>URÂNIO (U308) E DERIVADOS</i>	<i>4.107</i>	<i>4.036</i>	<i>-1,7</i>	<i>1,4</i>	<i>1,3</i>
<i>OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS(*)</i>	<i>1.592</i>	<i>1.814</i>	<i>13,9</i>	<i>0,5</i>	<i>0,6</i>
<b>RENOVÁVEL</b>	<b>119.833</b>	<b>120.489</b>	<b>0,5</b>	<b>40,4</b>	<b>39,4</b>
<i>HIDRÁULICA E ELETRICIDADE</i>	<i>37.093</i>	<i>35.019</i>	<i>-5,6</i>	<i>12,5</i>	<i>11,5</i>
<i>LENHA E CARVÃO VEGETAL</i>	<i>24.580</i>	<i>24.728</i>	<i>0,6</i>	<i>8,3</i>	<i>8,1</i>
<i>DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR</i>	<i>47.601</i>	<i>48.128</i>	<i>1,1</i>	<i>16,1</i>	<i>15,7</i>
<i>OUTRAS RENOVÁVEIS</i>	<i>10.559</i>	<i>12.613</i>	<i>19,5</i>	<i>3,6</i>	<i>4,1</i>
<b>TOTAL</b>	<b>296.301</b>	<b>305.589</b>	<b>3,1</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>dos quais fósseis</i>	<i>172.362</i>	<i>181.064</i>	<i>5,0</i>	<i>58,2</i>	<i>59,3</i>

(\*) Gás industrial de alto forno, aciaria, coqueria, enxofre e de refinaria

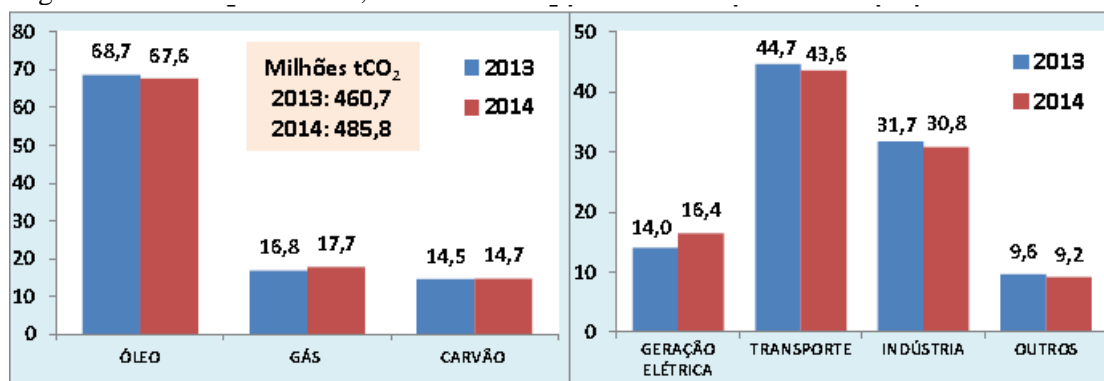
Fonte: MME (2015).

A Tabela 2 apresenta um quadro geral da participação das principais FRE e não-renováveis dentro da OIE. Do ano de 2013 para 2014 houve redução de 4,5% da oferta de energia hidroelétrica, já indicando problemas no regime hidrológico do país. Por outro lado, a produção solar aumentou em 235%, representando o maior aumento do grupo das FRE.

Desde a segunda metade de 2014 e por todo o ano de 2015, o planejamento energético brasileiro priorizou o uso, em uma escala maior, das usinas termelétricas, em função da redução do ciclo hidrológico das bacias que atendem a importantes usinas hidrelétricas em vários estados brasileiros. Com isso, incentivou-se a emissão de gases poluentes em uma escala maior (Figura 14) além de onerar sobremaneira a produção de energia elétrica, visto que grande parte dessas usinas se utilizam de combustíveis fósseis. A utilização de FRE promoverá uma redução nos níveis de emissão de gases poluentes bem como a redução de custos de transmissão, como

ocorre por exemplo com a fonte solar, já que a na geração fotovoltaica a geração pode ocorrer na mesma circunscrição do consumidor.

Figura 14 - Emissões de CO<sub>2</sub>, nos anos de 2013 e 2014



Fonte: MME (2015).

Tabela 2 - Capacidade instalada no Brasil por fonte

ESPECIFICAÇÃO	GWh		14/13 %	Estrutura (%)	
	2013	2014		2013	2014
HIDRO	390.992	373.439	-4,5	64,0	59,8
BAGAÇO DE CANA	29.871	32.303	8,1	4,9	5,2
EÓLICA	6.578	12.210	85,6	1,1	2,0
SOLAR	5	16	235,5	0,001	0,003
OUTRAS RENOVÁVEIS	10.600	13.879	30,9	1,7	2,2
ÓLEO	22.090	31.668	43,4	3,6	5,1
GÁS NATURAL	69.003	81.075	17,5	11,3	13,0
CARVÃO	14.801	18.385	24,2	2,4	2,9
NUCLEAR	15.450	15.378	-0,5	2,5	2,5
OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS	11.444	12.125	5,9	1,9	1,9
IMPORTAÇÃO	40.334	33.775	-16,3	6,6	5,4
<b>TOTAL</b>	<b>611.169</b>	<b>624.254</b>	<b>2,1</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>Dos quais renováveis</i>	<i>478.381</i>	<i>465.623</i>	<i>-2,7</i>	<i>78,3</i>	<i>74,6</i>

Fonte: MME (2015).

Com o investimento nacional do Brasil na geração solar, utilizando-se da produção fotovoltaica dentro de sua matriz energética, serão aproveitadas duas condições básicas, que se complementam positivamente, a saber: o país tem um clima predominantemente tropical; e, por possuir índices favoráveis a este tipo de geração, tendo em vista que suas piores médias de insolação registrados ao longo do ano, são melhores que aqueles classificados como ótimos em países da Europa cujo investimento no setor de fotovoltaica é um dos maiores se comparado com os demais do continente.

De acordo com o Mapa Solarimérico do Brasil (PEREIRRA, 2006) a menor irradiação global no Brasil é de 4,25 KWh/m<sup>2</sup>, no litoral norte de Santa Catarina e a maior é de 6,5 KWh/m<sup>2</sup> ao norte da Bahia. Em virtude disso, a irradiação solar global incidente em qualquer



região do território brasileiro varia de 4.200 a 6.700 KWh/m<sup>2</sup>/ano. Comparando-se essa variação com outros países, ela é superior às verificadas na Alemanha (900 a 1.250 kWh/m<sup>2</sup>/ano, França (900 a 1.650 kWh/m<sup>2</sup>/ano) e Espanha (900 a 1.850 kWh/m<sup>2</sup>/ano), nos quais os investimentos em produção fotovoltaica têm sido expressivos nos últimos anos.

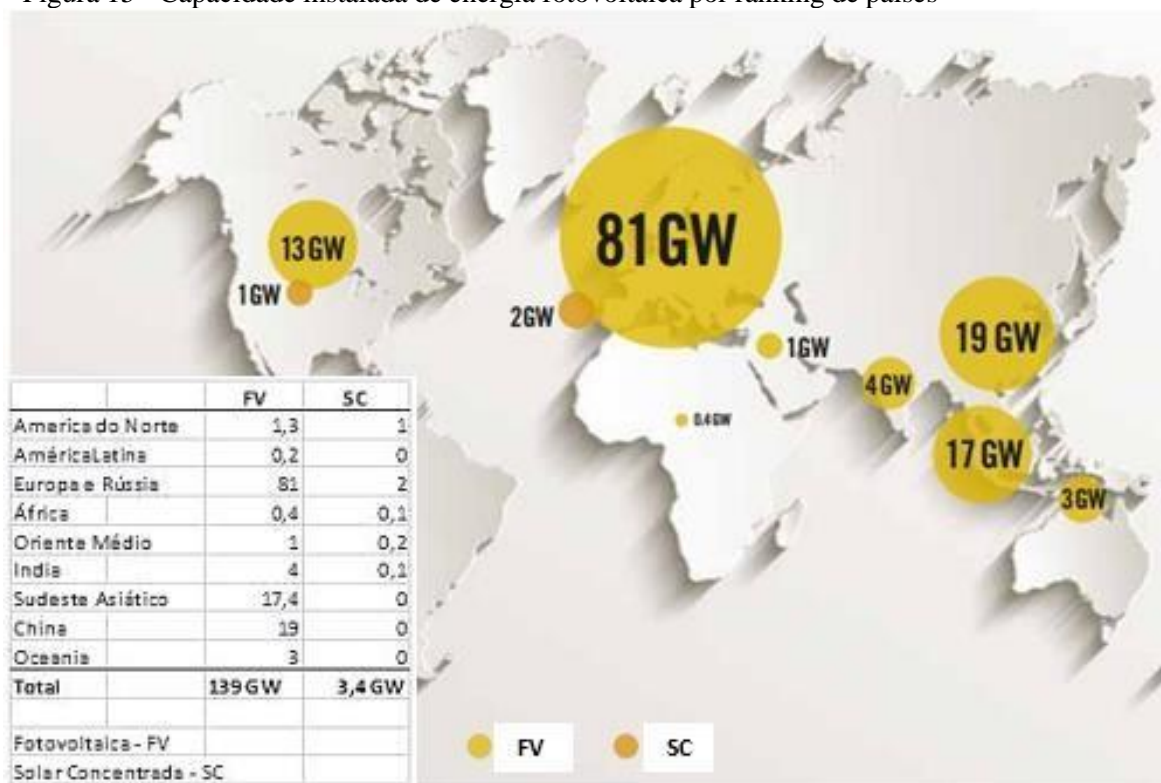
### 3.2 CONTEXTO GLOBAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A produção fotovoltaica nos últimos anos tem atingido patamares que contribuem principalmente para a popularização dessa tecnologia em várias partes do mundo. Países como a China, Itália, Alemanha, Estados Unidos têm feito grandes investimentos para aumentar a participação dessa fonte em suas matrizes energéticas. De acordo com o Relatório Mundial de Energias Renováveis o REN21 (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*) de 2014, a capacidade operacional total de energia solar fotovoltaica no mundo passou de 100 GW (2012) para 139 GW (2013) (IEA, 2014).

Das principais regiões do globo, destaca-se com larga diferença o Sudeste Asiático (Figura 15) com 17,4 GW, contribuindo para o total com cerca de 12% em produção fotovoltaica, a China com 19 GW, perfazendo 13,7% do total e em primeiro lugar o bloco formado por Europa e Rússia, com seus 81 GW, correspondendo a 58,3% do total de 139GW.

Quanto aos investimentos mundiais no setor, os continentes que mais investiram foram a Europa e a Ásia, tendo neste último forte contribuição da China com cerca de 70% de todas as instalações fotovoltaicas no mundo. Na China a capacidade cresceu de 0,3 GW (2009) para 3,3 GW (2011) e atingiu 13 GW em 2013 e segundo o REN21, os chineses já respondem por quase um terço da capacidade mundial, sendo seguida pelo Japão (6,9 GW) e Estados Unidos com 4.8 GW (Figura 15).

Figura 15 - Capacidade instalada de energia fotovoltaica por ranking de países



Fonte: REN21 (IEA, 2014).

Na Europa, o destaque é dado à Alemanha que detém 3,3 GW de energia solar fotovoltaica. O segundo lugar é do Reino Unido (1,5 GW) e em seguida Itália com 7,8% da demanda total de eletricidade anual a partir da geração fotovoltaica (IEA, 2014).

Na evolução desse cenário, em pouco tempo a geração fotovoltaica passará a figurar no grupo das FRE como a que mais tem recebido investimentos no setor (Tabela 3). A taxa de crescimento em 2013 (IEA, 2014) foi de 28%, seguida pela produção solar concentrada com 26% e a eólica com 11%, no mesmo período, em nível mundial.

Tabela 3 - Capacidade instalada em megawatt

Annual Market in MW/a		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	Fotovoltaica	MW/a	1,052	1,320	1,467	2,392	6,090	7,203	16,817	29,665	39,000
	Fotovoltaica	MW/a	0	13	0	75	55	119	595	500	1,034
	Eólica	MW/a	8,207	11,531	15,245	19,866	26,721	38,708	38,850	40,629	44,711
	Biodiesel	MW/a	1,244	1,557	1,974	2,527	806	4,861	7,850	1,069	245
	Geotérmica	MW/a	13	165	408	340	280	200	200	200	301
	Hidroelétrica	MW/a	19,490	16,057	17,367	25,925	17,082	9,473	23,359	25,000	27,070
<b>Total</b>	<b>MW/a</b>	<b>30,006</b>	<b>30,643</b>	<b>36,461</b>	<b>51,125</b>	<b>51,033</b>	<b>60,369</b>	<b>87,471</b>	<b>96,863</b>	<b>102,760</b>	<b>120,852</b>

Fonte: REN21 (IEA, 2014).

### 3.3 ENERGIAS RENOVÁVEIS: ENERGIA FOTOVOLTAICA

O Portal Brasileiro de Energias Renováveis (2014) descreve que “as fontes de energia renovável são aquelas em que os recursos naturais utilizados são capazes de se regenerar, ou seja, são consideradas inesgotáveis, diferente de fontes não renováveis como o petróleo”.

São várias as FRE que já estão sendo utilizadas nos diversos países tais como a biomassa, a hidráulica, a eólica e a solar, todas trazendo como fonte os elementos disponíveis na natureza e que se renovam indefinidamente garantindo o uso contínuo ao longo dos anos.

Tabela 4 - Potência Instalada Por Fonte

Fonte	Nº Usinas	Potência instalada (MW)	Estrutura %	Potência média por usina
<b>Hidrelétrica (*)</b>	<b>1.186</b>	<b>89.193</b>	<b>66,6</b>	<b>75</b>
UHE	202	84.095	62,8	416
PCH	487	4.790	3,6	10
CGH	497	308	0,2	1
<b>Gás</b>	<b>155</b>	<b>14.208</b>	<b>10,6</b>	<b>92</b>
Gás Natural	121	12.550	9,4	104
Gás Industrial	34	1.658	1,2	49
<b>Biomassa</b>	<b>504</b>	<b>12.341</b>	<b>9,2</b>	<b>24</b>
Bagaço de Cana	387	9.881	7,4	26
Biogás	25	70	0,1	3
Outras	92	2.390	1,8	26
<b>Petróleo</b>	<b>1.263</b>	<b>7.888</b>	<b>5,9</b>	<b>6</b>
<b>Nuclear</b>	<b>2</b>	<b>1.990</b>	<b>1,5</b>	<b>995</b>
<b>Carvão Mineral</b>	<b>13</b>	<b>3.389</b>	<b>2,5</b>	<b>261</b>
<b>Eólica</b>	<b>228</b>	<b>4.888</b>	<b>3,6</b>	<b>21</b>
<b>Solar</b>	<b>311</b>	<b>15</b>	<b>0,011</b>	<b>0,05</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3.662</b>	<b>133.913</b>	<b>100,0</b>	<b>37</b>
Importação contratada		5.850		
<b>Disponibilidade total</b>		<b>139.763</b>		

Fonte: EPE (2015).

A inserção de FRE na matriz energética do Brasil, pressupõe a redução na emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, fator determinante para a efetivação dos acordos firmados em caráter mundial, no sentido da diminuição na emissão de gases poluentes responsáveis pelo efeito estufa, principalmente, o CO<sub>2</sub>. Conforme Tolmasquim (2003), as FRE contribuem para minimizar os efeitos socioambientais negativos associados à poluição, em comparação ao uso de combustíveis fósseis e não renováveis.

O Brasil com o uso das termelétricas já em 2014, ainda possui um índice abaixo da média apresentada mundialmente em termos de tCO<sub>2</sub>/tep de energia consumida, o indicador do Brasil ficou em 1,59 (2014), enquanto que no mundo ficou em 2,37 (2012). Para a EPE (2015) a expressiva participação da energia hidráulica e o uso representativo de biomassa na matriz energética brasileira proporcionam indicadores de emissões de CO<sub>2</sub> bem menores do que a média mundial e dos países desenvolvidos.

Na Tabela 4, é possível verificar que do total de 133.913 MW de energia produzida, 66% ou 88.382,58 MW tem por fonte a energia hidrelétrica contra 12,811% (17.155,49 MW) de produção a partir biomassa, eólica e solar juntas.

### 3.4 HISTÓRICO - DEFINIÇÕES

A energia solar origina-se no interior do núcleo do Sol com a fusão nuclear que queima o hidrogênio (H<sub>2</sub>) transformando-o em hélio (He). A energia emitida é transportada até a sua superfície sendo liberada sob as formas de calor e radiação que é lançada ao espaço de maneira simétrica e radial.

Toda essa energia, que é lançada no espaço, alcança a Terra e gera anualmente 1,5 x 1.018 kWh na forma de energia solar, valor 10.000 vezes maior que o consumido pelo homem em igual período.

Em 1839, o físico francês Alexandre Edmond Becquerel observou pela primeira vez que era possível transformar energia solar em elétrica (Efeito Fotovoltaico). Becquerel verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em um eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz.

Em 1877, os norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day se utilizaram das propriedades fotocondutoras do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz. Quase trinta anos depois, Albert Einstein (1905) explicou a teoria do efeito fotoelétrico resultando no Prêmio Nobel de Física, o Prêmio Nobel de 1921.

Tolmasquim (2003) afirma que a evolução da energia fotovoltaica na forma moderna de geração teve início em 1954, quando foi anunciado o desenvolvimento de uma placa de silício, e a partir de então essa tecnologia teve um enorme desenvolvimento, onde as principais aplicações foram para fontes de energia espaciais.

Atribui-se a Russell Ohl a invenção da primeira célula solar de silício, mas como marco da energia solar tem-se o químico Calvin Fuller (1954), funcionário do Bell Laboratories (Bell Labs), em New Jersey, nos Estados Unidos, desenvolveu o processo de dopagem do silício.

Fuller chegou a uma combinação de elementos com arsênio (substrato tipo N) e uma difusão de boro (zona tipo P à superfície), elevando a eficiência de conversão de 6%. Na década de 1950 as células solares não eram reconhecidas por muitos institutos de pesquisa no mundo e foi com grande relutância que a Agência Nacional Aeronáutica e Espacial (NASA) aceitou incorporá-las, como *backup* de uma pilha convencional, no satélite Vanguard I, lançado em março de 1958 e foi graças a ela que o transmissor deste satélite manteve-se funcionando tendo em vista que a pilha química instalada falhou.

Depois desta demonstração de confiabilidade, durabilidade e baixo peso, o programa espacial norte-americano adotou as células solares como fonte de energia dos seus satélites (REQUENA, 2009).

Na década seguinte, esta tecnologia foi aplicada em sistemas terrestres, para fins de telecomunicações em áreas afastadas ou isoladas e com a crise no segmento petrolífero, na década de 1970 quando o preço do barril quadruplicou, houve a necessidade de geração em grande escala.

Nos anos 90 a evolução da tecnologia fotovoltaica foi significativa, decorrente dos avanços tecnológicos e redução dos custos de implantação, também em consonância com a política ambiental que estava sendo implantada. A partir disso, o uso da energia fotovoltaica teve uma ascensão expressiva em âmbito mundial (TOLMASQUIM, 2003).

A energia fotovoltaica tem se mantido como uma das formas de geração com maior crescimento em várias partes do globo, tendo a União Europeia como o grande exemplo em termos de investimento financeiro na capacidade instalada tanto na Itália como na Alemanha, de acordo com International Energy Agency (IEA, 2014), esses dois países são atores nesta indústria, decorrente de uma política de incentivo a estas usinas.

No Brasil, só na década de 1980, a energia solar começou a ser explorada, graças ao aumento da atividade científica na produção de materiais direcionados ao setor fotovoltaico, principalmente, por universidades e órgãos de pesquisa, conforme afirma Tolmasquim (2003).

### 3.5 A CONJUNTURA DO SETOR DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

O total mundial de sistemas fotovoltaicos instalados e comissionados até janeiro de 2014 representavam cerca de 0,85% de toda a demanda de eletricidade e com o declínio dos preços nos últimos anos das instalações, a energia fotovoltaica apareceu no radar dos gestores políticos responsáveis pela política energética em diversos países impulsionando assim, a criação de planos para o desenvolvimento deste mercado.

