



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E  
CONTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**

**EVALDO CRUZ DE SOUSA NETO**

**OBSTÁCULOS À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL EM  
FORTALEZA**

Fortaleza – CE

2016

**Evaldo Cruz De Sousa Neto**

**OBSTÁCULOS À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL EM  
FORTALEZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Administração da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Cláudio Bezerra Leopoldino, Dr.

**FORTALEZA – CE**

**2016**

IVALDO CRUZ DE SOUSA NETO

OBSTÁCULOS À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL EM  
FORTALEZA

Monografia submetida ao Curso de Administração de Empresas do Departamento de Administração da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Cláudio Bezerra Leopoldino, Dr.  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Carlos Manta Pinto de Araújo  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Profa. Jacqueline Maciel Pombo  
Universidade Federal do Ceará – UFC

À minha amada avó, D. Oneide Rodrigues, ao meu benquisto padrinho, Francisco Hernesto e à minha querida mãe, Francisca Gláucia (*In Memoriam*), que hoje brilha como uma estrela no céu, iluminando meus caminhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, o Verdadeiro e Misericordioso, pela minha existência e por me guiar a cada conquista.

À minha avó, D. Oneide Rodrigues, pelo seu amor incondicional de mãe.

Ao meu padrinho, Francisco Hernesto, a minha gratidão.

Agradeço por simplesmente serem quem são.

Ao meu orientador, que me acompanhou e sempre me recebeu com um sorriso, Dr. Cláudio Bezerra Leopoldino.

E, por fim, a mim mesmo, merecidamente o último a ser mencionado, por único e exclusivamente, ante todo e qualquer obstáculo imposto, ao menos tentar e não desistir antes disso.

*Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.*

(Augusto Cury)

Trecho da obra “Nunca desista de seus sonhos” (2004)

## RESUMO

Foi analisado nesse trabalho o quanto que a energia proveniente do sol não está sendo aproveitado em Fortaleza, principalmente em residências, e o motivo da não utilização da mesma. Portanto, este trabalho busca identificar obstáculos que dificultam a instalação de painéis solares residenciais em Fortaleza. Considerando a existência de outras fontes de energias, a notável insatisfação dos usuários da energia elétrica de Fortaleza, pelos preços abusivos e pela falta de manutenção de equipamentos por parte da concessionária, surge a seguinte indagação: O que está bloqueando o uso da energia solar nas residências em Fortaleza? Tem-se como objetivo geral da presente pesquisa, analisar os principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza, no Estado do Ceará, sob o ponto de vista de alunos de graduação. A presente pesquisa, do ponto de vista de sua natureza é caracterizada como aplicada. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é caracterizada como descritiva e explicativa. O tipo de instrumento para a coleta de dados é caracterizado por um questionário composto por 15 perguntas, aplicadas a uma amostragem composta por 100 respondentes da FEAAC/UFC. Considerando que os altos custos são os maiores empecilhos para expansão do uso de energia solar na referida cidade, afirma-se serem necessários maiores incentivos do governo e auxílio no financiamento de materiais, além da redução de custos desses equipamentos. Sugere-se, ainda, a realização de educação ambiental junto a alunos dos cursos de graduação, visando-se torná-los divulgadores e conscientizadores da importância do uso de energia solar para o futuro do planeta.

**Palavras-Chave:** Energia solar. Energia solar fotovoltaica. Energia solar heliotérmica.

## ABSTRACT

Was analyzed in this paper as that from the sun energy is not being taken advantage of in Fortaleza, mainly in homes and the reason for the great destruction of it. Therefore, this paper seeks to identify obstacles to the installation of residential solar panels in Fortaleza. Considering the existence of other sources of energy, notable dissatisfaction of users of electricity Fortaleza, by excessively high prices and lack of maintenance of equipment by the concessionaire, comes the next question: What is blocking the use of solar energy in residences in Fortaleza? It has been the general objective of this research was to analyze the main obstacles to the spread of solar technology in homes in Fortaleza, in Ceará state from the point of view of undergraduates. This research, from the point of view of its nature is characterized as applied. From the point of view of its objectives, the research is characterized as descriptive and explanatory. The type of tool for data collection is characterized by a questionnaire consisting of 15 questions, applied to sample comprised 100 respondents FEAAC / UFC. Whereas the high costs are the biggest obstacles to expansion of solar energy use in that city, it says that it is necessary largest government incentives and assistance in the financing of materials, in addition to these items cost reduction. It is suggested also conducting environmental education with students of undergraduate courses in order to make them promoters and awareness people the importance of solar energy use for the future of the planet.