Conforme a Associação Brasileira da Indústria Eletro-Eletrônica (ABINEE, 2012), o Brasil possui todas as fontes de energia, algumas já estão consolidadas como as que despontam no cenário nacional, a médio e longo prazo. No caso da geração de energia elétrica através de fontes fotovoltaicas, o mercado brasileiro é bastante promissor, já que o país ainda se destaca pela ótima situação geográfica, fator preponderante para este tipo de exploração.

Mas por outro lado, sem ações que fomentem a produção de componentes e a geração solar fotovoltaica, todo esse potencial continuará atendendo a uma pequena parcela da população, com altos custos de aquisição.

Com a implantação de políticas mais direcionadas à consolidação do uso da energia fotovoltaica no Brasil, nas regiões de maior potencial exploratório, o resultado obtido será o mesmo de um catalisador, para que empresas invistam com a garantia do fomento que a política governamental poderá oferecer.

A redução de alíquotas sejam elas de importação mesmo de impostos utilizados para disciplinar a aquisição ou incorporação de bens e tecnologia produzirá resultados imediatos no setor. Para a ABINEE (2012), o avanço desta tecnologia no Brasil ainda é prejudicado pelo custo de implantação e políticas governamentais de incentivo na geração desta energia. Neste caso, ações governamentais produzem efeitos positivos tanto no fomento ao mercado consumidor e com isso a incorporação da tecnologia, quanto com os incentivos ao uso da energia de origem solar em escala.

Conforme Gaines (2012), sistemas de energia e a inovação para que sejam melhorados são exemplos de questões que demandam vários níveis de governo, para desempenhar papéis diversos no intuito de fomentar a incorporação dessas alternativas nas organizações.

### 3.6 EFEITO FOTOVOLTAICO E OS SEMICONDUTORES

O efeito fotovoltaico é um fenômeno físico-químico que ocorre a partir da irradiação solar sobre os átomos dos materiais semicondutores. Estes materiais, pelas suas características químicas, podem ser excitados pelos *fótons* de tal forma que produzem a corrente elétrica necessária a geração da energia elétrica.

O processo inicia-se com os *fótons* quando atingem as células fotovoltaicas, que nada mais são um composto de semicondutores. Esses *fótons* excitam os *elétrons* mais afastados do núcleo do átomo fazendo-os se desprenderem. Estes *elétrons* livres vão, por assim dizer, formar a corrente elétrica neste sistema.

A corrente elétrica inicialmente criada nesta reação, é contínua e ao ser conduzida por meio de cabos até dispositivos chamados inversores de corrente, passarão a corrente alternada.

O processo tecnológico de produção de células fotovoltaicas é compreendido em função dos materiais que compõem o semicondutor, na forma de cadeia produtiva. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado, por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível.

Na segunda geração, diz Vallêra (2006), comercialmente denominada de filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: Silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência em relação à primeira e tem uma modesta participação no mercado, competindo com a tecnologia de Silício cristalino (c-Si).

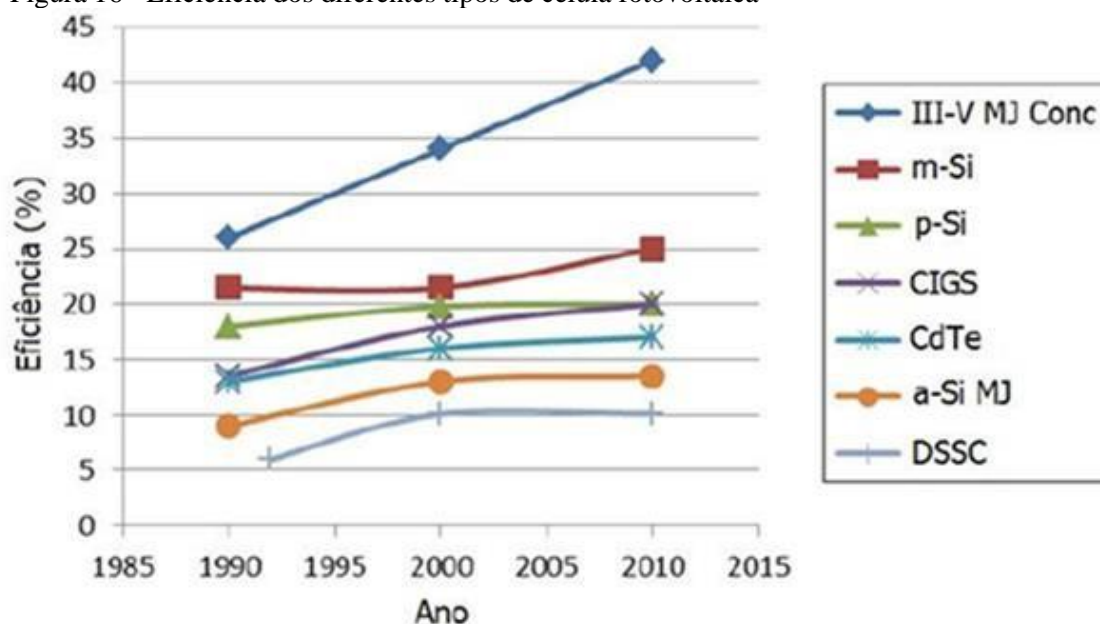
As células fotovoltaicas de Telureto de Cádmio (CdTe) se apresentam em formato de filmes finos. Em aplicações que requerem baixa potência, como em calculadoras, vem sendo utilizado há mais de uma década, por exemplo.

Existem dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio, sua toxicidade, que retardam a sua utilização em maior escala.

A terceira geração, ainda em fase de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), testes e produção em pequena escala, é dividida em três cadeias produtivas que são a célula fotovoltaica multijunção (III- V MJ) e célula fotovoltaica para concentração (CPV – *Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (DSSC - *Dye-Sensitized Solar Cell*) e células orgânicas ou poliméricas (OPV – *Organic Photovoltaics*).

Na Figura 16, foram demonstrados de forma comparativa os níveis de eficiência de cada tipo de célula. Apesar da fotovoltaica multijunção e fotovoltaica para concentração (III- V MJ Conc) apresentar níveis ótimos de eficiência os custos de fabricação ainda não são competitivos.

Figura 16 - Eficiência dos diferentes tipos de célula fotovoltaica



Fonte: Zilles (2013).

Nota-se também que as células de primeira geração (m-Si e p-Si) ao longo dos anos apresentaram algum tipo de melhoramento em seu aspecto de eficiência com melhor ganho para a m-Si. Comparando a eficiência dos módulos solares de silício policristalino em relação ao silício monocristalino, apresentam um desempenho levemente pior em altas temperaturas. No entanto, esta diferença é muito pequena a ponto de poder ser desconsiderada (MAEHLUM, 2012).

Ainda com relação às células m-Si e p-Si, normalmente são montadas sob a forma de placas de vidro e apresentam algumas vantagens como o baixo custo de produção em larga escala, quando além de um maior rendimento na conversão da energia solar quando comparado com as células de filme fino de silício amorfo (a-Si).

No que diz respeito ao CdTe, apresenta algumas desvantagens como a alta toxicidade do cádmio e a menor abundância do elemento químico Telúrio quando comparado ao silício. Testes em laboratório apontaram uma eficiência recorde de 18,3% para as células de CdTe, enquanto os módulos produzidos em escala comercial possuem uma eficiência máxima de 14,4% (WESOFF, 2013).

As células fotovoltaicas a base de Arseneto de Gálio (GaAs), também conhecidas como Filmes Finos Monocristalino de Arseneto de Gálio, apresentam um alto índice de eficiência na conversão de energia solar em energia elétrica. Possuem elevado grau de absorção à radiação solar, permitindo que uma camada de apenas alguns *mícrons* apresente um elevado grau de



rendimento, com baixa sensibilidade ao calor, ou seja, mesmo aquecidas não alteram sua característica de condutividade.

A flexibilidade das ligas metálicas feitas com o arseneto promove o desenvolvimento do projeto de células fotovoltaicas, compondo-a por várias camadas e espessuras. A grande desvantagem é o alto custo de produção principalmente por causa do elemento gálio que é raro na natureza. Em testes realizado em laboratório, o módulo simples de GaAs apresentou uma eficiência de 24,1% (JOHNSON, 2013).

Conforme IEA (2014), a tecnologia fotovoltaica hoje se tornou um grande ator no setor elétrico em diversos países. Vários países estão investindo no desenvolvimento de tecnologias que aumentem a eficiência tanto das células fotovoltaicas, quanto de todo o conjunto como painéis, inversores de corrente e mesmo em metodologias tais como a *grid-tie*, *smart-grid*, entre outros.

### 3.7 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Quanto ao tipo de conexão, os sistemas fotovoltaicos são divididos em isolados, conectados à rede e conectados à rede com *backup* de energia. Em todos encontramos basicamente o conjunto de placas fotovoltaicas, conversor e cabos de ligação.

O Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI) indicado nos casos em que a rede de distribuição de energia não consegue atender o consumidor, tais como zonas rurais. Esses sistemas podem ser de geração apenas para uma residência ou podem ser instalados em mini-redes para o fornecimento de energia à uma comunidade.

Nos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCRs), toda a energia elétrica gerada é disponibilizada à rede no mesmo instante em que é produzida, não possuindo dispositivos de armazenamento tais como baterias e outros. Basicamente, a rede elétrica da concessionária é vista como elemento armazenador, pois toda energia gerada é colocada em paralelo com a energia da rede (URBANETZ JUNIOR, 2010).

Os SFCRs são, em outras palavras, centrais de geração de menor porte (instaladas em edificações) ou de maior estrutura (usinas e centrais fotovoltaicas), diferem entre si principalmente na potência gerada. No primeiro caso, essas pequenas usinas podem ser integradas ao imóvel, prédio ou espaço físico, dessa forma a energia produzida poderá ser consumida pelo próprio proprietário e dependendo da capacidade de geração, pela comunidade local.

A Geração Distribuída (GD) é uma possibilidade de geração trazidas pelos SFCR's. Seguindo a Resolução Normativa n. 482/2012 e os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), a micro e a minigeração distribuída consistem na produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Uma outra definição compreendida pelo Sistema Elétrico Brasileiro trata a GD como a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo art. 8º da Lei 9.074, de 1995, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador.

No entendimento de ambos, é evidente algumas vantagens como a produção de carga próxima de onde ela é consumida, a redução global de perdas e possível diminuição da necessidade de novas linhas de transmissão e de distribuição, o reduzido período de flexibilidade de implementação em curto espaço de tempo; benefícios ambientais quando utilizam energias renováveis ou resíduos agressivos ao meio ambiente; podem aumentar a confiabilidade do sistema, por ter uma redundância inerente; propicia uma abordagem modular dos problemas, atendendo demandas particulares com soluções específicas; redução no carregamento da rede, maior flexibilidade operativa, melhor perfil de tensão e redução das perdas; propicia a aplicação de diferentes técnicas de gerenciamento da demanda.

A utilização de um SFCR, como opção de GD, no sistema de distribuição também apresenta desvantagens para o sistema: dependendo do tipo de geração pode aumentar o nível de curto circuito, flutuação de potência ativa, coordenação da proteção, competição por regulação de tensão e harmônico; altos custos das tecnologias aplicadas, maior complexidade de operação do sistema elétrico; o fato das fontes, em grande parte, dependerem da variabilidade de fenômenos naturais como ventos, incidência do sol e outras, sendo então sujeitas à influências meteorológicas e sazonais; o aparecimento de fluxos contrários ao convencional; desequilíbrio entre as fases quando se conecta uma GD monofásica à rede. Dessa forma, foi constatado nos países que apostaram no desenvolvimento da geração distribuída, que os consumidores passaram a preocupar-se com o consumo de energia e com a utilização da energia de forma eficiente.

O esperado é que com adoção dessa forma de geração o consumo diminua, sem, no entanto, prejudicar a qualidade do serviço prestado assim como o bem-estar e o conforto do consumidor. Em outras palavras, o desafio é obter um consumo de energia menor para o mesmo serviço. Outro ponto positivo da diversificação da matriz energética é diminuir a necessidade

de construção de novas usinas e com isso diminuir o impacto ambiental causado pelas mesmas. Segundo Costa (2012), a geração distribuída tem um ótimo potencial para explorar já que o setor residencial é responsável por aproximadamente 26% do consumo de eletricidade do país, e se somarmos o setor público e o comercial, existe um grande potencial para a pequena geração (< 1 MW), em particular através da instalação de sistemas fotovoltaicos.

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede com *Backup* de Energia apresentam-se com a possibilidade de armazenar a energia solar convertida em elétrica. Grupos de baterias garantem o fornecimento da carga mesmo após o término do período de insolação. Na situação deste SFCR com *backup* ser utilizado para o atendimento de uma certa demanda local, são adicionados também alguns equipamentos, como por exemplo, dispositivos de seccionamento automático, inversores bidirecionais e um sistema seguro de transferência automática. Esses sistemas tipicamente incluem tanto um grupo gerador ou um banco de baterias (ROZENBLAT, 2006).

O funcionamento do sistema fotovoltaico é orientado por uma sequência de etapas, começando pela irradiação alcançando as placas, a conversão de energia solar para elétrica com corrente contínua; os inversores, por sua vez, transformam em corrente alternada. Nos casos em que o consumidor demanda mais carga do que é gerada pelo sistema fotovoltaico, a concessionária complementa este abastecimento, tendo-se por instrumento o medidor bidirecional, que faz o registro do consumo necessário para este complemento e o sistema de transferência gerencia o fluxo de potência para estas cargas.

#### 4 PROGRAMAS DE INCENTIVOS Á PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA

Os programas de incentivo criados buscam a promoção da indústria fotovoltaica para que venha a atingir a escala necessária para competir com outras fontes de geração de eletricidade (Figura 17). Tais programas possuem motivações diversas tais como a promoção de independência energética, domínio tecnológico e redução das emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa.

Os mecanismos de incentivos à geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, como a fotovoltaica por exemplo, são os chamados sistemas de cotas e os sistemas de preço. No caso de sistemas de cotas, o volume de eletricidade gerada é politicamente determinado e os sistemas de preços são definidos, geralmente, pelo mercado.

Figura 17 - Políticas de Incentivo para FRE

País	Políticas de incentivo			Incentivos Fiscais				Financiamento Público	
	Feed-in-tariff	Renewable Portfolio Standards - RPS	Net-metering	Subvenção econômica	Investimento ou créditos nos impostos de produção	Redução em impostos de vendas, de consumo de energia, emissão de CO <sub>2</sub> e outros	Pagamento pela produção de energia	Investimento público, em prêmios e financiamentos	Licitação pública
Alemanha	•			•	•	•	•	•	
Itália	•	•	•	•	•	•		•	•
Estados Unidos	○	○	○	•	•	•	•	•	•
China	•	•	•	•	•			•	•
Japão	•	•	•	•	•			•	
Espanha	•		•	•	•	•		•	
França	•			•	•	•		•	•
Bélgica		○	○		•			•	•
Austrália	○			•				•	
República Tcheca	•			•	•	•		•	
México			•		•			•	•
Canadá	○	○	○	•	•	•		•	•
<b>Brasil</b>			•		•	•		•	•

• Indica política de nível nacional  
○ Indica política estadual ou de província

Fonte: REN21 (IEA, 2014).

Em sistemas de preço, usualmente, os programas de incentivos são mantidos até que os custos de geração fotovoltaica se igualem aos custos médios de geração da matriz elétrica no

país ou região. Outros mecanismos típicos são os procedimentos de conexão à rede com *net metering* e os subsídios ao investimento ou produção.

No Brasil pode-se dizer que a evolução histórica para o processo de incentivos governamentais iniciou-se com a “Lei da Informática”, em 1991, a qual estabelecia barreiras alfandegárias à importação de equipamentos de informática promovendo dessa forma o desenvolvimento da indústria nacional do setor de informática; que, nesse caso, também abrangeu os equipamentos fotovoltaicos por empregarem silício monocristalino nas células solares.

#### 4.1 PRODEEM

Outro programa brasileiro de incentivo foi o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), criado em 1994, que incentivou a aquisição de sistemas fotovoltaicos por meio de licitações internacionais. Com este programa foram instalados o equivalente a 5 MWp em aproximadamente 7.000 comunidades em todo Brasil.

O PRODEEM foi incorporado ao Programa Luz para Todos em 2003 com o intuito de atender localidades remotas, para as quais a extensão da rede de distribuição traz custos elevados, tornando dessa forma inviável o acesso por linhas de transmissão a estas localidades (COGEN, 2012).

Em 2004, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi criado com o objetivo de aumentar a participação da energia eólica, a biomassa e a energia gerada em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) através de projetos conectados ao Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). A energia solar não foi incluída no programa naquele momento, por não se tratar de uma fonte considerada, viável e estratégica, principalmente, por seu custo de produção ser consideravelmente superior às demais fontes. (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014).

#### 4.2 CHAMADA PÚBLICA Nº 013/2011

Na década de 2011, a ANEEL tornou pública a chamada n. 013/2011 “*Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira*”. Tratando-se de uma chamada para projetos de pesquisa e desenvolvimento, no setor de energia fotovoltaica, que foi incluída pela agência na lista de temas estratégicos. Os projetos foram apresentados pelas concessionárias de energia elétrica atendendo de forma compulsória à

exigência legal de destinarem parte de sua receita líquida em projetos de P&D (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014).

A chamada pública nº 013/2011 tornou claros os objetivos norteadores da ANEEL quando por meio de sua publicação, apresentou à sociedade e *players* do mercado, foram eles:

- Facilitar a inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira;
- Viabilizar economicamente a produção, instalação e monitoramento da geração solar fotovoltaica para injeção de energia elétrica nos sistemas de distribuição e/ou transmissão;
- Incentivar o desenvolvimento no país de toda a cadeia produtiva da indústria solar fotovoltaica com a nacionalização da tecnologia empregada;
- Fomentar o treinamento e a capacitação de técnicos especializados nesse tema em universidades, escolas técnicas e empresas;
- Estimular a redução de custos da geração solar fotovoltaica com vistas a promover a sua competição com as demais fontes de energia; e
- Propor e justificar aperfeiçoamentos regulatórios e/ou desonerações tributárias que forneçam a viabilidade econômica da geração solar fotovoltaica, assim como o aumento da segurança e confiabilidade no suprimento de energia. (ANEEL, 2011, p. 4).

As consequências diretas da chamada pública são a redução de barreiras à inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira; a viabilização econômica da produção, instalação e monitoramento da geração fotovoltaica e a injeção da energia elétrica gerada nos sistemas de distribuição e/ou transmissão.

Para Izidoro, Orsi e Cordeiro (2014), em diversos países, os programas de incentivo à energia fotovoltaica promoveram a instalação de sistemas integrados e facilitaram o surgimento de empresas fato que reduziu o custo dos sistemas fotovoltaicos a uma taxa média anual de 8% ao ano nos últimos 30 anos.

#### 4.3 RESOLUÇÃO 482

No Brasil, em 2012, a ANEEL criou a Resolução 482 estabelecendo um sistema de compensação de energia, semelhante ao *net-metering*, segundo o qual eventuais excessos da produção com relação ao consumo se transformam em créditos (kWh) os quais poderão ser aproveitados pelo consumidor/gerador em suas próximas faturas da concessionária. Os créditos não podem ser acumulados indefinidamente, o que significa que no limite a produção se iguala ao consumo. Este mecanismo, juntamente com a simplificação do processo de conexão da instalação fotovoltaica com a rede, vem contribuindo para impulsionar o setor fotovoltaico.

Nesta resolução, a conceituação de mini e microgeração são tratados de maneira objetiva, além dos sistemas de compensação:

I - 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;

II - 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; e

III - 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. (ANEEL, 2012a, p. 4).

Em paralelo, alguns sistemas conectados à rede estão sendo instalados em universidades, centros de pesquisas e outros locais com motivação não econômica, já que os investimentos com sistema fotovoltaico, na falta de incentivos adicionais, não compensam os benefícios esperados em termos de economia de energia.

#### 4.4 PRODIST

O PRODIST foi criado pela ANEEL no sentido de direcionar as relações entre concessionária e gerador/consumidor. A primeira versão ocorreu em 2008, mas desde então vem sofrendo modificações com o fim de melhorar os mecanismos e regras relacionais entre clientes e concessionárias de energia.

PRODIST institui um acordo operativo que é celebrado entre acessante/minigerador e acessada/concessionária, estabelecendo as responsabilidades, atribuições e o relacionamento técnico do ponto de conexão e das instalações de conexão para mini geradores.

Para unidades consumidoras do grupo B, ou seja, usuários com tensão demandada inferior a 2,3 kV de tensão, a potência instalada de geração será, limitada à carga instalada no local. Para consumidores do grupo A, isto é, com fornecimento de 2,3 kV a 230 kV, ou inferior a 2,3 kV para sistema subterrâneo de distribuição, a potência instalada é limitada à demanda contratada. Para ambos os casos, é previsto que os consumidores poderão solicitar o aumento da carga, desde que aumentem igualmente a demanda contratada (ANEEL, 2012b).

#### 4.5 RESOLUÇÃO 517

A resolução 517, de dezembro de 2012, modifica a resolução 482. Como exemplo, ela apresenta uma alteração no inciso III o qual define o sistema de compensação:

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (ANEEL, 2012b).

Esta resolução também trata do sistema de medição de energia, seus custos, especificações técnicas e os responsáveis pela sua instalação (ANEEL, 2012b).

#### 4.6 OUTRAS INICIATIVAS

No intuito de produzir uma certificação para o setor da geração solar, o Selo Solar foi desenvolvido em 2012 pelo Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas para a América Latina (IDEAL) e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), apoiados pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, este selo certifica mais de 120 produtos de energia limpa (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014).

O Selo Solar visa o incentivo de novos projetos de produção de energia renovável no país, principalmente de energia solar além de alertar as pessoas sobre a origem da energia elétrica que consomem, é igualmente destinado a empresas que geram ou compram energia fotovoltaica (IDEAL, 2014).

O IDEAL também coordena outra iniciativa chamada Projeto 50 Telhados com o objetivo de divulgar a geração de energia elétrica distribuída a partir da Energia Solar. O instituto que também para este projeto recebe o apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, objetiva a instalação de 50 geradores fotovoltaicos de 2 kWp cada (ou 100 kWp de potência total) por cidade e em pelo menos vinte cidades brasileiras. Deste modo, cada cidade precisa ter pelo menos 50 telhados fotovoltaicos até o final de 2014. Estas cidades então se tornarão referências na utilização de energia solar (IDEAL, 2014).

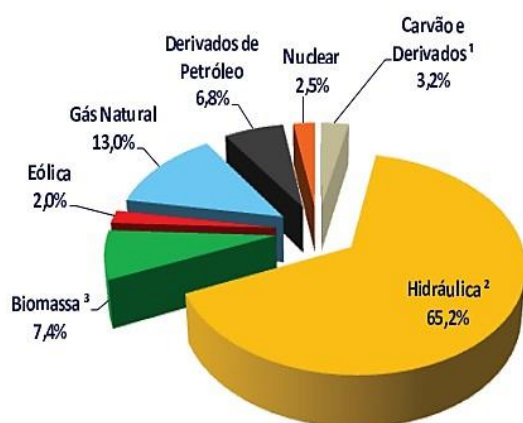


## 5 POTENCIAL SOLAR DA REGIÃO NORDESTE

### 5.1 CONJUNTURA ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil é o quinto maior país do globo, o maior da América Latina sendo cortado pela Linha do Equador, possuindo maior parte de seu território no hemisfério sul da América do Sul. Além disso, tem as maiores reservas hídricas do mundo e um clima baseado principalmente na abundância de ventos e luz solar, grandes reservas de petróleo, gás natural, carvão e Urânio. Com tudo isso, tem uma matriz energética relativamente diversificada e com um alto percentual de utilização de FRE.

Figura 18 - Distribuição das fontes de geração elétrica no Brasil  
Brasil (2014)



geração hidrúlica<sup>2</sup> em 2014: 407,2 TWh  
geração total<sup>2</sup> em 2014: 624,3 TWh

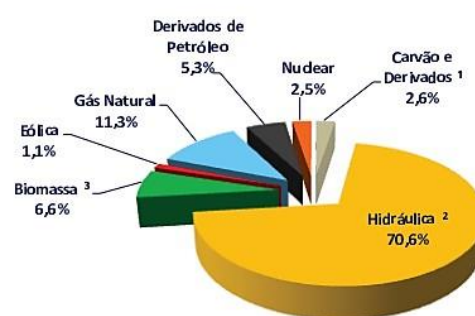
<sup>1</sup> Inclui gás de coqueria

<sup>2</sup> Inclui importação

<sup>3</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Fonte: Izidoro, Orsi e Cordeiro (2014).

Brasil (2013)



geração hidrúlica<sup>2</sup> em 2013: 431,3 TWh  
geração total<sup>2</sup> em 2013: 611,2 TWh

Com uma população que supera os duzentos milhões de habitantes (IBGE, 2015), o Brasil ocupa o décimo lugar dentre os maiores consumidores de energia do planeta e o terceiro maior das Américas, só ficando atrás dos Estados Unidos e Canadá.

No tocante à energia elétrica, em 2014, segundo a EPE (2015), o consumo no país foi de 475,4 TWh, correspondendo a um aumento de 2,7% na comparação com 2013, graças aos setores residencial (+5,7%) e comercial (+7,4%) como protagonistas nessa demanda, registrando um consumo per capita de 2.335 kWh.

Na matriz energética do Brasil, existe um predomínio da geração hidrelétrica, com aproximadamente 63% de participação. Como salienta Carvalho (2010) não apenas energia

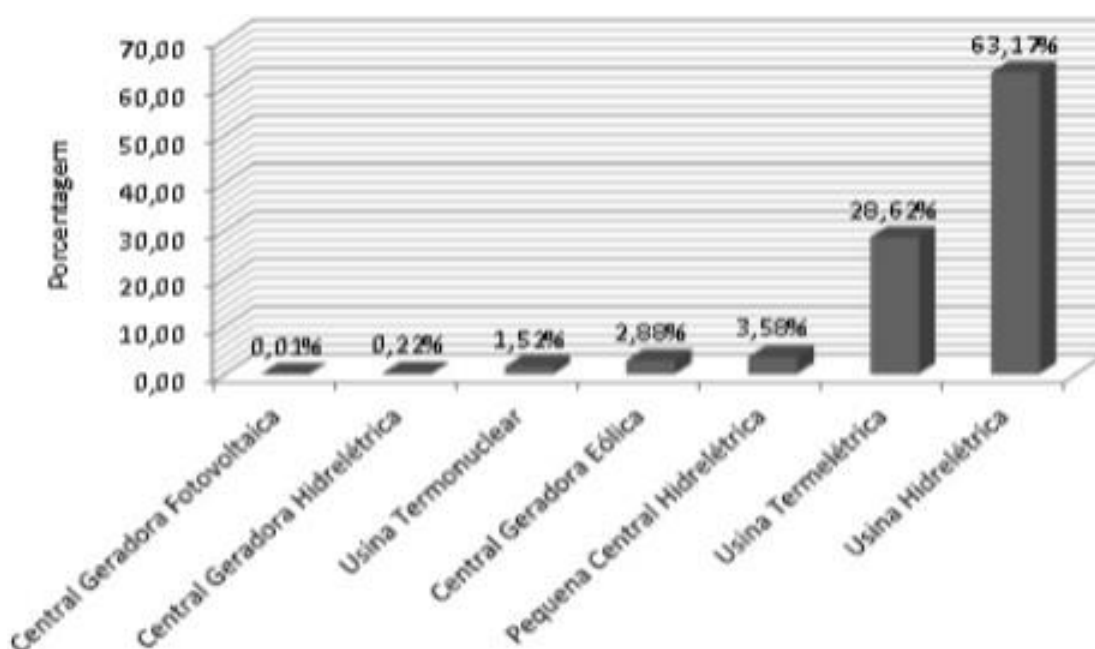
hidrelétrica e o etanol, mas também utiliza-se de fontes não-renováveis de energia, como o petróleo e o gás natural. Além desses estão a energia nuclear, eólica e solar em menor grau de uso (Figura 18).

Em 2014, mesmo com a redução de geração hidrelétrica em função condições hidrológicas desfavoráveis no período e com a entrada de 16.282 MW médios gerados por termelétricas programada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a geração de energia elétrica ainda se manteve principalmente com a fonte hidráulica, apesar de utilizar-se de um quinto do total (20,6%) de termelétricas, como vê-se na figura. A participação das renováveis (Figura 19), excetuando-se a hidráulica não alcança 3% do total, refletindo uma grande dependência na geração hidráulica e termelétrica.

O uso das termelétricas como alternativa gerou um aumento de custos na tarifa cobrada aos usuários e de emissão de gases poluentes, ou seja, uma solução que produziu forte impacto econômico e ambiental no setor elétrico no país.

Três grupos de termelétricas passaram a operar a partir desse período, usando fontes diferentes como indicado na figura 20. Com domínio total para as fontes não renováveis (75%), a solução encontrada pelo ONS, de forma clara, não priorizou políticas de incentivo quanto ao uso de fontes menos poluentes, fato comprovado por duas indicações claras, a primeira é que a maior participação foi de termelétricas que tem como fonte o carvão mineral quase metade e, a segunda, é que o total de usinas térmicas que utilizam biomassa ocupa apenas um quarto do total, representando uma minoria absoluta.

Figura 19 - Oferta de energia no cenário brasileiro de 2014

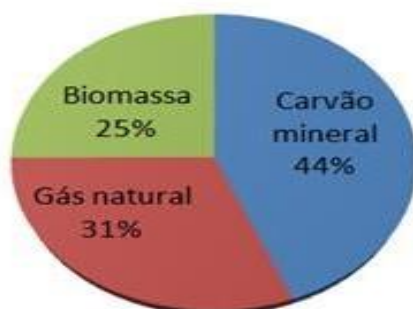


Fonte: EPE (2015).

No caso, por exemplo, do grupo de termelétricas que tem como fonte o carvão, é na mineração que ocorre um forte impacto socioambiental (negativos), que afeta principalmente os recursos hídricos, o solo e o relevo das áreas circunvizinhas (EPE, 2015).

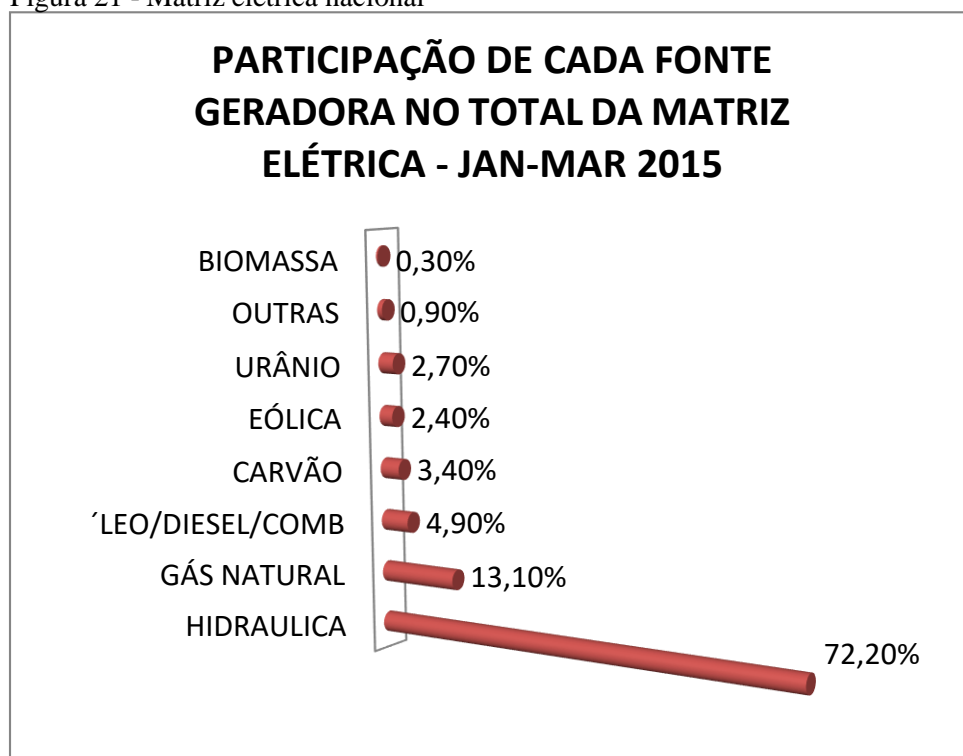
Figura 20 - Termelétricas por fonte no cenário brasileiro de 2014

### Participação das Termelétricas por fonte (2014)



Fonte: EPE (2015).

Figura 21 - Matriz elétrica nacional



Fonte: ONS (2015).

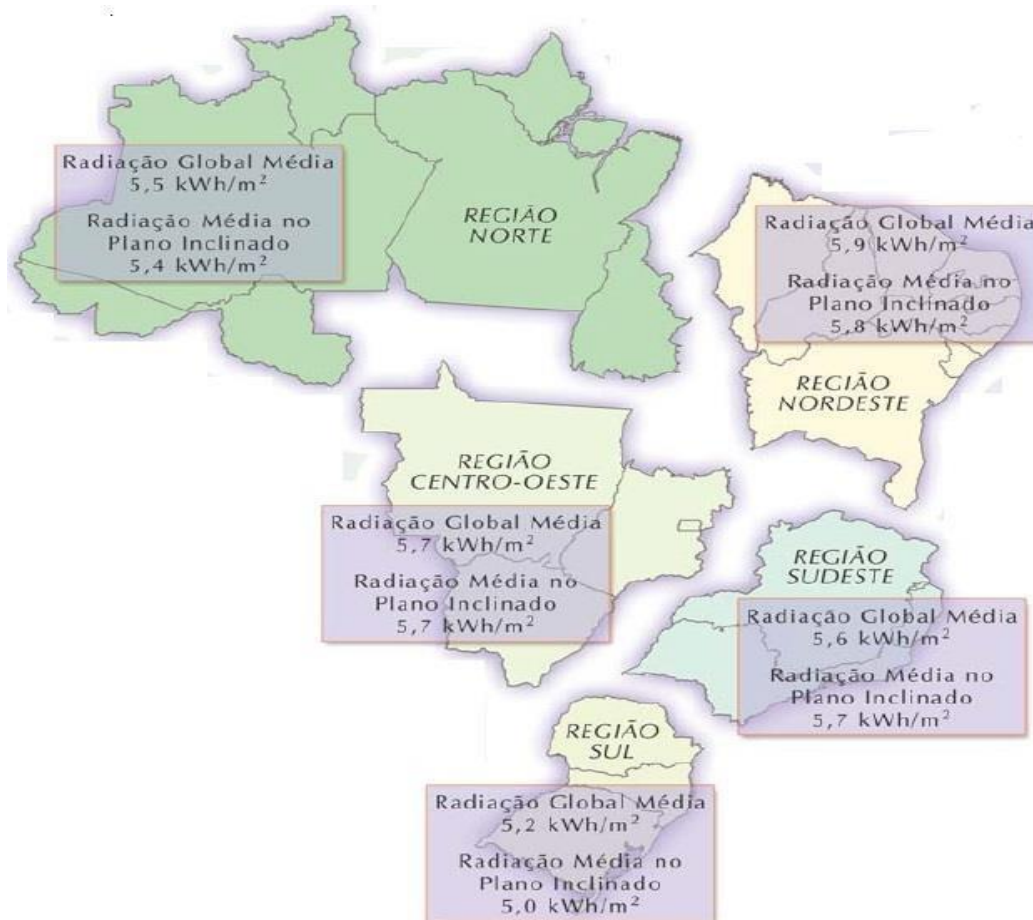
Em 2015, a matriz elétrica brasileira apresentava-se como na Figura 21. Registra-se um domínio superlativo na geração hidrelétrica, comparando-se esta FRE com as demais do grupo. Os percentuais apontam para a necessidade de maior diversificação, ou melhor, mais investimentos em outras renováveis como é o caso da energia solar que de tão ínfima a sua participação, foi associada a algumas outras no grupo “OUTRAS” da Figura 21.

Investir em outras FRE implica dizer que é preciso incentivar toda uma cadeia produtiva, disponibilizando crédito e linhas de programas governamentais que auxiliem na consolidação do mercado e com isso possa atrair players interessados em investir no setor.

A fonte solar é um desses exemplos, que mesmo apresentando-se abundante no Brasil, ainda não é bem aproveitada. Em contrapartida, a fonte eólica que já há alguns anos tem recebido forte incentivo através de investimento de governos em políticas de leilão de energia por fonte eólica e com isso, uma maior atratividade do setor para o ingresso e exploração por investidores do ramo, desponta como um nicho do mercado energético no Brasil, que só está começando.

Existe uma vantagem interessante que a geração solar de energia tem sobre a geração eólica, a geração pode se dar na própria localidade em que o usuário encontra-se, enquanto que a eólica, em sua implantação, deve ser associada a existência de linhas de transmissão, ou seja, um custo adicional.

Figura 22 - Radiação por região do Brasil. (Atlas Brasileiro de energia Solar)



Fonte: INPE (PEREIRA, 2006).

O redirecionamento da política energética brasileira poderá produzir uma sensível redução nos custos operacionais se políticas públicas incentivarem um maior uso da fonte solar nos grandes centros em regime de alternância ou complementariedade com outras fontes disponíveis ao sistema integrado.

## 5.2 POTENCIAL SOLAR DO BRASIL

Segundo dados apresentados por Wanderley e Campos (2013), baseados no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), que reproduzem informações do Atlas Solarimétrico do Brasil (2006), a radiação incidente sobre o país varia de 8 a 22 MJ/m<sup>2</sup> durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, com essa radiação variando de 8 a 18 MJ/m<sup>2</sup>.

Figura 23 - Comparativo de áreas com os melhores índices de irradiação solar, no Brasil e no Mundo

Localidade	Latitude	$H_{n(\text{mínimo})}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$H_{n(\text{máximo})}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$H_{n(\text{anual})}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$H_{n(\text{max})}/H_{n(\text{min})}$
Dongola-Sudão	19°10'	19,1(Dez)	27,7(Mai)	23,8	1,4
Dagget - USA	34°52'	7,8(Dez)	31,3(Jun)	20,9	4,0
Belém-PA-Brasil	1°27'	14,2(Fev)	19,9(Ago)	17,5	1,4
Floriano -PI-Brasil	6°46'	17,0(Fev)	22,5(Set)	19,7	1,3
Petrolina-PE-Brasil	9°23'	16,2(Jun)	22,7(Out)	19,7	1,4
B. J, da Lapa -BA-	13°15'	15,9(Jun)	21,1(Out)	19,7	1,3
Cuiabá-MT-Brasil	15°33'	14,7(Jun)	20,2(Out)	18,0	1,4
B. Horizonte-MG-Brasil	19°56'	13,8(Jun)	18,6(Out)	16,4	1,3
Curitiba-PR-Brasil	25°26'	9,7(Jun)	19,4(Jan)	14,2	2,0
P. Alegre-RS-Brasil	30°1'	8,3(Jun)	22,1(Dez)	15,0	2,7

Fonte: Atlas Solarimérico - 2008 (WANDERLEY; CAMPOS, 2013).

Em valores de geração fotovoltaica, o Brasil tem um potencial de 24.993 TWh, de acordo com o Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA, 2012). No entanto, de acordo com a Aneel (2013), o país possui uma potência outorgada de 15,12 MW, com um valor de potência fiscalizada de apenas 11,12 MW (SWERA, 2012).

Em outras palavras, o potencial disponível no Brasil ofertado pela fonte solar, tem tido um aproveitamento inferior a 0,1% de sua capacidade efetiva. Enquanto fonte de energia, a radiação solar no Brasil tem índices extremamente favoráveis à sua exploração.