**Keywords:** Solar energy. Photovoltaic solar energy. Heliothermic solar energy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lei do Inverso do Quadrado da Distância.....	33
Figura 2. Principais processos de interação da radiação solar e da radiação térmica na terra .	34
Figura 3. Painéis Fotovoltaicos .....	39
Figura 4. Alexandre-Edmond Becquerel .....	40
Figura 5. Calvin Fuller e a patente da primeira célula solar.....	41
Figura 6. Comercialização das células fotovoltaicas.....	42
Figura 7. Primeira Estação Espacial Russa com Energia Fotovoltaica .....	43
Figura 8. Conversação de energia.....	44
Figura 9. Sistema fotovoltaico doméstico isolado.....	50
Figura 10. Sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede elétrica.....	51
Figura 11. Sistema Fotovoltaico Centralizado conectado à rede elétrica.....	52
Figura 12. Barreiras para a energia fotovoltaica no Brasil de acordo com a ANEEL.....	63

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Potencial energético do Ceará em operação e futuros .....	29
---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolução do investimento global em energias renováveis (2004-2014).....	23
Gráfico 2. 10 países que mais investiram em energias renováveis em 2014 e o seu crescimento no ano de 2013.....	24
Gráfico 3. Participação de países com políticas de energias renováveis por grupo de renda ..	25
Gráfico 4. Oferta interna de energia elétrica por fonte de energia no ano de 2014.....	27
Gráfico 5. Capacidade global de energia solar fotovoltaica (2004 – 2014) .....	53
Gráfico 6. Top 10 dos países com maior capacidade de geração e investimentos em energia solar fotovoltaica de 2014.....	55
Gráfico 7. Potência fotovoltaica instalada acumulada com sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil.....	57
Gráfico 8. Projeção da evolução da capacidade instalada acumulada de geradores fotovoltaicos distribuídos no Brasil de 2014 a 2023 .....	58
Gráfico 9. Gênero dos participantes .....	72
Gráfico 10. Faixa etária dos participantes .....	73
Gráfico 11. Renda mensal dos participantes .....	74
Gráfico 12. Conhecimento sobre energia solar residencial .....	75
Gráfico 13. Conhecimento em energia solar fotovoltaica .....	75
Gráfico 14. Conhecimento sobre energia heliotérmica .....	76
Gráfico 15. Forma que tomou conhecimento sobre os tipos de energia solar.....	77
Gráfico 16. Uso da energia solar em sua residência.....	77
Gráfico 17. Interesse em investir em energia solar residencial .....	78
Gráfico 18. Ações que podem estimular a utilização da tecnologia de energia solar nas residências fortalezenses na percepção dos participantes.....	81
Gráfico 19. Fatores que impedem ou dificultam a utilização de painéis fotovoltaicos nas residências em Fortaleza na percepção dos participantes.....	82
Gráfico 20. Percepção da importância da energia eólica.....	83
Gráfico 21. Percepção da importância da energia solar .....	83
Gráfico 22. Percepção da importância da energia nuclear .....	84
Gráfico 23. Percepção da importância da energia hidroelétrica.....	85
Gráfico 24. Percepção da importância dos biocombustíveis.....	86
Gráfico 25. Percepção da importância do petróleo.....	86