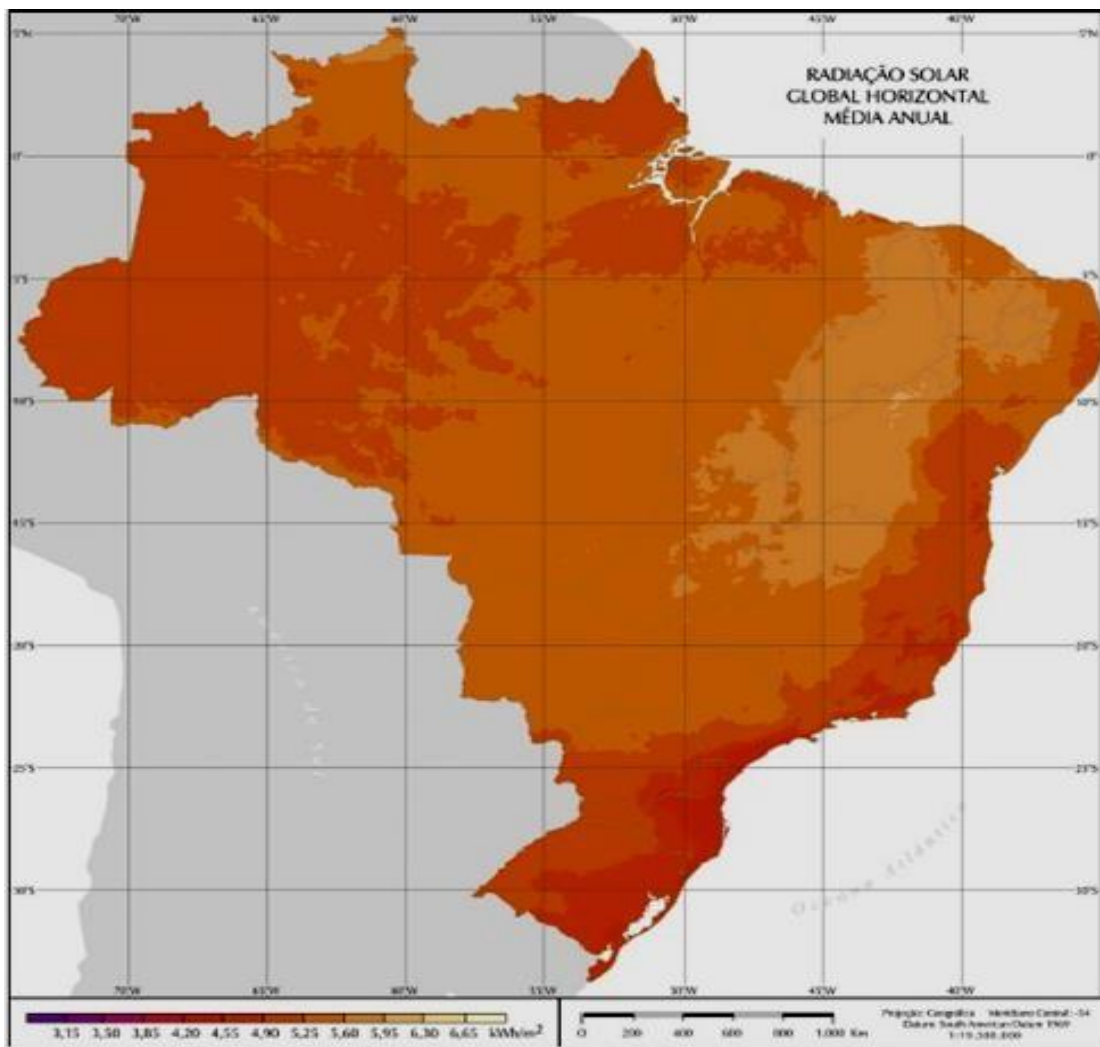
Algumas cidades brasileiras, situadas nas regiões nordeste e norte do país, por exemplo, despontam com grande potencial solar de exploração comparáveis a outras nos Estados Unidos e no Sudão em que a fonte já vem sendo convertida em energia elétrica sendo conhecidas como detentoras dos melhores índices de radiação solar do mundo (Figura 23).

Ainda observando a figura 14, as cidades de Petrolina e Belém, possuem uma relação de Radiação máxima e mínima ( $H_{\text{max}}/H_{\text{min}}$ ) de mesma ordem de grandeza que Dongola (Sudão), com um importante aspecto, esta região no Sudão é um deserto no qual a geração solar vem sendo explorada desde 2010.

Das cinco regiões que dividem o país, a região nordeste apresenta a melhor média global de radiação solar (figura 24). Em ordem decrescente de valores de média global de radiação

solar, de acordo com o mapa solarimérico está o nordeste, centro-oeste, sudeste, região norte e por último a região sul.

Figura 24 - Radiação solar sobre o território brasileiro



Fonte: INPE (PEREIRA, 2006).

A região centro-oeste iguala-se à sudeste na média de radiação no plano inclinado e a região sul está em última colocação nos dois índices. Por outro lado tanto na média global de radiação quanto na média da radiação no plano inclinado, o nordeste brasileiro apresenta os melhores índices.

A radiação global no território brasileiro no geral, não é tão disforme, mesmo apesar de alguns aspectos climáticos regionais. O valor máximo de  $6,5 \text{ kWh/m}^2$  ocorre na parte norte do Estado da Bahia, próximo à fronteira com o Piauí, caracterizado por um clima semi-árido, e precipitação média anual de  $300 \text{ mm/ano}$  e a mais baixa cobertura na média anual de nuvem (PEREIRA, 2006).



Por outro lado, o valor mais baixo de radiação solar ( $4.25\text{kWh}/\text{m}^2$ ) é verificado ao longo da costa norte de Santa Catarina, cuja precipitação ocorre por todo ano. Outro aspecto pontual é o que ocorre na Região Norte, pois no verão (dezembro a fevereiro) é registrado um índice mais baixo de irradiação se comparada com a Região Sul, apesar de ser cortada pela linha do equador, o que poderia se supor uma maior incidência. Isto é devido à forte influência da Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT) a qual provoca uma cobertura de nuvens maiores e chuvas durante o verão (PEREIRA, 2006).

Na área costeira da região nordeste os ventos alísios produzem zonas de nebulosidade reduzindo a radiação solar sobre esta região. Os valores máximos de radiação solar, no nordeste, são observados na área ocidental, incluindo a região do Norte do Estado de Minas Gerais, região Nordeste do Estado de Goiás e área sul do Estado do Tocantins.

A Região Centro-oeste tem maior incidência de radiação solar durante outono e inverno, principalmente entre os meses de julho e setembro, quando a precipitação é baixa e o número de dias de céu claro é maior (MARTINS, 2007).

### 5.3 POTENCIAL SOLAR DO NORDESTE

O Nordeste é a terceira maior região do Brasil ocupando uma área de  $1.561.177\text{ km}^2$  (IBGE) ou 18,27% do território brasileiro com uma população de aproximadamente 53.081.950 habitantes, distribuída em nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, principalmente com maior concentração na região litorânea.

A extensão da área litorânea nordestina é de 3.306 km, o que corresponde a 45% de toda a extensão litorânea do Brasil (IBGE, 2011) que é de 7.367 km. É na área litorânea que se concentra também grande parte dos centros urbanos nordestinos e conseqüentemente, maior parte da população.

Em relação ao PIB per capita, a região ocupa a última colocação, no comparativo com as demais regiões do país (figura 24). Em números percentuais corresponde a 37% do maior PIB per capita (região sudeste) e em relação ao penúltima colocada, a região norte, a diferença é de aproximadamente um terço do seu próprio valor.

Ainda de acordo com o IBGE (2014), a região apresenta quatro tipos de clima que são o equatorial úmido (numa faixa do Maranhão, na divisa com o Piauí), o litorâneo úmido (litoral da Bahia até o Rio Grande do Norte), o tropical (Bahia, Maranhão Ceará e Piauí) e o tropical semi-árido (todo sertão nordestino).



A incidência solar no nordeste, conforme a figura 25, apresenta uma média anual de aproximadamente oito horas diárias de sol, a melhor do Brasil. Este número indica por exemplo que no período de um dia de trabalho, a demanda energética do nordeste ou mesmo de outras regiões pode ser atendida por usinas fotovoltaicas instaladas no próprio nordeste. Mas, se a proposição partir do princípio de redução dos custos de geração de energia elétrica pela supressão das linhas de transmissão, o fato salientado de que o nordeste supriria no período diurno de sua própria demanda de energia elétrica endossa pelo menos um estudo mais estrito à região e as múltiplas alternativas que o resultado sugere.

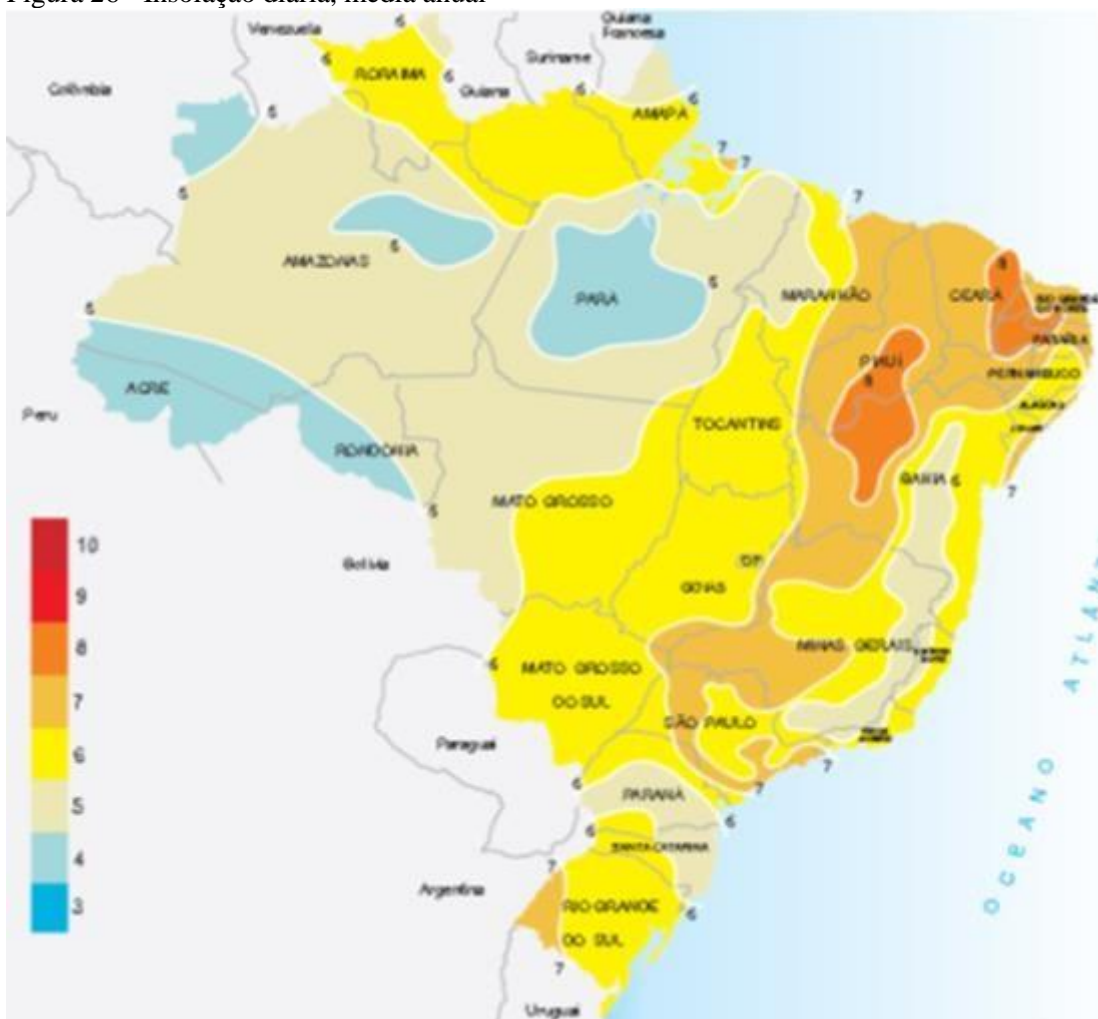
Figura 25 - Valores em Reais da Renda per capita por região do Brasil



Fonte: IBGE (2013).

Quanto maior a demanda no verão em comparação com o período de inverno, maior a possibilidade de a carga coincidir com a disponibilidade do recurso solar. Esse é o comportamento típico na maioria das capitais do Brasil (RODRIGUES, 2013). No gráfico de radiação solar global, analisando sob o aspecto regional, o nordeste igualmente apresenta valores que devem ser bem aproveitados na geração fotovoltaica. Vemos por este mapa (figura 26) que todos os estados apresentam áreas em que a média anual alcança uma intensidade solar de  $18 \text{ MJ/m}^2$  e nos estados do Ceará, rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco atingem valores da ordem de  $20 \text{ MJ/m}^2$ .

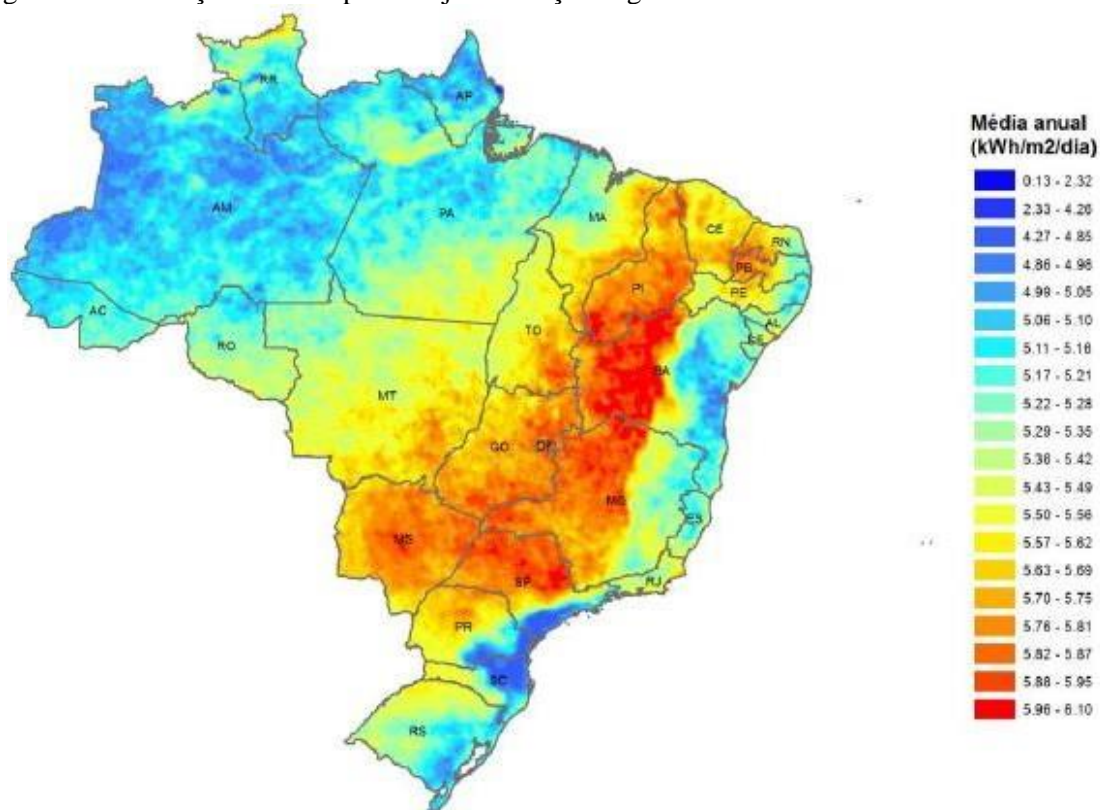
Figura 26 - Insolação diária, média anual



Fonte: INPE (PEREIRA, 2006).

As cartas de radiação solar global diária média mensal apresentadas no Atlas Solarimétrico do Brasil revelam um período de mínimo no trimestre maio-junho-julho e que as variações sazonais para o nordeste são menores, o que poderá resultar em importantes vantagens técnicas e econômicas dos sistemas solares instalados nesta região.

Figura 27 - Irradiação total em plano cuja inclinação é igual à latitude do local



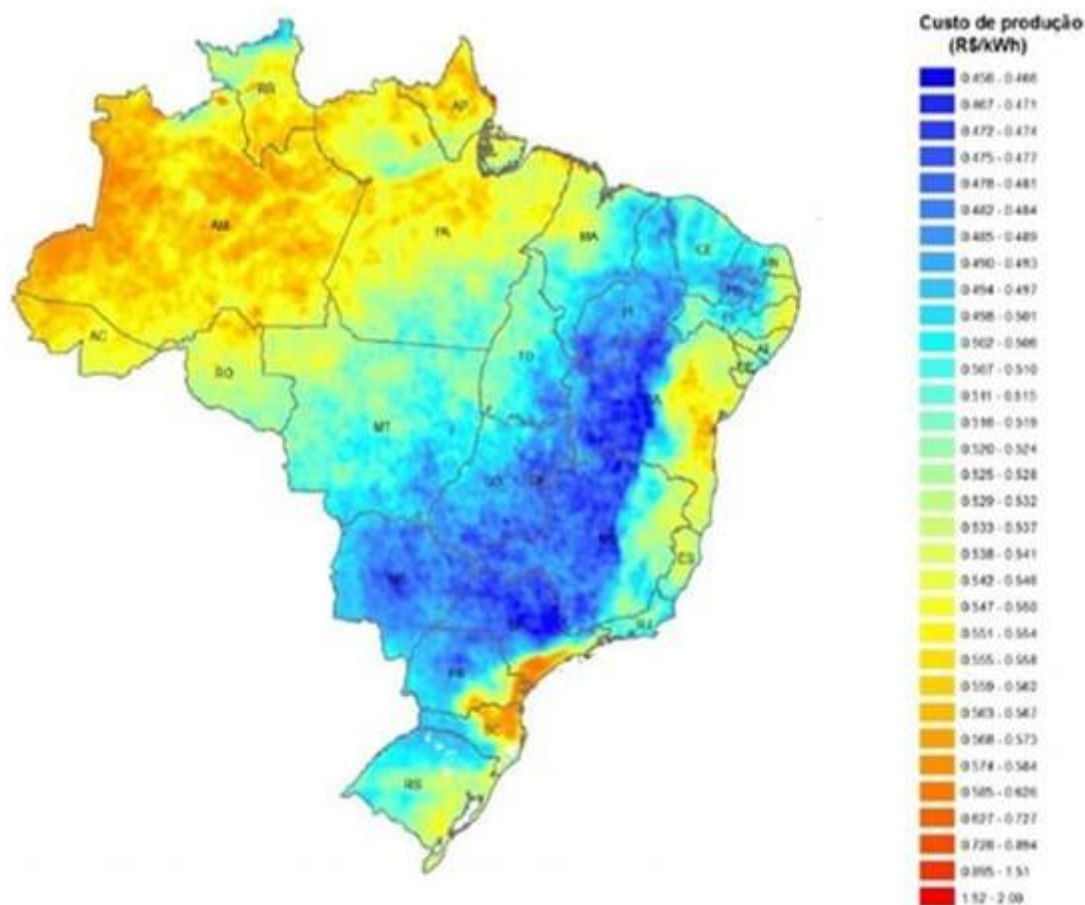
Fonte: COGEN SOLAR (2012).

Com base na análise dos dados obtidos o Grupo de Trabalho COGEN SOLAR (2012), em seu Relatório Final, apresentou um mapa correlacionando região e custos de implantação de projetos fotovoltaicos no Brasil (Figura 28).

A comparação identifica que a faixa mais escura cobre maior área da região sudeste. O nordeste brasileiro, por outro lado, também é indicado, representando dessa forma, menores custos de implantação.

No oeste baiano foram identificadas condições propícias extremamente adequadas como alto fator de capacidade na ordem de 18,5%, ou seja, uma usina com 10 Mwp produzirá o equivalente a 162 MWh/ano (COGEN SOLAR, 2012).

Figura 28 - Custo de produção



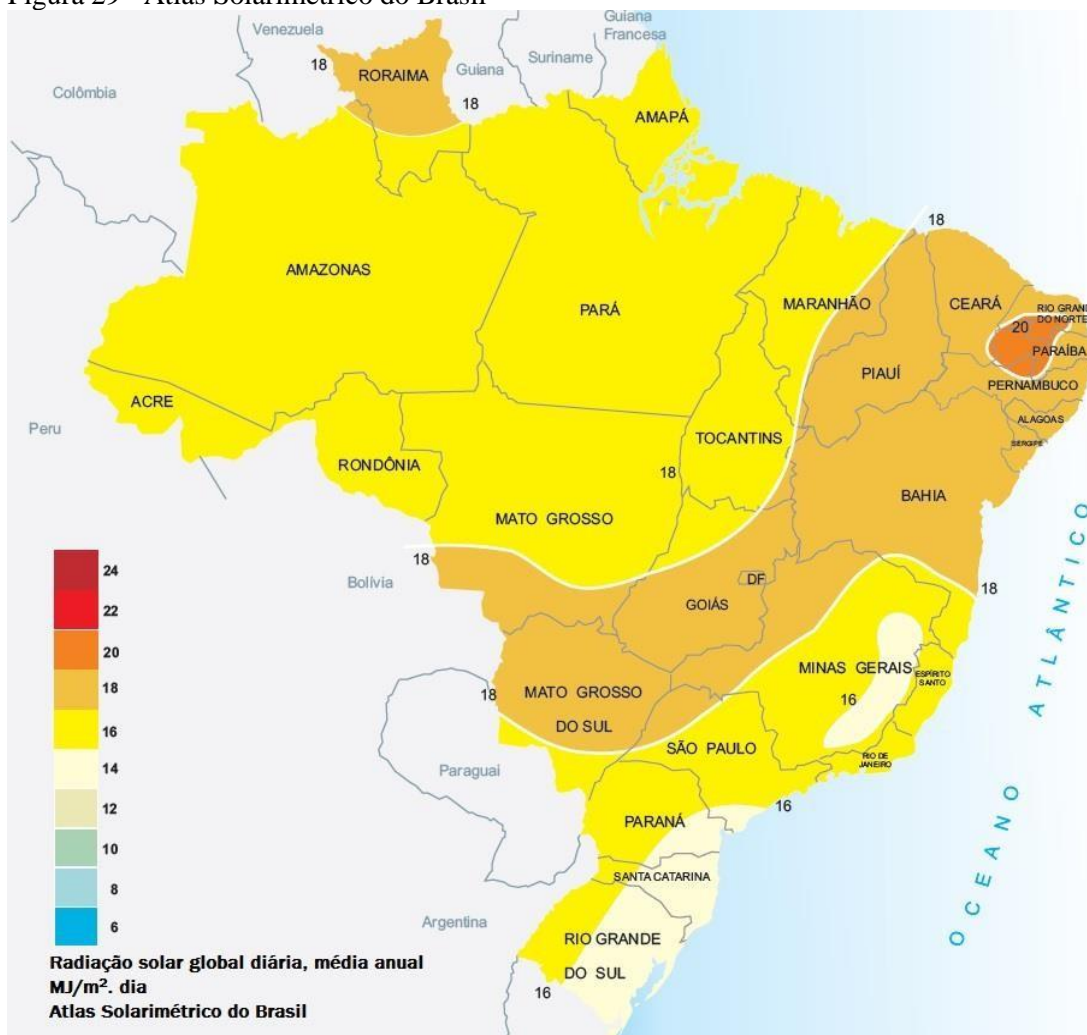
Fonte: COGEN SOLAR (2012).

Diante de um panorama que se apresenta favorável ao uso da geração fotovoltaica no Brasil, R  ther e Salamoni (2013) sugerem que haja um incentivo   produ  o de tecnologia nacional e a iniciativa de projetos privados e governamentais pode resultar na diminui  o do custo e, dessa forma, incentivar a prolifera  o dessa fonte.

Quanto mais a tecnologia penetrar e passar a fazer parte da realidade brasileira, maiores serão as possibilidades de novas empresas do ramo oferecerem produtos com preços mais competitivos dentro da realidade brasileira.

Para Rampinelli e Gomes (2013), a redu  o do preço de componentes aliada ao potencial solar brasileiro e ao atual desenvolvimento de regulamenta  o [do Brasil], pode-se dizer que o futuro da energia solar fotovoltaica no Brasil   altamente promissor, para grandes centrais ou sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte. [...] o investimento no setor, nos próximos 10 anos, será da ordem de R\$ 17 bilhões e que o preço médio que atualmente   da ordem de R\$ 450,00/MWh seja reduzido para valores da ordem de R\$ 150,00/MWh.

Figura 29 - Atlas Solarimétrico do Brasil



Fonte: INPE (PEREIRA, 2006).

Para o GT-COGEN (COGEN, 2012), o investimento em energia fotovoltaica no Brasil variará conforme a região, ou seja, em regiões em que o potencial de geração fotovoltaico for maior, os custos para a implantação de usinas, mini e microgeradores tenderá a ser menor.

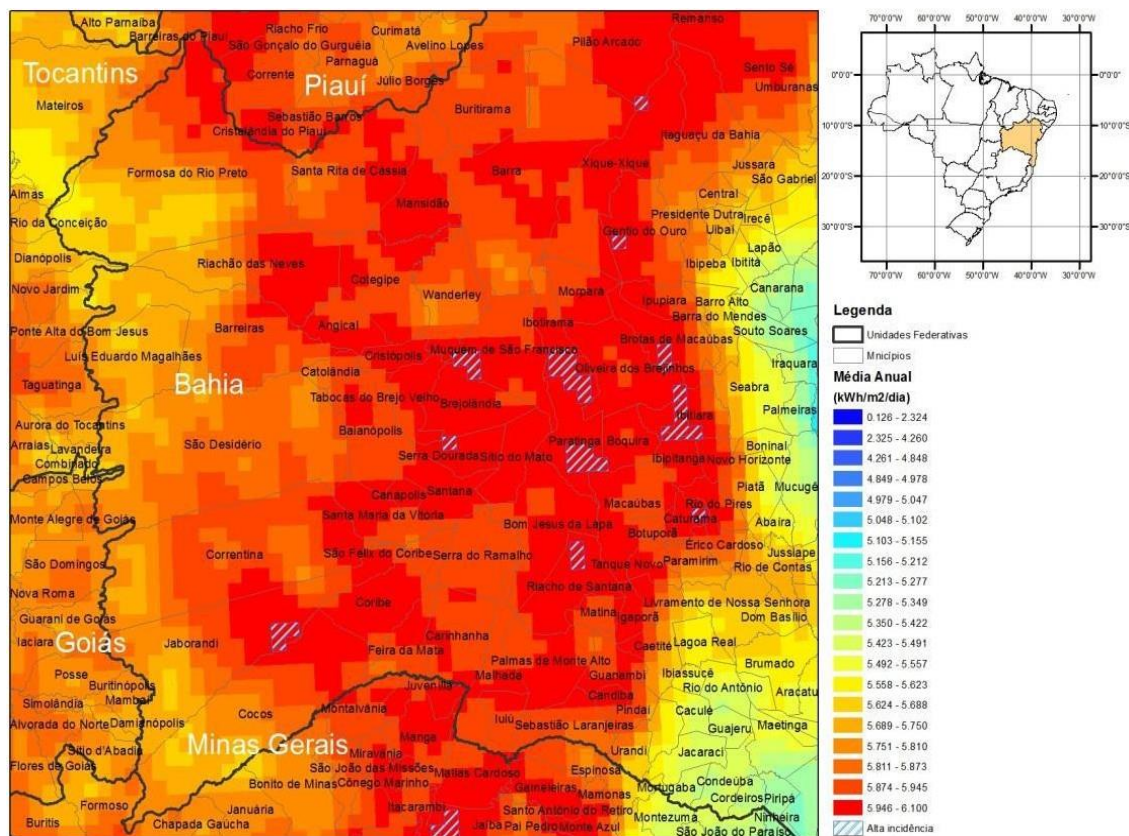
Nesses casos, o tempo de retorno (pay-back) será menor se comparado com outras regiões em que mesmo sendo favorável, o potencial não alcançaria valores máximos, que os registrados em outros pontos. Não significa, porém que haveria, por assim dizer prejuízo sobre o investimento feito, apenas que mesmo levará um horizonte maior para que começasse a apresentar lucro ou economia na tarifa de energia elétrica.

A região nordeste tem um excelente potencial solar a ser explorado por políticas públicas de fomento. Essas ações governamentais devem utilizar como principal razão o



aproveitamento local da energia disponível e utilizar a energia proveniente de outras fontes para os períodos em que a energia solar não fosse efetiva.

Figura 30 - Região na Bahia com maior potencial fotovoltaico



Fonte: COGEN SOLAR (2012).

No estado da Bahia, foi identificada uma região em que as médias anuais de irradiação são excelentes à exploração da fonte solar (figura 30). Nesta região, o índice solar é da ordem de 6.100 Kwh/m<sup>2</sup>/dia.

A UNILAB estando no nordeste brasileiro, pode aproveitar-se da fonte que é tão abundante e a qual sempre caracterizou esta região, transformando o paradigma do clima nordestino em profícuo motor de geração de energia elétrica sustentável, renovável e de uma cadeia de empregos que poderá revolucionar localidades.

Com o entendimento de que a IES é um centro onde se opera a transformação da realidade circundante e universal, a UNILAB enquanto Célula de Back-up promoverá um suporte energético que incrementará o sistema elétrico local, promovendo com isso uma redução no impacto que essa demanda impõe.

Na condição de minigerador, e por isso mesmo, estando conectado à rede, a UNILAB aproveitará de forma sustentável o potencial que o nordeste possui, dando partida a uma modalidade de produtor que deverá se disseminar por outras áreas da região e do país.

## **6 ESTUDO ECONOMICO DE IMPLANTAÇÃO DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO NO CAMPUS DOS MALÊS**

### **6.1 OS MALÊS**

Conhecido como um grande movimento popular no cenário baiano e brasileiro, a Revolta dos Malês ocorreu em 25 de janeiro de 1835, na cidade de Salvador. Os africanos então chamados “Malês”, por serem negros muçulmanos. A expressão male vem de imalê, que na língua iorubá significa muçulmano. Portanto os malês eram especificamente os muçulmanos de língua iorubá, conhecidos como nagôs na Bahia (REIS, 2008).

A Revolta dos Malês ocorreu graças ao ideal de instalar na Bahia que tinham por objetivo matar todos os brancos, pardos e crioulos, e criar um estado independente, cuja a religião fosse a muçulmana.

Iniciando na madrugada de 25 de janeiro, após algumas horas de intensos confrontos armados de ambos os lados, revoltosos e guarda colonial, com várias baixas aasinaladas, os Malês foram sendo abatidos e totalmente derrotados, com um saldo aproximado de quarenta escravos mortos, além de inúmeros feridos e afogados, sendo também presos cerca de duzentos e oitenta negros entre escravos e libertos. Embora tenha durado pouco tempo, Malês foi considerado o levante de negros urbanos mais sério ocorrido no continente americano (REIS, 2008).

A homenagem feita a esta Revolta que assinala principalmente um alerta contra a intolerância religiosa, carimba por assim dizer a missão da UNILAB visto que traz em sua essência o ideário da igualdade em todos os seus aspectos de gênero, de etnia, de religião e de ideologia.

### **6.2 ASPECTOS FISICOS DO CAMPUS DOS MALÊS**

O Campus dos Malês situa-se no recôncavo baiano, na cidade de São Francisco do Conde e está a 62km da capital, Salvador. O imóvel que é a atual sede, possui dois pavimentos construído em uma área com 720 m<sup>2</sup> (Figura 31), compõe-se de doze salas de aula, um auditório com capacidade para 220 pessoas, uma quadra poliesportiva, um restaurante universitário, um laboratório de informática com 30 computadores e uma biblioteca com capacidade para 2.000 volumes.



Este prédio foi cedido pela Prefeitura Municipal por dez anos, renováveis por igual período, como uma das ações assumidas pela então prefeita, a professora Rilza Valentim, autora da proposta de levar até aquela cidade uma universidade federal. A partir do acordo firmado entre a Prefeitura e o Ministério da Educação e homologado em 25 de Julho de 2011 (D.O.U, Nº 141), o então Campus de São Francisco do Conde passou a constituir o campus fora de sede da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e recebeu o nome de Campus dos Malês.

Figura 31 - Prédio do Campus dos Malês



Fonte: UNILAB (2015).

Nos lotes adjacentes ao prédio principal do Campus dos Malês, serão implantados cinco novos prédios, então denominados Blocos Acadêmicos Anexos. A obra inicial prevê a construção de dois e posterior conclusão com outros três prédios. Em números, com a implementação desta primeira etapa, o Campus dos Malês terá 96 salas de aula e 20 laboratórios (Figura 32).

A demanda elétrica é de 60KW/mês, com 70% correspondentes ao período noturno que é o turno em que ocorrem as aulas do campus. Já os novos prédios, a previsão de carga totalizará 500 kw/mês.

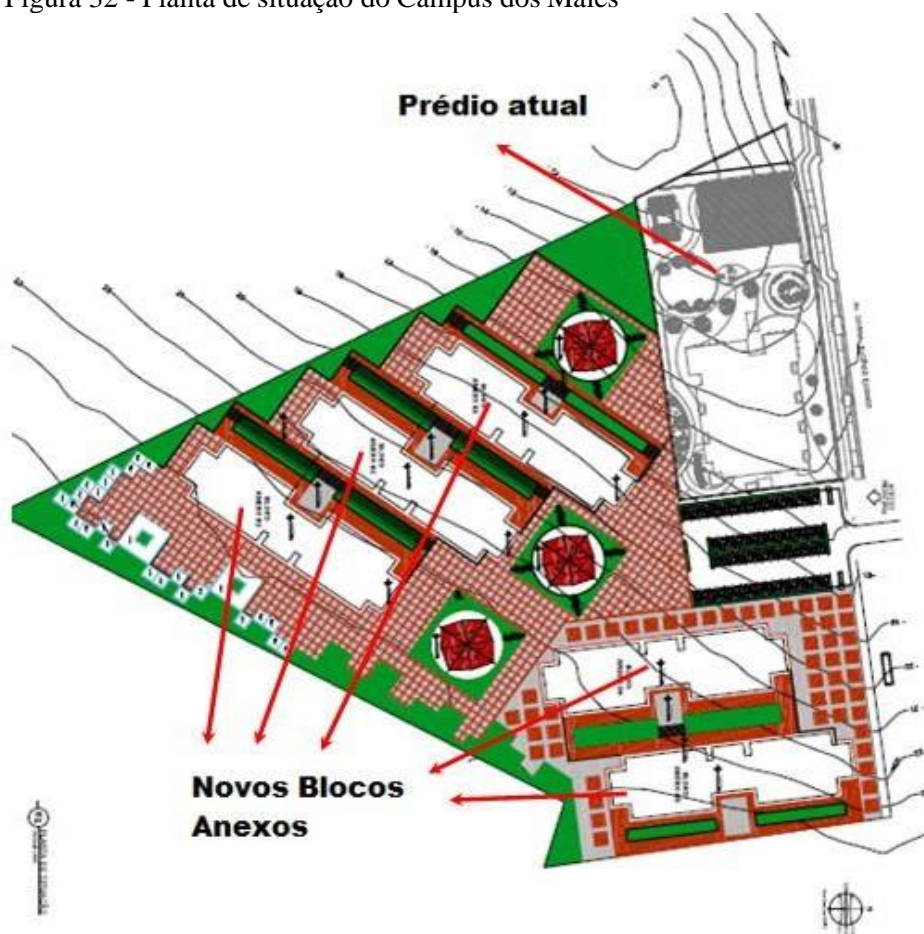
Dentro deste contexto de expansão, a UNILAB, por meio da Pró-reitoria de Planejamento, através da Divisão de Planejamento que a representa no Campus, propõe a implantação de um sistema de geração elétrico baseado em FRE, que no caso será a geração fotovoltaica.

O projeto fotovoltaico a ser implantado na UNILAB que a partir de agora será chamado de Bunu<sup>1</sup> terá uma geração de 70 KW, dessa forma, e pretende-se de forma conectada à rede, injetar o excedente no sistema e de acordo com a Resolução 482 da ANEEL, se tratará de uma microgeração distribuída.

As condições físicas para a instalação desse sistema fotovoltaico no campus são favoráveis mesmo para uma proposta de geração superior à sua demanda. Uma situação que pode ser pontuada com o propósito de sugerir uma revisão no texto da referida Resolução 482 em seu Art. 1º (Anexo).

Seria incluir um inciso IX, o qual fará referência a criação de uma nova categoria de gerador denominado Célula de Back-up ou Unidade geradora de reserva para o sistema elétrico local. Em outras palavras, a UNILAB se propõe a ser a instituição de vanguarda no rol de IES públicas federais que atuarão como elementos de suporte dentro do sistema elétrico local, injetando energia e ofertando com isso energia extra com fonte limpa e renovável para a região em que está instalada.

Figura 32 - Planta de situação do Campus dos Malês



Fonte: UNILAB (2015).

<sup>1</sup> Bunu, em Língua Mandjaca ou Manjaca, significa Sol. A na pronúncia Bú-nu

Esta Unidade ou Célula, atenderia ao conceito de minigeração devido à carga de operação e por consequência, estaria igualmente conectada à rede, ou seja, atuaria em conformidade com todos os itens já previstos neste artigo da resolução, uma vez que se trata de geração distribuída também.

Dentro do conceito trazido de CB, deverá ser previsto que a geração sempre deverá ser superior a pelo menos 20% que a sua demanda contratada; que a fonte utilizada seja renovável; que a comunidade local seja favorecida de algum modo, ou por meio de redução na tarifa elétrica, proporcional à carga injetada e/ou que outras autarquias federais o sejam.

A carga oferecida à rede, dentro de um perfil de geração compatível com a fonte, poderá ser utilizada de maneira estratégica pela concessionária, evitando momentos de pico na demanda dos usuários.

Desse modo, o conceito de célula de back-up será compreendida como uma unidade física, que poderá ser uma autarquia da Administração Federal, a qual tornando-se minigeradora de energia elétrica a partir de uma fonte renovável, mantenha seu próprio funcionamento e além disso, possa injetar carga na rede, produzindo efeitos indiretos para outros órgãos da Administração Pública Federal.

Não haverá nenhuma motivação comercial na oferta da carga ao sistema, em se tratando de uma Célula de Back-up, tão somente de: promover o desenvolvimento local, fomentando a maior oferta de energia elétrica; atrair investimentos para a descoberta de novas tecnologias; fomentar a cadeia das FRE, por meio de pesquisas no setor; e mobilizar a sociedade para a necessidade do uso de FRE em oposição às fontes não-renováveis.

Para o município de São Francisco do Conde, será a quebra de um paradigma sobre o qual há décadas ele subsiste. A implantação da central Bunu no Campus dos Malês provocará reflexões sobre a necessidade de compreender que a principal fonte de recursos do município que é a extração do petróleo pela Petrobras, necessariamente tenderá a uma curva descendente, visto que é fonte não renovável, cobrando dos gestores públicos ações capazes de fomentar ainda que paulatinamente, a substituição do objeto de arrecadação municipal, gerando renda não mais com o Petróleo, mas agora com o sol.

### 6.3 A CÉLULA DE BACK-UP

Para que haja efetividade na proposta dada à UNILAB enquanto IES pública federal como Célula de Back-up, tem-se como imprescindível a alteração também do Art. 4º, §1º e §2º,

da Resolução 482 da ANEEL que estabelece a obrigatoriedade de gerar o limite que têm contratado junto à concessionária.

Essa exclusão na modalidade proposta, ou se preferir, a criação de uma nova modalidade ou conceito dentro da Resolução 482, é devido à própria natureza do tipo de geração, visto que desde que opere nos níveis técnicos de segurança para o sistema, a carga oferecida deverá de forma proporcional, atingir ao maior número possível de beneficiados, quiçá, dentro de uma faixa limite de carga pré-estabelecida onde os créditos compensatórios possam ser transferidos para uma autarquia pública federal da mesma região ou estado de atuação da concessionária.