Gráfico 26. Percepção da importância do carvão mineral.....	87
Gráfico 27. Percepção da importância do gás natural .....	88
Gráfico 28. Percepção da importância da energia das marés .....	88
Gráfico 29. Percepção da importância da energia heliotérmica .....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Benefícios com a energia solar fotovoltaica.....	59
Quadro 2. Oportunidade para energia solar fotovoltaica no Brasil .....	60
Quadro 3. Incentivos à geração de energia solar .....	61
Quadro 4. Barreiras para expansão da energia fotovoltaica no Brasil.....	62
Quadro 5. Equipamentos FV isentos de ICMS, de acordo com o Convênio 101/97 .....	65
Quadro 6. Percepção dos participantes sobre as vantagens na energia solar residencial .....	79
Quadro 7. Maiores dificuldades para o aumento do uso de energia solar em Fortaleza na percepção dos participantes .....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
AC	Corrente Alternada
AM	Massa de Ar
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AIE	Agência Internacional de Energia
BEN	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNEF	<i>Bloomberg New Energy Finance</i>
CB-SOLAR	Centro Brasileiro de Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica
CEF	Caixa Econômica Federal
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CGE	Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
CSI	<i>California Solar Initiative</i>
CSP	<i>Concentrating Solar Power</i>
DC	Corrente contínua
DOU	Diário Oficial da União
EGG	<i>German Renewable Energy Sources Act</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	<i>European Photovoltaic Industry Association</i>
FEAAC	Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e Contabilidade
FHC	Fernando Henrique Cardoso
FV	Fotovoltaica
GSE	<i>Gestore Servizi Energetici</i>
GT-GDSF	Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos
kW	<i>Kilowatts</i>
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPCC	Intergovernmental Panel On Climate Change
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
LABSOLAR	Laboratório Solar Fotovoltaico
LpT	Luz Para Todos
MME	Ministério de Minas e Energia
m <sup>2</sup>	Metro ao quadrado
Mw	Mega Watt
MWp	Mega Watt Pico
NBR	Normas Brasileiras
NEO	<i>Energy Outlook</i>
NOCET	<i>Nominal Operating Cell Temperature</i>
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PADIS	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PER	<i>Plan de Energias Renovables</i>
PIS/PASEP	Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PROESCO	Projetos de Eficiência Energética
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
REIDI	Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
REN	<i>Renewable Energy Policy Network</i>
RPS	<i>New Jersey Renewable Portfolio Standard</i>
SFCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
STC	<i>Standard-Test-Conditions</i>
TUSD	Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão
TWh	Terawatt Hora
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1.1 Justificativa</b> .....	18
<b>1.2 Problema de pesquisa</b> .....	19
<b>1.3 Objetivos</b> .....	20
<b>1.4 Resumo da metodologia</b> .....	20
<b>1.5 Estrutura da monografia</b> .....	21
<b>2 ASPECTOS INTRODUTÓRIOS DO CENÁRIO ENERGÉTICO INTERNACIONAL E LOCAL E AS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS</b> .....	22
<b>2.1 Cenário energético mundial e as fontes de energia renováveis</b> .....	22
<b>2.2 Cenário energético brasileiro</b> .....	26
<b>2.3 Cenário energético do Ceará</b> .....	28
<b>3 FUNDAMENTOS DA ENERGIA SOLAR</b> .....	31
<b>3.1 Conceito e características da energia solar</b> .....	31
<b>3.2 Radiação Solar</b> .....	32
<b>3.3 Tipos de energia solar</b> .....	35
<b>3.4 Potencial solar do Brasil e do Ceará</b> .....	37
<b>4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMO FONTE DE ENERGIA</b> .....	39
<b>4.1 Conceito e breve histórico</b> .....	39
<b>4.2 Aplicações</b> .....	46
<b>4.3 Características</b> .....	47
<b>4.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos</b> .....	50
<b>4.5 Uso de painéis fotovoltaicos no mundo e no Brasil</b> .....	52
<b>4.6 Obstáculos e oportunidades para o uso de painéis fotovoltaicos na geração de energia elétrica</b> .....	59
<b>4.7 A energia solar fotovoltaica e a legislação vigente no mundo e no Brasil</b> .....	64
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	67
<b>5.1 Caracterização da pesquisa</b> .....	67
<b>5.2 Processo e instrumento de coleta de dados</b> .....	68
<b>5.3 Ambiente e sujeitos da pesquisa</b> .....	70
<b>5.4 Tratamento dos dados</b> .....	70
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	72

<b>6.1 Perfil dos respondentes .....</b>	<b>72</b>
<b>6.2 Principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza sob o ponto de vista de alunos de graduação .....</b>	<b>74</b>
<b>6.3 Sumário das dificuldades na implantação da energia solar em Fortaleza sob o ponto de vista de alunos de graduação .....</b>	<b>90</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO 1 – USINAS FOTOVOLTAICAS EM OPERAÇÃO NO BRASIL DE ACORDO COM A ANEEL.....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo proposto versa uma abordagem sobre o uso de energia solar em residências de Fortaleza-CE, tendo como foco as dificuldades para expansão dessa fonte de energia renovável que tem ficado em destaque em nível mundial. De acordo com Carvalho e Calvete (2010), a energia solar é considerada a fonte de energia em maior abundância no planeta Terra, inesgotável e renovada todos os dias. Para se ter uma ideia, em apenas uma hora, o sol fornece aproximadamente a energia consumida, por ano mundialmente.