A modalidade de Célula de Back-up ganha dimensão factível em se verificando que a IES pública federal está instalada em imóveis que possuem extensas coberturas, em alguns casos espaços físicos amplos, compostos por estacionamentos, prédios acadêmicos e administrativos, enfim, áreas apropriadas para a instalação de painéis fotovoltaicos em várias opções de disposição.

Ampliando a análise, estas IES públicas federais estão presentes em todas as regiões do país, em cidades mais afastadas ou nos grandes centros urbanos, o que para a geração fotovoltaica não se constitui em problema, pelo contrário, a proximidade dos usuários, tenderá a suprimir as perdas tão características da transmissão, já que o usuário está próximo ao gerador, conseqüentemente, uma tensão elétrica com maior qualidade.

#### 6.4 O PROJETO DA CENTRAL FOTOVOLTAICA - DETALHES

O processo de implantação da central de geração fotovoltaica, partiu da iniciativa da Divisão de Planejamento do Campus dos Malês. A atribuição institucional desta Divisão é planejar o crescimento do Campus dos Malês tanto em seus aspectos físicos tais como obras de construção, manutenção e soluções de uso sustentável dos recursos físicos, até as ações institucionais apoiadas sobre as bases de um crescimento sustentável e com excelência na oferta de uma educação superior com qualidade, extensão e pesquisa.

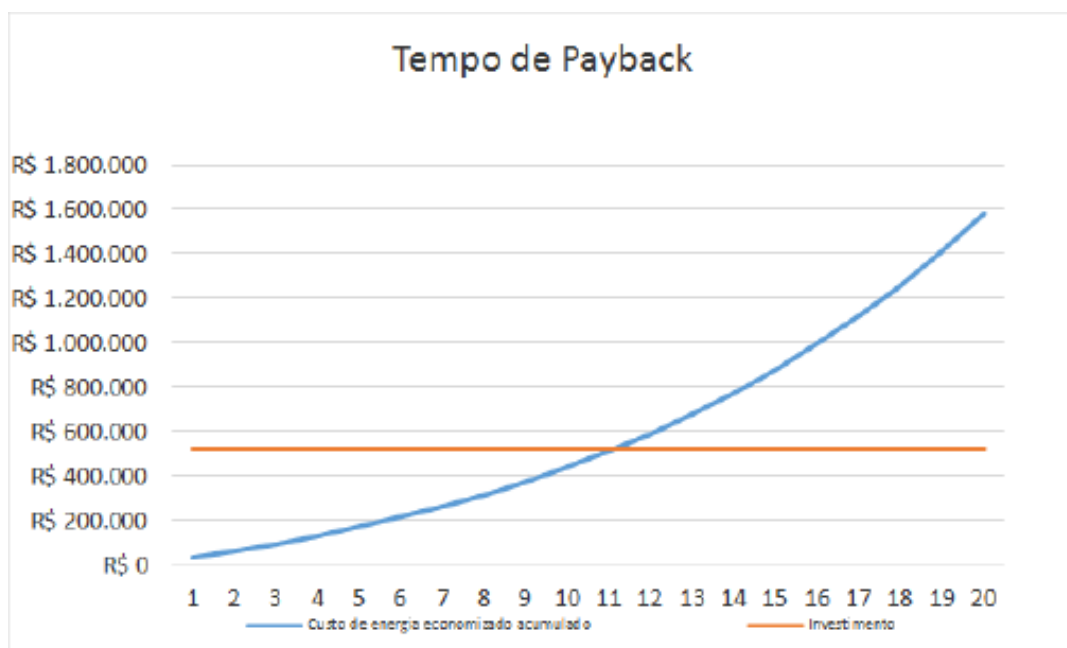
Foram consultadas três empresas do ramo de geração fotovoltaica e dessas apenas duas responderam enviando-nos a proposta com os detalhes técnicos, econômicos que consolidam a viabilidade do projeto (Anexo).

Ressalvando que se tratou de uma consulta, as empresas apresentaram valores diferentes para os conjuntos fotovoltaicos que são constituídos por painéis e suportes, inversores de corrente. A potência de ambos os sistemas é de 49,92 KWp, que é o valor determinado pela

Resolução 482, que significa um valor aproximado de 50 KW, exatamente a demanda contratada junto à concessionária.

Para a primeira empresa, com o custo inicial de implantação de R\$ 525.750,00, tem-se o tempo de retorno do investimento é de 6,8 anos (Figura 33) e uma economia de aproximadamente R\$ 1.050.000,00. A empresa 2, com um custo de total de R\$ 374.400, 00 apresentou um pay-back de 8,9 anos e Economia de R\$ 1.981.857,72 (Um Milhão, novecentos e oitenta e um mil, oitocentos e cinquenta e sete Reais e setenta e dois Centavos).

Figura 33 - Pay-back da proposta da 1ª empresa

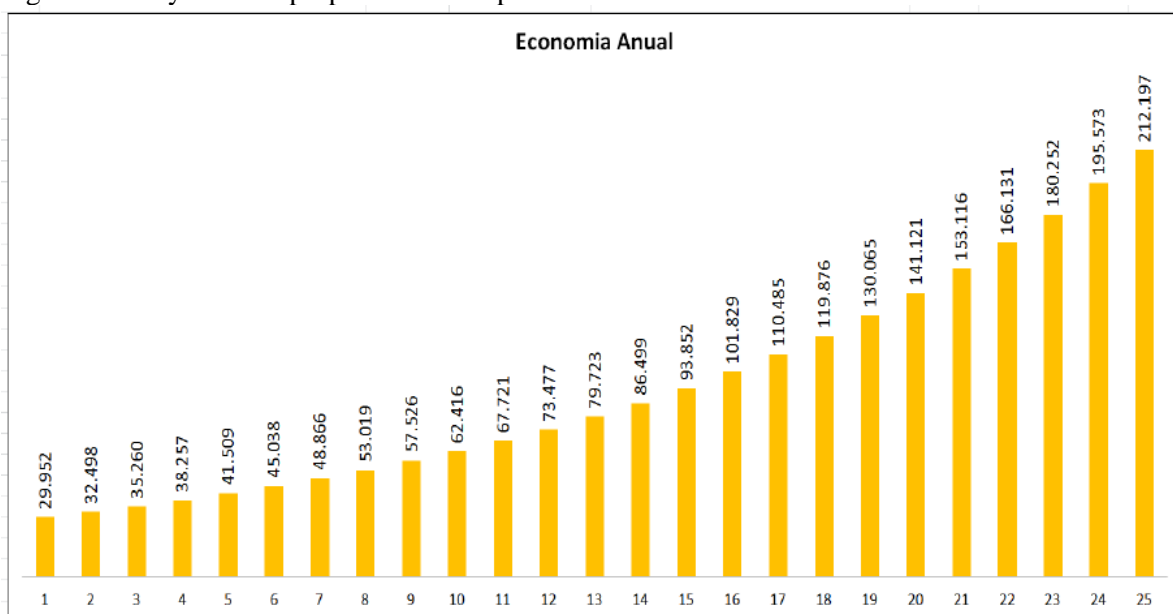


Fonte: Empresa 1 (2015).

Na análise das propostas, percebe-se que a empresa 1 terá o retorno, num prazo de 25 anos em 6,8 anos, ou seja, só a partir do 83º mês o investimento obterá saldo positivo, assim dos 218 meses faltam o retorno por mês seria de R\$ 4.816,51.

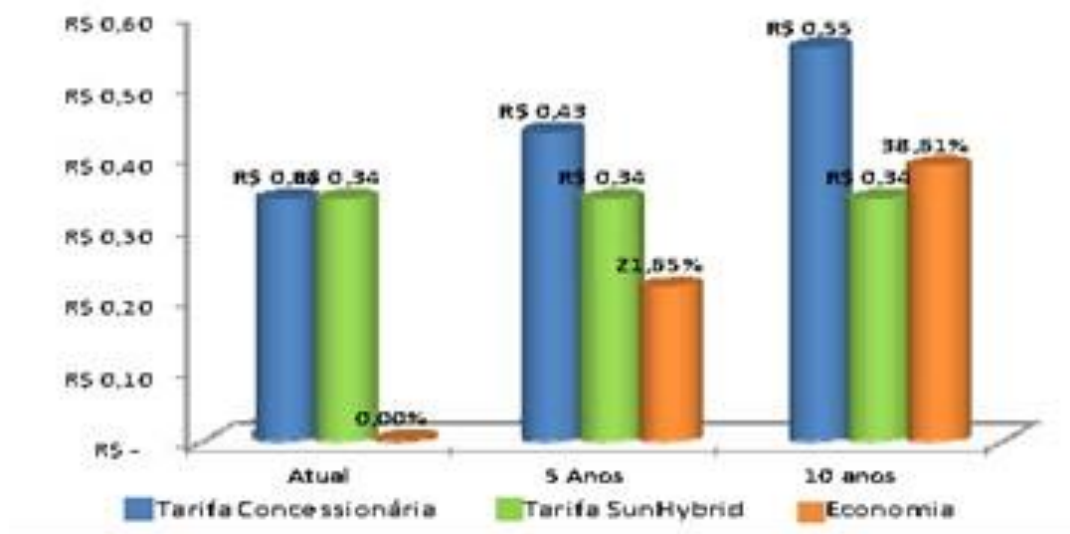
A empresa 2 (Figura 34 e 35) informa que o saldo passará a positivo a partir do 108º mês, isto é, em cada mês dos 192 que concluirão a vida útil de vinte e cinco anos do sistema, o valor em Reais de economia será de R\$ 10.322,18.

Figura 34 - Pay-back da proposta da 2ª empresa



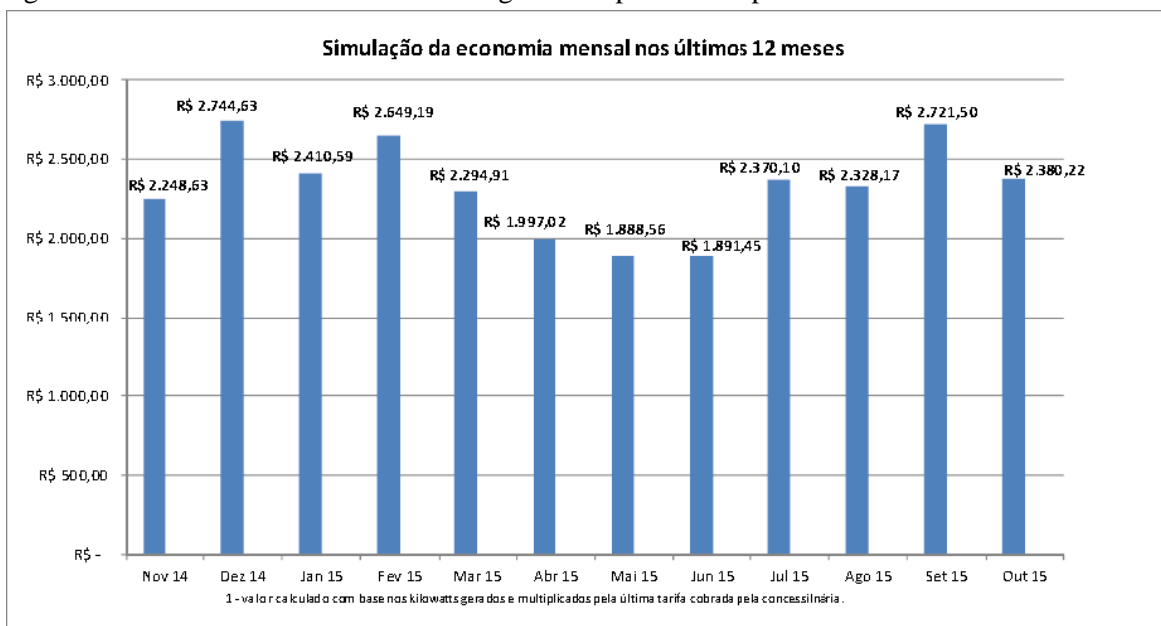
Fonte: Empresa 2 (2015).

Figura 35 - Gráfico de investimento ao longo do tempo da 2ª empresa



Fonte: Empresa 2 (2015).

Figura 36 - Gráfico de investimento ao longo do tempo da 1ª empresa



Fonte: Empresa 1 (2015).

Com as diferenças numéricas apresentadas, a análise deverá apoiar-se em elementos qualitativos. Por outro lado, no setor público, a segunda empresa por apresentar um custo de implantação menor e um valor por mês de retorno maior, seria a escolhida no certame licitatório, pois de acordo com a Lei Federal de Contratos e Licitações, a proposta vencedora deverá ser a mais vantajosa para o órgão.

Em relação a áreas disponíveis para a instalação dos painéis fotovoltaicos, a UNILAB possui um espaço de 1.600 m<sup>2</sup>, dentre os quais coberturas dos prédios, da quadra poliesportiva, entre outros.

No terreno a ser doado pela prefeitura municipal, será implementado as ações previstas no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) chamado UNILAB +10, nele são previstas obras que serão melhor detalhadas no PDI Malês.

Com o UNILAB +10, a expansão do Campus será traduzido pela construção de quatro residências estudantis, seis prédios de salas de aula, uma biblioteca central, um restaurante universitário, um prédio administrativo e um auditório compatível para um trânsito diário de três mil a três mil e quinhentos estudantes por dia.

De acordo com o Plano Institucional de Desenvolvimento, a demanda da UNILAB estará em torno de 2.000 kw/mês, com uma geração fotovoltaica de 8.000 kw/mês. O excedente injetado na rede promoverá o atendimento de cento e vinte usuários que demandem 50 kw/mês, podendo ser estes consumidores domiciliares ou outras instituições de caráter público.

Na lógica das Células de Backup (CB), vale ainda ressaltar a necessidade de revisão da Resolução 482, quanto ao acréscimo desta modalidade de geração, identificando o usuário que seria atendido pelo do crédito energético. Além disso, na condição de microgerador, a UNILAB poderá ofertar ao Sistema Interligado Nacional, energia elétrica durante um período médio de dez horas por dia, promovendo um suporte à concessionária local de energia elétrica.

De acordo com a Norma, a capacidade máxima de geração não poderá exceder a carga demandada no contrato com a concessionária e os créditos sobre o excedente injetado na rede, poderá ser direcionado para qualquer contrato do mesmo CPF, ou seja, se o usuário possuir outras contas-contrato com a concessionária, estes poderão receber créditos sobre o consumo realizado.

A sugestão é que, em se tratando de CB, os créditos previstos poderiam ser recebidos de volta pela IES, ou indicar a uma comunidade na circunvizinhança. Ainda enquanto proposta, seria uma possibilidade a acrescentar nesta alteração de Norma, direcionar os créditos excedentes para outras instituições ou autarquias da mesma esfera na administração direta tais como hospitais, institutos, museus, maternidades, creches, órgãos públicos entre outros.

A proposta desta pesquisa foi atingida a partir da análise de que a implantação de um sistema fotovoltaico no Campus dos Malês produzirá um retorno positivo, em termos de consumo e custos com energia elétrica.

O conceito de Célula de Back-up trazido no trabalho, provoca um maior aprofundamento em várias questões tais como o planejamento energético sendo adotado numa escala de grandezas (do micro ao macro) de tal forma que núcleos assim chamados estruturassem uma cadeia maior de suporte à oferta de energia; o papel inerente e transformador que a IES deve propor à sociedade, de tal maneira que não importando onde ela esteja inserida, que cidade, que região ou qual contexto sócio-econômico seja, possa promover mudanças estruturais, e; o aproveitamento da energia solar no Brasil, será tanto maior, quanto maior seja o empenho de instâncias políticas que planejam o futuro do país.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração fotovoltaica vem apresentando ao longo dos anos franco desenvolvimento e ampla margem de investimento em vários países da Europa, Américas, Ásia e Oceania, aspecto impulsionador para novos produtos os quais poderão apresentar ganhos em eficiência e rentabilidade econômica aos players do mercado.

O Brasil, com o grande potencial a ser explorado com a geração fotovoltaica, precisará de investimentos públicos que sejam capazes de incentivar o crescimento do setor em suas mais diversas cadeias produtivas.

Uma vez que possa apresentar paralelamente ações que proporcionem um aumento da cadeia produtiva, tanto na oferta quanto na demanda, caberá ajustar paulatinamente a legislação em vigor a fim de garantir a disponibilidade da energia gerada ao Operador Nacional do Sistema, o qual com base na oferta presente, possa gerenciar de maneira a manter as fontes de energia que são mais controláveis a exemplo das termelétricas e hidroelétricas, como fontes de back-up do sistema.

Ainda nessa perspectiva de atualização das normativas do setor elétrica, vinculando a ideia de um maior investimento dentro das políticas públicas no setor energético, foi trazido neste trabalho a proposta do conceito de Célula de Back-up, a qual refere-se a instalação de mini ou micro usinas em prédios públicos, com grande área disponível construída e a geração nelas obtida seria revertido em favor da própria administração pública federal.

O exemplo-modelo trazido, trata-se da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – UNILAB, em seu campus fora de sede chamado Campus dos Malês. Neste campus, na cidade de São Francisco do Conde (Ba), com a instalação da Usina Fotovoltaica com potência de 49,92 KWp, com um investimento de R\$ 374.400, 00 (Trezentos e setenta e quatro mil e quatrocentos Reais), resultará em um *pay-back* de 8,9 anos e economia de R\$ 1.981.857,72 (Um Milhão, novecentos e oitenta e um mil, oitocentos e cinquenta e sete Reais e setenta e dois Centavos).

Uma vez que haja a adequação da legislação no sentido de oportunizar que o excedente gerado pudesse ser revertido para outra autarquia da própria Administração Pública, o Estado economizaria recursos em um setor onde os custos são continuados como é o caso do pagamento das contas de energia elétrica, podendo investir em outras contas, como aquisição de novos equipamentos ou investimentos em infraestrutura.

Dessa forma, a cadeia ligada à geração fotovoltaica seria expandida para outras áreas e proporcionaria ganhos visíveis em diversos setores econômicos. Com os dados do potencial a

serem explorados no Brasil no setor fotovoltaico, o aproveitamento dessa fonte de energia pode ser considerada como estratégica, não apenas por se tratar de investimento em tecnologias, mas inclusive pela abrangência que pode alcançar.

## REFERÊNCIAS

ABINEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELETRO-ELETRÔNICA. [Portal]. Disponível em: <<https://www.abniee.org.br/>> Acesso em: 10 nov. 2015.

AFONSO, Geraldo Sidnei. **Análise dos instrumentos normativos de suporte à geração solar fotovoltaica distribuída conectada à rede de distribuição [Distrito Federal]**. 2012. 146p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Informações gerenciais**. Março 2015. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/informacoes-gerenciais>> Acesso em: 7 nov. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 517, de 11 de dezembro de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST**. Brasília, 2012b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>> Acesso em: 7 nov. 2015.

ALTERNATIVE Energy Incentive Program. In: RIO-5 WORLD CLIMATE & ENERGY EVENT, 2005. Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: PROINFA, 2005.

AMARANTE, O.C.; SCHULTZ, D.; BITTENCOURT, R.; ROCHA, N. -Wind-Hydro Complementary Seasonal Regimes in Brazil. **DEWI Magazin**, n. 19, aug.2001,

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informação de Geração. **Fontes de energia explorada no Brasil, ANEEL**. 2013. [Online]. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp?>> Acesso em: 7 nov. 2015.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Chamada n. 013/2011 Projeto estratégico: “arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”**. Brasília, 2011.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482**. Brasília, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA – SATC. Carvão limpo. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.15, n. 2, jul./dez. 2013.

BAZILIAN, M. et al. **Re-considering the economics of Photovoltaic Power**. Disponível em: <[www.bnef.com/WhitePapers/download/82](http://www.bnef.com/WhitePapers/download/82)> Acesso em: 15 jun.2013.

BRASIL. **Lei nº 12.289, de 20 de julho de 2010. Dispõe sobre a criação da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112289.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112289.htm)> Acesso em: 23 abr. 2015.

BRASIL SOLAR. [Portal]. Disponível em: <<http://www.brasilsoilair.com.br/projeto-juazeiro/microgeracao-solar-chega-mil-residencias-na-bahia>> Acesso em: 20 jun. 2016.

CAAMAÑO-MARTÍN, Estefania et al. Interaction between photovoltaic distributed generation and electricity networks. **Progress in Photovoltaics: research and applications**, v. 16, n. 7, p. 629-643, 2008. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.845/pdf>>. Acesso em: 02 maio 2014.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012. **Anais [...]** 2012.

CAMARGO, O.; BROWER, M. Zack, J. ; SÁ, A. L. de. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: CEPEL, 2001.

CARVALHO, Ana Raquel Franco. Evolução do uso de energia solar: estudo comparativo entre Israel e Brasil. 2010. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CAXILÉ, Carlos Rafael Vieira. Abolição no Ceará. In: HOLANDA, Cristina (org.). **Negros no Ceará: história, memória e etnicidade**. 1 ed. Fortaleza: Museu do Ceará, 2009.

COGEN – ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. GT Cogen Solar. **Inserção da energia solar no Brasil. Relatório Final maio/2012 (versão revisada em julho/2012)**. São Paulo, 2012.

CPLP - COMUNIDADE DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA. **Processo histórico**. Disponível em: <<https://www.cplp.org/id-2752.aspx>> Acesso em: 12 dez. 2015.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CRUZ, Marden Cristian Ferreira. **Escravidão e pioneirismo abolicionista: a organização do movimento abolicionista na província do Ceará**. Disponível em: <[http://www.uece.br/eventos/semanadehistoria/anais/trabalhos\\_completos/47-12615-27062012-172507.docx](http://www.uece.br/eventos/semanadehistoria/anais/trabalhos_completos/47-12615-27062012-172507.docx)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

DA SILVA ROCHA, Leonardo et al. Potencial de geração de energia fotovoltaica integrada a rede pública de distribuição: um exemplo de Açailândia para o Maranhão. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, n. 2, 2014.

DE AQUINO MARQUES, Leonardo Augusto; FERNANDES, Izabel Cristina Simão; DA COSTA, José Adriano. Energia solar fotovoltaica em unidades residenciais: estudo de caso. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 9., 2013. **Anais [...]** 2013.

DE LOUZADA MIRANDA, José Fernando. A missão da universidade. **Letras de Hoje – Estudos e debates em linguística, literatura e língua portuguesa**, v. 11, n. 2, 2014.

DIÓGENES; Camila Gomes; AGUIAR, José Reginaldo. (org.). **UNILAB: caminhos e desafios acadêmicos da Cooperação Sul-Sul**. Redenção: UNILAB, 2013.

DUFFIE, J. A. ; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. 2. ed. New York: John Wiley, 1991.

EIA. **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century – Global Status**

ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM – ESMAP. **ESMAP Annual Report 2005**. Disponível em: <[https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/AR\\_2005.pdf](https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/AR_2005.pdf)> Acesso em: 20 jun. 2016.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2006**: Ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2012**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2014**: Ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2015**: ano base 2014: Relatório Síntese Rio de Janeiro: EPE, 2015.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEA 03/15 Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Rio de Janeiro, 2014.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica, PDEE 2006-2015**. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

EPIA. **Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015**. Bruxelas, 2011.

EUROPEAN Database for Daylight and Solar Radiation, 2005. Disponível em: <http://www.satel-light.com/>. Acesso em: 30 abr. 2014.

FERNANDES, Manlio Silvestre et al. Universidade pública: questões para o século XXI. **Estudos Sociedade e Agricultura**, 2013.

FERREIRA, Lusirene Celestino França. **Nas asas da imprensa**: a repercussão da abolição da escravatura na província do Ceará nos periódicos do Rio de Janeiro (1884-1885). 2010. Dissertação(Mestrado) – Universidade Federal de São João Del-Rei. São João Del-Rei, 2010.

FURTADO, Marcelo de Camargo. **Avaliação das oportunidades de comercialização de novas fontes de energias renováveis no Brasil**. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2010.

GAINES, Sanford. Sustainable development as a guide to the energy technology revolution. **Progress in Industrial Ecology, an International Journal**, v. 7, n. 4, p. 285-306, 2012. Disponível em: <<http://inderscience.metapress.com/content/q1672t23361036ln/fulltext.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2014.

GOOGLE EARTH [Portal]. Disponível em: <<https://www.google.com.br/>> Acesso em: 23 jan. 2016.

HOSENUZZAMAN, M. et al. Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 284-297, 2015.

HUBNER, Nelson. **Soluções energéticas para o Brasil. Principais desafios**. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/BienalDaEnergia/palestra-tendencias-da-economia-mundial>> Acesso em: 23 jan. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. [Portal]. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 12 dez. 2015.

IDEAL - INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA. [Portal]. 2014. Disponível em: <<https://institutoideal.org/>> Acesso em: 10 nov. 2015.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. [Portal]. Disponível em: <<https://www.iea.org/>> Acesso em: 10 nov. 2015.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)**. Disponível em: <<https://www.iea.org/>> Acesso em: 10 nov. 2015.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2012**. 2012. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2012>> Acesso em: 10 nov. 2015.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. [Portal]. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/meta.php?meta=Energia%20Solar>> Acesso em: 20 dez. 2015.

IZIDORO, Bruna Caroline; ORSI, Gustavo Cardoso; CORDEIRO, Leandro Ricardo. **Estudo do panorama nacional para sistemas fotovoltaicos conectados à rede após a resolução 482/2012 da ANEEL**. 2014. 174 f. TCC (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

JOHNSON, R. **Alta Devices Achieves 30.8% Efficiency Record with New Generation Solar Cell Technology**. **Business Wire**. 2013. Disponível em: <https://www.businesswire.com/news/home/20130304005498/en/Alta-Devices-Achieves-30.8-Efficiency-Record-Generation>. Acesso em: 12 dez. 2014.

LANDEIRA, Juan Lourenço Fandino. **Análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

LEAL, Sergio da S.; TIBA, Chiguera. Iluminância e irradiação solar global na região Nordeste do Brasil. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006. **Proceedings [...]** 2006.

LIMA, Juliana Luiza Barroso. **Energia fotovoltaica como alternativa energética viável**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2014

LIMA, Maria Thereza da Silva Lopes; DE SOUZA, Marina Corrêa. Discorrendo sobre o uso das termelétricas no Brasil. **Ciência & Natura**, v. 37, p. 17-23, 2015.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, 2014.

MAEHLUM, M. A. Which solar panel type is best? **Energy Informative**, 2012.

MANOEL, Paula Scheidt; KONZEN Gabriel. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica em 2013**. Disponível em: <[https://americadosol.org/wp-content/uploads/2014/11/2014\\_ideal\\_mercadoGDFV.pdf](https://americadosol.org/wp-content/uploads/2014/11/2014_ideal_mercadoGDFV.pdf)> Acesso em: 5 jul. 2015.

MARTINS, Fernando Ramos et al. Brazilian atlas for solar energy resource: SWERA results. In: ISES WORLD CONGRESS. 2009, Berlin. **Proceedings** [...] Berlin: Heidelberg, 2007. v. I- V. p. 2651-2655.

MARTINS, Fernando R. et al. Mapeamento dos RECURSOS DE ENERGIA SOLAR no Brasil. In: CBENS, 1., 2007, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza, 2007.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 204/2010, aprovado em 7 de outubro de 2010 - Consolidação do credenciamento dos campi fora de sede implantados e em processo de implantação, decorrentes dos programas de expansão das Universidades Federais. **DOU**, 25 jul. 2011. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=7935-pces204-10-pdf&category\\_slug=maio-2011-pdf&Itemid=30192/](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=7935-pces204-10-pdf&category_slug=maio-2011-pdf&Itemid=30192/)> Acesso em: 5 jul. 2015.

MESQUITA, Rafael Pimenta; SOUZA, Teófilo Miguel de; GASTALDI, André Fava. Comparativo entre energia solar fotovoltaica versus extensão de rede, aplicado em caso concreto de uma comunidade carente e remota. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2004. **Proceedings** [...] 2004.

MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho. **Análise da inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro**. 2013. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. [Portal]. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)> Acesso em: 12 dez. 2015.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro Janeiro – 2015**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/2015/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico-janeiro-2015.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2015.

OBRAS em canteiro de Belo Monte param por ocupação. **Exame**, mar. 2013. Disponível em: <<https://exame.com/brasil/obras-em-canteiro-de-belo-monte-param-por-ocupacao/>> Acesso em: 5 jul. 2015.

OLIVEIRA, Wandressa Lima de. O Libertador: campanha abolicionista e o fim da escravidão na província do Ceará: (1881-1884). In: ENCONTRO ESTADUAL DE HISTÓRIA, 14., 2014, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: ANPUH, 2014, p.1-14.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. [Portal]. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/>> Acesso em: 12 dez. 2015.

PEREIRA, Enio Bueno (coord.) et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <[https://energypedia.info/images/9/95/Brazilian\\_Atlas\\_of\\_Solar\\_Energy.pdf](https://energypedia.info/images/9/95/Brazilian_Atlas_of_Solar_Energy.pdf)> Acesso em: 5 jul. 2015.

PEREIRA, José Alberto Gonçalves. Para o sol entrar. **Página 22**, n. 72, p. 10-13, 2014.

PEREIRA, Osvaldo Soliano; REICHE, Kilian; GOUVELLO, Christophe de. **Brazil-Background study for a national rural electrification strategy: aiming for universal access**. [S.l.]: The World Bank, 2005.

PETROBRAS. Refinaria Landulpho Alves (RLAM). Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-peracoes/refinarias/refinaria-landulpho-alves-rlam.htm/>> Acesso em: 5 jul. 2015.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), 2014.

PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. [Portal]. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/>> Acesso em: 12 dez. 2015.

PORTO, Laura. Energias renováveis. **Informe Técnico**. Rio de Janeiro: CRESESB, n. 9, 2004.

RAMPINELLI, Giuliano Arns; GOMES, Julio César Quintão. Projeto de Implantação de Sistemas Fotovoltaicos em Áreas Degradadas e Recuperadas Ambientalmente. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 15, n. 2, p. 291-305, 2013.

REIS, Amanda L.; BANDOS, Melissa FC. A responsabilidade social de instituições de ensino superior: uma reflexão sistêmica tendo em vista o desenvolvimento. **Revista Gestão & Conhecimento. Edição Especial, Poço de Caldas, MG**, 2012.

REIS, João José. **A Revolta dos Malês em 1853**. Salvador: Universidade Federal da Bahia - UFBA, 2008.

REQUENA, M. B. Células solares: fundamentos e aplicações. In: CONGRESSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2009, São Paulo. **Anais [...]**São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, 2009.

RODRIGUES, Mariana Fonte Boa. **Análise da atratividade econômica da microgeração e minigeração distribuída no Brasil pela geração solar fotovoltaica**. Brasília: UnB, 2013.

ROZENBLAT, L. **Lazar's guide to electric generators and other backups power systems**. 2006. Disponível em: <https://generators.smeps.us>. Acesso em: 3 jul. 2015.



RÜTHER, Ricardo; SALAMONI, Isabel. O potencial dos setores urbanos brasileiros para a geração de energia solar fotovoltaica de forma integrada às edificações. **Fórum Patrimônio**, v. 4, n. 1, 2013.

SANTOS, Fernando Seabra; DE ALMEIDA FILHO, Naomar. **A quarta missão da universidade: internacionalização universitária na sociedade do conhecimento**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2012.

SILVA, Karina de Souza. **Metodologia para análise preliminar da disponibilidade de áreas para implantação de painéis solares fotovoltaicos com dados LIDAR**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná - UFP, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Curitiba, 2013.

SILVA, R. M. **Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015. (Texto para Discussão nº 166).

SWERA - SOLAR AND WIND ENERGY RESOURCE ASSESSMENT. Solar Irradiation. Renewable Energy Data Exploration. Disponível em: <<http://en.openei.org/apps/SWERA/>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

TIBA, Chigueru et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

TIRAPELLE, Guilherme Alfredo Hobmeir; MURA, Laís Botassari; FRAZÃO, Lucas. **Análise da viabilidade técnica de painéis solares fotovoltaicos conectados à rede, com backup de energia, instalados em postos de combustíveis**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: CENERGIA, COPPE-Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

UNILAB - UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA. [Portal] 2015. Disponível em: <<https://unilab.edu.br/institucional-2/>> Acesso em: 12 dez. 2015.

URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2010, Florianópolis, 2010.

VALLÊRA, A. M. et al. **Meio século de história fotovoltaica**. 2006. Disponível em: <http://www.solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>. Acesso em: 5 out. 2012.

VIANNA, Elen Oliveira. **Integração de tecnologia fotovoltaica em edifícios públicos: estudo de caso do Fórum de Palmas - TO**. 2010. 143 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília - UNB, Brasília, 2010.

WANDERLEY, Augusto César Fialho; CAMPOS, Antonio Luiz P. Siqueira. Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte. **HOLOS**, v. 3, p. 3-14, 2013.

WEISS, W.; BERGMANN, I.; FANINGER, G. **Solar heat worldwide** – markets and contribution to the energy supply 2004, IEA Solar Heating and Cooling Programme. [S.l.], 2006.

WESOFF, E. **GE Researchs beats first solar's CdTe PV efficiency record. How well can cadmium telluride PV perform?** 2013. Disponível em: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/GE-Research-Beats-First-Solars-CdTe-PV-Efficiency-Record>. Acesso em: 2 mar. 2015.

ZILLES, R. **Energia solar fotovoltaica**. São Paulo: Instituto de Energia e Eletrotécnica/USP, 2003.

ZILLES, R. **Geração distribuída e sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Disponível em: [http://www.cogen.com.br/workshop/2011/Geracao\\_Distribuida\\_Sist\\_Fotovoltaic](http://www.cogen.com.br/workshop/2011/Geracao_Distribuida_Sist_Fotovoltaic). Acesso em: 1 out. de 2014.

**ANEXO A - PROPOSTA TÉCNICA COMERCIAL**



Instalações realizadas pela Moove Energia Solar



## PROPOSTA TÉCNICA COMERCIAL

Ref. 04-11-2015- UNILAB UNIVERSIDADE FEDERAL – 49,92 KWP

## GERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO

**PREPARADO PARA:**  
Sr. Marcus Dias

São Luis, 04 novembro de 2015



Produto: **GERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO** - NCM: **8501.32.20** - POTÊNCIA: **49,92 kWp**

Geração média de energia: **6.250 kWh/Mês (variação ±5%)**

Descrição dos componentes do Gerador Solar Fotovoltaico				
Qtd.	Descrição	Potência	Inmetro	Marca
192	Módulos Fotovoltaicos	260 wp	A	Canadian
2	Inversor On Grid – Certificado TUV Atende as especificações da NBR 16149 - ABNT.	20 KW	—	Fronius
1	Estrutura metálica e acessórios de fixação em Alumínio resistente a corrosão.		—	Painitec
1	Monitoramento On-Line		—	Fronius

**Área mínima necessária: 384 m2**

Valor do Gerador Solar Fotovoltaico completo: **R\$ 374.400,00**

**Economia Estimada em 25 anos: R\$ 1.981.857,72**

**Payback do Investimento: 8,9 anos**

**Taxa de Retorno Anual (TIR): 14,3%**

O tamanho do sistema instalado pode variar após trabalho final da engenharia e projeto, qualquer ajuste no tamanho do sistema pode afetar o preço (sujeito à aprovação do cliente). A geração média de energia informada pressupõe área sem sombras, com inclinação e orientações adequadas.

#### d. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- ✓ À combinar.

#### e. PRAZO DE ENTREGA

- ✓ O Prazo regulatório de entrega do sistema fotovoltaico é de 90 a 150 dias, considerando todos tramites burocráticos de registros na concessionária de energia conforme REN482 Aneel, informado no item a.

#### f. GARANTIAS

- ✓ Instalação 1 ano.
- ✓ 25 anos de garantia do fabricante dos módulos fotovoltaicos relativa a capacidade de geração de energia e 10 anos contra defeito de fabricação.
- ✓ 7 anos de garantia do inversor solar fotovoltaico
- ✓ 5 anos de garantia das estruturas de fixação.



**g. REAJUSTES**

Cambio de Referencia: Dólar 3,85 - Euro 4,20.

Por se tratar de equipamentos importados a Moove se reserva do direito de reajustar os valores da proposta de acordo com a taxa do câmbio em vigor no dia da aquisição e/ou assinatura do contrato.

**h. IMPOSTOS**

Todos os impostos estão inclusos nos valores da proposta e incidirão conforme legislações federal, estadual e municipal.

Validade da proposta: 30 dias

**i. DADOS BANCÁRIOS**

Banco do Brasil  
MOOVE ENERGIA SOLAR LTDA  
AG. 1611-X  
CC. 37254-4  
CNPJ 10.467.906/0001-74

Estamos à disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais.

Atenciosamente,

**ACEITE DA PROPOSTA E FATURAMENTO:**

Marcelo Orrico  
Sócio Diretor  
[marcelo@moove.eco.br](mailto:marcelo@moove.eco.br)

Responsável: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

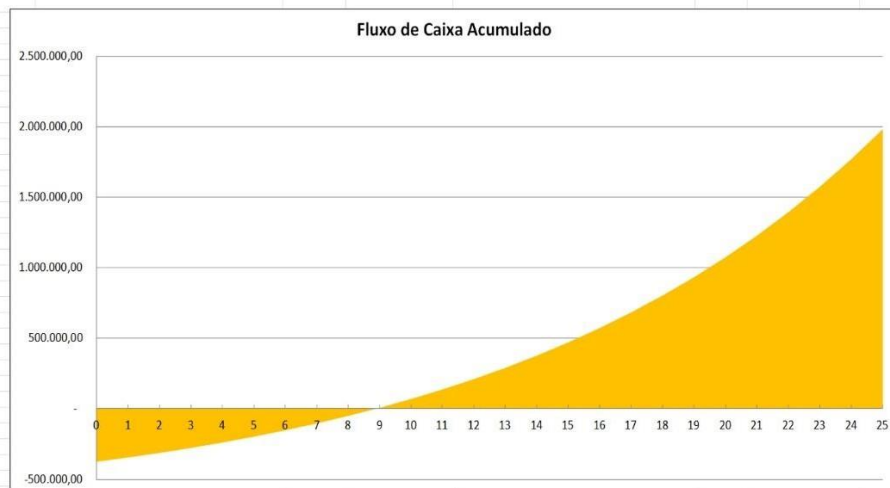
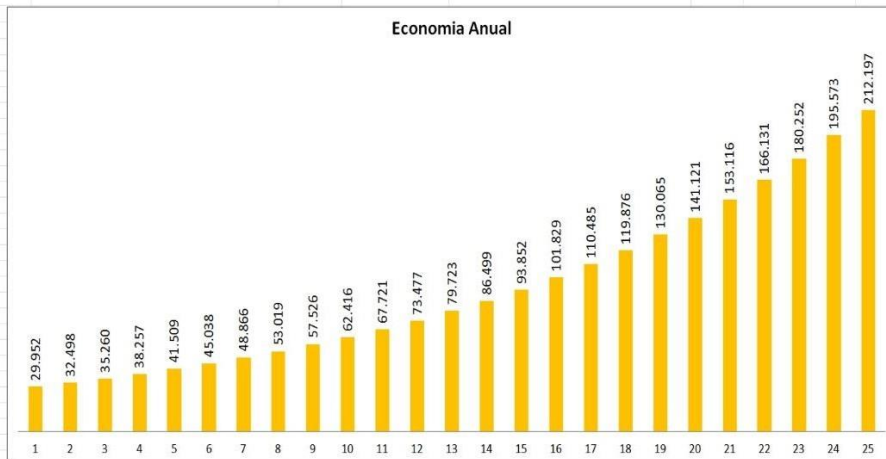
Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_



## 2. ANÁLISE FINANCEIRA DO INVESTIMENTO

Potência UFV	kwp	49,92	Demanda	kw	50,00
<b>Investimento Sistema</b>	<b>R\$</b>	<b>374.400,00</b>	<b>Economia Estimada - 25 anos</b>	<b>R\$</b>	<b>1.981.857,72</b>
Tarifa Energia + Bandeira Vermelha	R\$/kwh	0,400	Tarifa Energia Solar	R\$/kwh	0,20
Reajustes Anuais Concessionária	%	8,50	Reajustes Anuais Solar	%	-
Média Consumo - Mês (Fora Ponta)	kwh	12.600,00	<b>Payback Estimado</b>	<b>anos</b>	<b>8,9</b>
Média Geração Solar - Mês	kwh	6.240,00	<b>Retorno Investimento Anual (TIR)</b>	<b>%</b>	<b>14,3%</b>
Parcela Solar Estimada	%	49,52	Valor/kwp	R\$/kwp	7.500,00





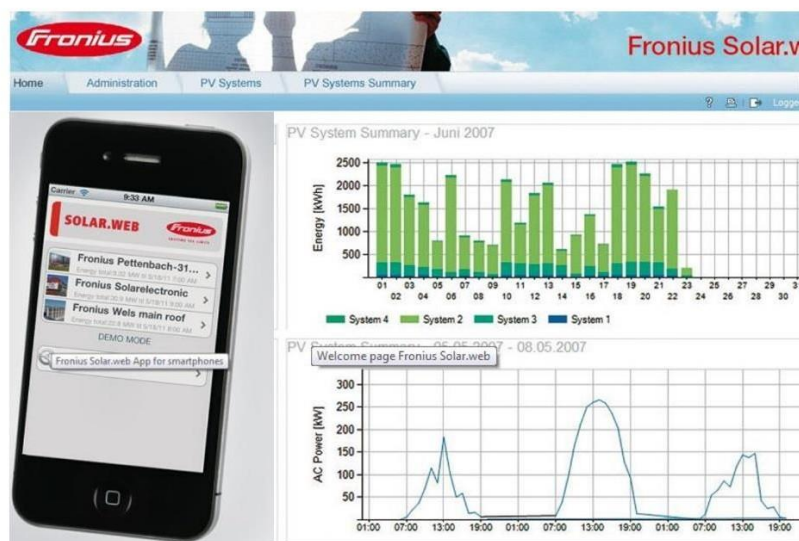
### 3. SOLUÇÃO COMPLETA MOOVE ENERGIA SOLAR





#### 4. MONITORAMENTO ON-LINE

O App gratuito Fronius Solar.web é o serviço online para monitoramento remoto do sistema. A partir de qualquer PC ou Celular com acesso à Internet, os sistemas FV podem ser monitorados, analisados ou comparados de forma simples e clara. Os dados atuais do sistema estão sempre disponíveis e podem ser apresentados ao público de uma maneira simples e didática valorizando ainda mais sua casa, empresa ou negócio.