O atual sistema energético mundial é baseado em dois grupos de combustíveis: os fósseis – carbono, petróleo e gás – e os nucleares (CRESESB, 2003). Assim, as fontes de energia renováveis acabam por ficar em segundo plano, fator preocupante quando o assunto é o impacto ambiental causado pelas fontes não renováveis, bem como o fato dessas fontes virem a não mais arcar com a demanda. Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (2003), o limite ecológico do nosso sistema energético atual será atingido antes de exaurirmos as reservas fósseis atuais.

Um dos grandes erros da humanidade, no século XX, foi não iniciar a transição do atual sistema energético fóssil/nuclear mundial para um sistema energético baseado em energias renováveis. O grande desastre do século XXI será não fazer esta substituição a tempo (CRESESB, 2003).

Assim, verifica-se a necessidade de que a expansão do uso dessas fontes de energia, devendo-se considerar que países como a Alemanha, potência em energia solar, possui potência de radiação solar bem menor que o brasileiro. Segundo Rodrigues & Matajs (2005), praticamente todas as regiões do país recebem mais de 2.200 horas de insolação, com um potencial equivalente a 15 trilhões de MWh, correspondentes a 50 mil vezes o consumo nacional de eletricidade. Mesmo com todo este potencial, a energia solar tem pouca participação na matriz energética brasileira.

Segundo dados do IPCC (2007), as emissões de gases do efeito estufa aumentaram aproximadamente 24,3% entre 1990 e 2004, onde o Gás Carbônico (principal composto originado na queima de combustíveis fósseis) representou 77% das emissões em 2004. Ficou

evidente a necessidade da utilização de meios alternativos de energia para contornar essas crises.

Segundo Alves Filho (2003), o Brasil é um país rico em fontes abundantes para geração de energia elétrica convencional e com potencial para energias alternativas. Assim, acredita-se que com a identificação das dificuldades para expansão da energia solar, seja possível verificar meios de reduzi-las.

De acordo com Alves Filho (2003), no final do segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso, ocorreu uma crise energética no Brasil, sendo causada basicamente por falta investimentos por parte do governo. No mesmo período, houve a implantação de uma Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGE) para encontrar meios para se combater a crise energética que estava se alastrando. O projeto limitou-se a procurar soluções emergenciais (implantando termoelétricas, por exemplo) poluentes e sem buscar caminhos eficazes e eficientes no combate à crise energética no Brasil.

Segundo dados da ANEEL (2015), na cidade de Fortaleza, evidencia-se a pequena participação da energia solar na matriz energética que abastece as residências, governo e as empresas. Portanto, existe um grande potencial a ser explorado que poderia ser aproveitado. A exploração das razões da baixa utilização da energia solar em Fortaleza motivou a realização desta pesquisa.

Foi analisado nesse trabalho o quanto que a energia proveniente do sol não está sendo aproveitado em Fortaleza, principalmente em residências e o motivo desta não utilização. Portanto, este trabalho busca identificar obstáculos que dificultam a instalação de painéis solares residenciais em Fortaleza, no estado do Ceará.

## **1.1 Justificativa**

O presente trabalho se justifica pela atual crise energética que têm se alastrado no mundo e com a falta de investimentos em energia proveniente do sol em Fortaleza. Com a existência de diversas áreas com altas temperaturas no Brasil, percebe-se que é um tipo de energia que pode ser muito explorada e instalada em praticamente em qualquer localidade.

De acordo com Teixeira (2011), já está na hora de ingressar na era das fontes alternativas de energia, devido a vários fatores, como por exemplo, dificuldades para construção de novas centrais hidroelétricas e termelétricas, o carvão mineral e outras fontes de energias que causam degradação ambiental. Portanto, se faz necessário que o uso desse tipo de energia limpa se propague no Brasil e em Fortaleza, e que empresas do ramo se instalem em nosso território, para gerar empregos, melhores estudos científicos e melhorias no processo de transformação e captação solar.