#### 5. MÓDULO FOTOVOLTAICO



O MELHOR DA CLASSE



Os módulos fotovoltaicos da Canadian Solar são fabricados com alta qualidade, durabilidade, desempenho e eficiência. As suas técnicas de produção e design meticuloso garantem um desempenho de alto rendimento de longo prazo para cada módulo fotovoltaico produzido. O seu rigoroso controle de qualidade e instalações de testes internos garantem que os módulos da Canadian Solar cumpram e superem os mais altos padrões de qualidade possíveis no setor.

**Desempenho líder** do setor em ambientes de baixa irradiação, **+95,5%** de eficiência do módulo fotovoltaico de uma irradiação de 1.000 w/m<sup>2</sup> a 200 w/m<sup>2</sup> (AM 1,5, 25°C)



## PRINCIPAIS RECURSOS DO PRODUTO

- 

Excelente Eficiência do Módulo até 15.85%
- 

Alto Desempenho de 95.5%, a Baixa Irradiação
- 

Tolerância Positiva até 5 W
- 

Alta Classificação PTC Superior a 91.9%
- 

Superfície do Módulo Antiofuscoamento e Autolimpante
- 

Caixa de Junção IP67 Resistência de Longo Prazo ao Clima
- 

Neve Pesada Carga até 5400 Pa
- 

Resistência à maresia, amônia e areia para aplicações em ambiente marinho, agrícola ou regiões desérticas.

## GARANTIA E SEGURO DO PRODUTO



Garantia de saída de potência linear líder do setor de 25 anos  
10 anos de garantia do produto em materiais e mão de obra

**25 ANOS** Seguro de Garantia  
Garantia de seguro de 25 anos: A Canadian Solar fornece 100% de seguro de garantia imediata não cancelável.

## CERTIFICADOS | ABRANGENTES

IEC61215/IEC61730: VDE/MCS/CEC AU  
UL1703/IEC61215 Desempenho I (US)/FSEC (US Florida)  
UL1703: CSA | IEC61701 ED2: VDE | IEC 62716: TUV  
PV CYCLE | UN19177

ISO9001:2008 | Sistema de gerenciamento de qualidade  
ISOTS16949:2009 | Sistema de gerenciamento de qualidade do setor automotivo  
ISO14001:2004: | Padrões para o sistema de gerenciamento ambiental  
QC080000 HSPM | Certificado de gerenciamento de processo de substância perigosa  
OHSAS18001:2007 | Padrões internacionais para saúde e segurança do trabalho

## Canadian Solar Inc.

Fundada em 2001 no Canadá, a Canadian Solar Inc., (NASDAQ:CSIQ) é uma das maiores e mais destacadas empresas mundiais de energia solar. Fabricante líder de módulos solares e desenvolvedora de projetos fotovoltaicos, com cerca de 6 módulos GV da mais alta qualidade instalados em todo o mundo há mais de uma década, a Canadian Solar é uma das empresas de energia solar mais lucrativas do mundo. A Canadian Solar opera em seis continentes, com clientes em mais de 70 países. A Canadian Solar está empenhada em fornecer produtos de energia solar de alta qualidade, além de soluções e serviços de sistemas solares a clientes do mundo inteiro.

## Canadian Solar Inc.

Fundada em 2001 no Canadá, a Canadian Solar Inc., (NASDAQ:CSIQ) é uma das maiores e mais destacadas empresas mundiais de energia solar. Fabricante líder de módulos solares e desenvolvedora de projetos fotovoltaicos, com cerca de 6 módulos GV da mais alta qualidade instalados em todo o mundo há mais de uma década, a Canadian Solar é uma das empresas de energia solar mais lucrativas do mundo. A Canadian Solar opera em seis continentes, com clientes em mais de 70 países. A Canadian Solar está empenhada em fornecer produtos de energia solar de alta qualidade, além de soluções e serviços de sistemas solares a clientes do mundo inteiro.

## 6. INVERSOR ON-GRID

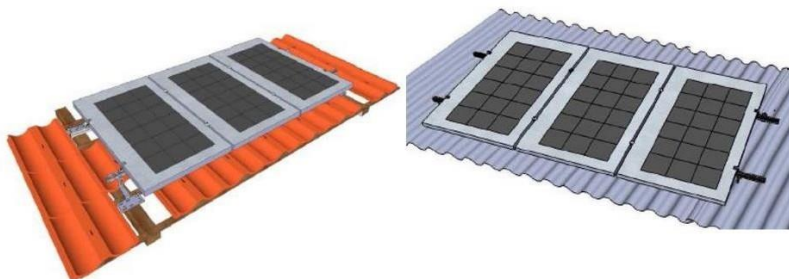


✓ INVERSORES AUSTRIACO ROBUSTOS E O MAIS COMUNICATIVO E EFICIENTE DO MERCADO.

Com categorias que vão de energia 1,5 - 460,0 kW, o inversor Fronius é o inversor para os sistemas de todos os tamanhos. A alta tensão do sistema, larga faixa de tensão de entrada e dois rastreadores MPP garantem o máximo de flexibilidade na concepção do sistema. A interface padrão para a internet via Wi-Fi ou Ethernet e a facilidade de integração de componentes de terceiros fazem do Fronius Symo dos inversores mais comunicativas no mercado.

## 7. TECNOLOGIA ESTRUTURAL PARA FOTOVOLTAICA

- ✓ Peças exclusivas para sistemas fotovoltaicos.
- ✓ Sistema de alta duração para fixação dos módulos fotovoltaicos.
- ✓ Aumento da vida útil do Gerador Solar.



## 8. MODELO DE SIMULAÇÃO DA GERAÇÃO EM SOFTWARE ITALIANO SOLERGO

DIAGRAMA DE RADIAÇÃO SOLAR

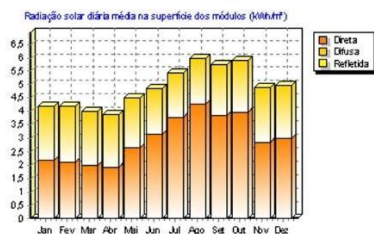


TABELA DE RADIAÇÃO SOLAR

Mês	Radiação direta [kWh/m²]	Radiação difusa [kWh/m²]	Radiação refletida [kWh/m²]	Total das diárias [kWh/m²]	Total mensal [kWh/m²]
Janeiro	2,166	2,026	0,001	4,193	129,973
Fevereiro	2,12	2,064	0,001	4,184	117,165
Março	1,975	2,039	0,001	4,015	124,451
Abril	1,937	1,952	0,001	3,89	116,702
Mai	2,646	1,856	0,001	4,503	139,587
Junho	3,132	1,729	0,001	4,862	145,849
Julho	3,779	1,656	0,001	5,436	168,517
Agosto	4,265	1,692	0,001	5,959	184,717
Setembro	3,841	1,905	0,001	5,747	172,42
Outubro	3,99	1,904	0,001	5,896	182,774
Novembro	2,844	2,022	0,001	4,868	146,037
Dezembro	2,993	1,973	0,001	4,968	154,01

### EXPOSIÇÕES

O sistema fotovoltaico é composto por 1 gerador distribuído em 1 exposições, conforme tabela abaixo:

Descrição	Tipo de instalação	Orient	Inclín	Sombrea
Exposição 1	Ângulo fixo	166,7°	5°	0 %

#### Exposição 1

Exposição 1 será exposto com uma orientação de 166,70° (azimute) em relação ao sul, e terá uma inclinação horizontal de 5,00°.

A produção de energia da exposição Exposição 1 é condicionada por alguns fatores que determinam uma redução de radiação solar de sombreamento para a valor de 0 %.

DIAGRAMA DE SOMBREAMENTO



**ANEXO B - PROPOSTA COMERCIAL – GERADOR FOTOVOLTAICO**





## Proposta Comercial Gerador Fotovoltaico

Proposta nº: SHBA20151102

Data: 09/11/2015

Para: Universidade Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - Universidade federal  
Cidade-UF: Salvador - BA

SunHybrid do Brasil

André Weber

Fone: 71 3333-1943 / 9115-0803

[andre.weber@sunhybrid.com.br](mailto:andre.weber@sunhybrid.com.br)

### A SunHybrid

A SunHybrid do Brasil é uma empresa especialista em energia solar fotovoltaica. A SunHybrid nasceu na Alemanha há 25 anos e já iniciou no Brasil em 2014 com todo o conhecimento e experiência acumulada ao longo destes 25 anos de sucesso no mercado que é referência em energia solar e também o mais exigente do mundo. Essa experiência nos permite oferecer melhor eficiência e segurança em soluções inovadoras. Nossas soluções sob medida já proporcionaram economia para milhares de clientes em toda a Europa. A SunHybrid utiliza equipamentos de alta qualidade, produzidos na Europa e com o tradicional perfeccionismo e precisão alemães. Nossos painéis fotovoltaicos tem excelente eficiência energética e alta durabilidade, comprovadamente superior a 25 anos. Todos os componentes do nosso sistema tem garantia de 10 anos. A SunHybrid oferece solução completa para a geração de energia através dos painéis fotovoltaicos, incluindo equipamentos, dimensionamento do sistema, confecção do projeto, planejamento e execução da instalação, além da consultoria e assessoria em serviços acessórios e registro na concessionária de energia.

### 1. O Sistema

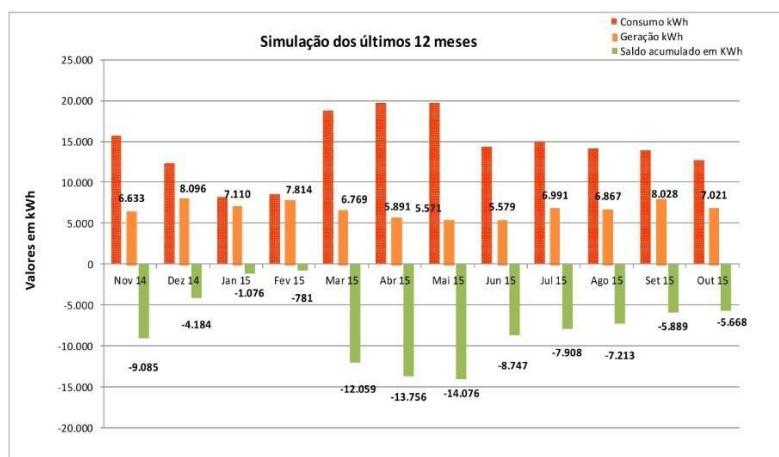
**Objeto da Proposta:** Demonstrar viabilidade econômica e a geração de economia proporcionadas pela Solução SunHybrid. Na proposta a seguir apresentaremos estimativa de investimento e economia, condições comerciais e características de um sistema de geração de energia fotovoltaica, além de outros aspectos.

**Dados do seu consumo:** Pela análise de sua conta calculamos um consumo médio de **14.401 kWh** por mês e um consumo anual total de **172.812 kWh**.

**Dimensionamento:** Com base no consumo médio mencionado acima, pelas especificações de nossos equipamentos e ainda baseado no clima da região onde serão instalados os equipamentos para geração de energia fotovoltaica, dimensionamos por estimativa o sistema descrito nesta proposta comercial. O sistema proposto foi dimensionado para atender **40,66%** da demanda anual mencionada acima e que se refere somente ao consumo fora de ponta.



Os números de geração apresentados abaixo são aproximados e determinados cientificamente através de mapas solarimétricos e climáticos. Tem caráter estimativo quando utilizado para prever rendimento futuro, já que se baseiam em dados coletados nos últimos 12 meses.



#### Desempenho:

Gerador Fotovoltaico		
Potência (kWp)		<b>49,92</b>
Geração anual (kWh)		82.370
Geração mensal* (kWh)		6.864
Economia de CO2 (kg/ano)		23.760

\* média de 12 meses

#### Características:

Item	Quantidade
Inversor ABB	02
Painéis fotovoltaicos GermanPV	192,00
Suportes Schletter	--
Cabos Solares Hikra	--
Área ocupada (m <sup>2</sup> )	326



## 2. Solução SunHybrid

A solução SunHybrid é composta por um conjunto de serviços especializados e fornecimento de equipamentos para geração de energia fotovoltaica. Esta proposta inclui, além dos equipamentos descritos no item anterior, os serviços descritos a seguir.

- Análise de viabilidade técnica
- Confeção de projeto
- Planejamento e execução da instalação
- Documentos para registro junto aos órgãos fiscalizadores e concessionária
- Assessoria e consultoria durante todo o processo até o efetivo funcionamento no sistema de compensação
- Assistência técnica e manutenção

Todas as atividades acima mencionadas serão supervisionadas e gerenciadas por engenheiro responsável e devidamente credenciado junto aos órgãos de fiscalização. Também contamos com mão de obra especializada e com ampla experiência.

A Solução SunHybrid proporciona ao cliente a tranquilidade que somente uma empresa com 25 anos de experiência pode oferecer.







### 3. Aspectos econômicos

O sistema **SunHybrid** proporciona economia, segurança e independência para sua residência ou seu negócio. Nos gráficos abaixo, demonstraremos a evolução do retorno do investimento feito em nosso sistema, comparação dos custos atuais e futuros por quilowatt consumido e valor do quilowatt gerado por nosso sistema e ainda a economia que teria sido gerada com base nos últimos 12 meses.

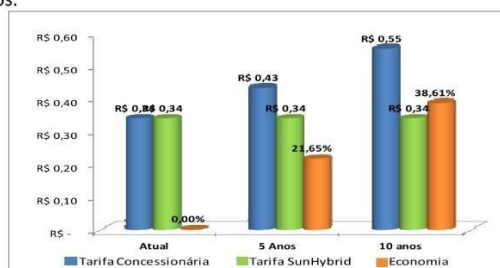
#### Retorno do Investimento (Payback)

A economia gerada pelo nosso sistema é sentida desde o primeiro dia de funcionamento e tendo reflexo já na primeira conta. Estimamos um “payback” de aproximadamente **6,8 anos** e uma economia de aproximadamente **R\$ 1.050.000,00** (um milhão e cinquenta mil reais) em 20 anos, já deduzidos os custos de investimento no sistema.



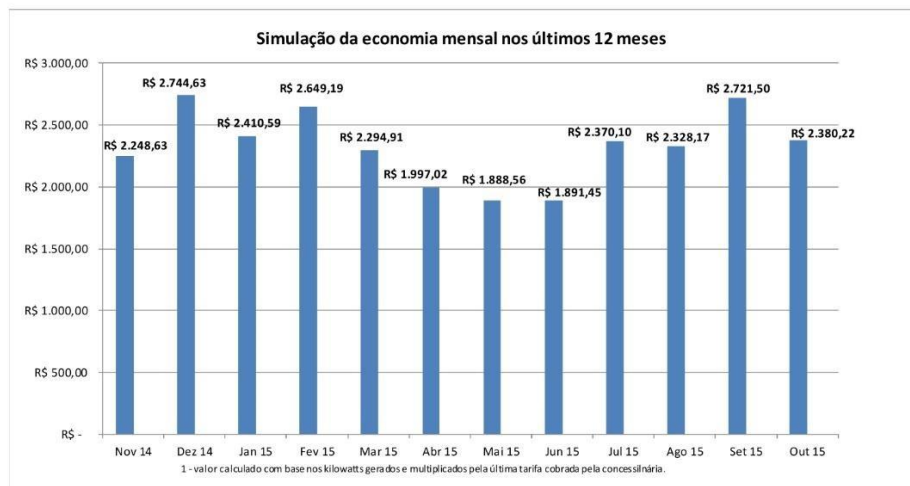
#### Simulação de economia

Nosso sistema tem um custo de **R\$ 0,34** por quilowatt produzido, considerando uma vida útil de 25 anos para o sistema proposto. No gráfico abaixo, visualizamos que nosso sistema gera economia significativa em comparação com sua tarifa atual de **R\$ 0,34** da ordem de **0,00%**. Prevendo reajustes de 5% ao ano, fica ainda mais evidente o aumento da economia no decorrer dos anos.





O gráfico abaixo simula a economia que teria sido gerada nos últimos 12 meses com a aquisição de nosso sistema. De acordo com a simulação abaixo, a economia acumulada nos últimos 12 meses teria sido de **R\$ 27.924,98**.



#### 4. Orçamento e Proposta Comercial

- Investimento**

Sistema fotovoltaico	<b>R\$ 525.750,00</b>
Instalação	Inclusa
Frete e deslocamento	Incluso

- Condições de pagamento**

- 60% de sinal (assinatura do contrato);
- 20% recinto alfandegado;
- 20% na instalação do sistema.



## 5. Garantias

- **Garantia, desempenho e certificações dos componentes**

A SunHybrid do Brasil utiliza equipamentos de alta qualidade, produzidos na Europa e com o tradicional perfeccionismo e precisão alemães. Nossos equipamentos e acessórios tem **GARANTIA de até 10 anos**. Os painéis fotovoltaicos tem excelente eficiência energética e alta durabilidade, comprovadamente superior a 25 anos. Nossos equipamentos são certificados no INMETRO e no TÜV Rheinland, Alemanha.

## 6. Considerações

- Antes do inicio dos trabalhos da SunHybrid pode ser necessário um reforço estrutural de telhado ou quebra de estruturas e paredes. Orientamos os clientes e seu prestador de serviço em relação a estas mudanças. O custo com a adição de contador adicional ou birecional específico da concessionária é determinada pela mesma e negociada diretamente entre o cliente e a própria concessionária.
- Esta proposta tem caráter estimativo, a proposta final será confeccionada após visita técnica para avaliação da infraestrutura e confecção do contrato de compra e venda.
- Estão excluídos da proposta quaisquer outros itens que não estejam expressamente descritos.
- Esta proposta é válida por 15 dias a contar da data de emissão e está sujeita a cotação do dia em moeda estrangeira.

Atenciosamente,

**André Weber Gomes**  
Gerente Comercial - SunHybrid do Brasil