Destaca-se a relevância social que este estudo possui, considerando que as fontes de energia renováveis trazem benefícios sociais e ambientais, considerando a redução dos impactos negativos ao meio ambiente.

A necessidade de delimitação de uma população foco para a realização da pesquisa, a direcionou para o meio universitário, e mais especificamente, para os estudantes de administração da FEAAC – Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC, 2016). Esta opção se justifica por ser um grupo de indivíduos com acesso ao ensino superior, de diversas camadas da sociedade, e pela possibilidade de cobertura de grande parte da população-alvo, já que seria impraticável coletar dados da cidade de Fortaleza como um todo.

## **1.2 Problema de pesquisa**

Considerando a existência de outras fontes de energias, a notável insatisfação dos usuários da energia elétrica de Fortaleza, pelos preços abusivos e pela falta de manutenção de equipamentos por parte da concessionária, surge a seguinte indagação: O que está bloqueando o uso da energia solar nas residências em Fortaleza?

### **1.3 Objetivos**

Tem-se como objetivo geral da presente pesquisa, analisar os principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza, no Estado do Ceará sob o ponto de vista de alunos de graduação. Faz-se, para tanto, necessário o alcance dos seguintes objetivos específicos: analisar a importância do uso de fontes de energias renováveis sob o ponto de vista dos alunos da Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e Contabilidade (FEAAC) da UFC; analisar qual o grau de conhecimento sobre energia solar residencial por parte dos estudantes; verificar se há algum conhecimento sobre energia solar fotovoltaica e energia solar heliotérmica por parte dos alunos; verificar se há interesse no investimento em energia solar residencial em Fortaleza por parte dos universitários; identificar quais as maiores dificuldades para o aumento no uso da tecnologia solar residencial em Fortaleza; coletar opiniões acadêmicas sobre o que tem dificultado a utilização e o que pode ser feito para estimular o uso da tecnologia solar nas residências Fortalezenses; e, por fim, verificar o grau de importância dado pelos alunos às principais fontes de energia em Fortaleza.

### **1.4 Resumo da metodologia**

A presente pesquisa, do ponto de vista de sua natureza é caracterizada como aplicada. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 51), a pesquisa aplicada “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é caracterizada como descritiva e explicativa. Em relação aos procedimentos técnicos, ou seja, a maneira pela qual se obtém os dados para a elaboração da pesquisa, a pesquisa é caracterizada como pesquisa de campo. (GIL, 2010).

O tipo de instrumento para a coleta de dados é caracterizado por um questionário composto por 15 perguntas, aplicadas a amostragem composta por 100 respondentes da FEAAC/UFC.

### **1.5 Estrutura da monografia**

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se a introdução, onde as diretrizes seguidas durante a pesquisa são descritas.

No segundo capítulo, aborda-se o cenário energético mundial, o cenário energético brasileiro, a matriz energética cearense.

No terceiro capítulo são abordadas as características da energia solar, as modalidades da utilização da energia solar, as vantagens e desvantagens para se utilizar da energia do sol, o panorama da energia solar no Brasil e no mundo, as oportunidades e barreiras à utilização da tecnologia solar e a legislação vigente no Brasil e no mundo da energia solar.

O quarto capítulo dedica-se à apresentação da energia solar fotovoltaica, uma das mais difundidas e promissoras do mundo, demonstrando o potencial do uso dessa tecnologia para expansão do uso de energia solar.

O quinto capítulo, por sua vez, traz a metodologia que se aplicou ao estudo, descrevendo suas características, processo e instrumento de coleta de dados e, por fim, a técnica de tratamento dos dados.

O sexto capítulo contempla a apresentação dos resultados e análise dos dados que foram obtidos. Por fim, o sétimo capítulo expõe a conclusão a respeito dos resultados advindos do trabalho.

## **2 ASPECTOS INTRODUTÓRIOS DO CENÁRIO ENERGÉTICO INTERNACIONAL E LOCAL E AS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS**

Este capítulo introduz o tema tratado neste trabalho monográfico, demonstrando o cenário energético no mundo, no Brasil e no Ceará, tendo em vista demonstrar ao leitor o como a energia tem sido tratada e como está o consumo, verificando-se o uso de energia renovável e não renovável.

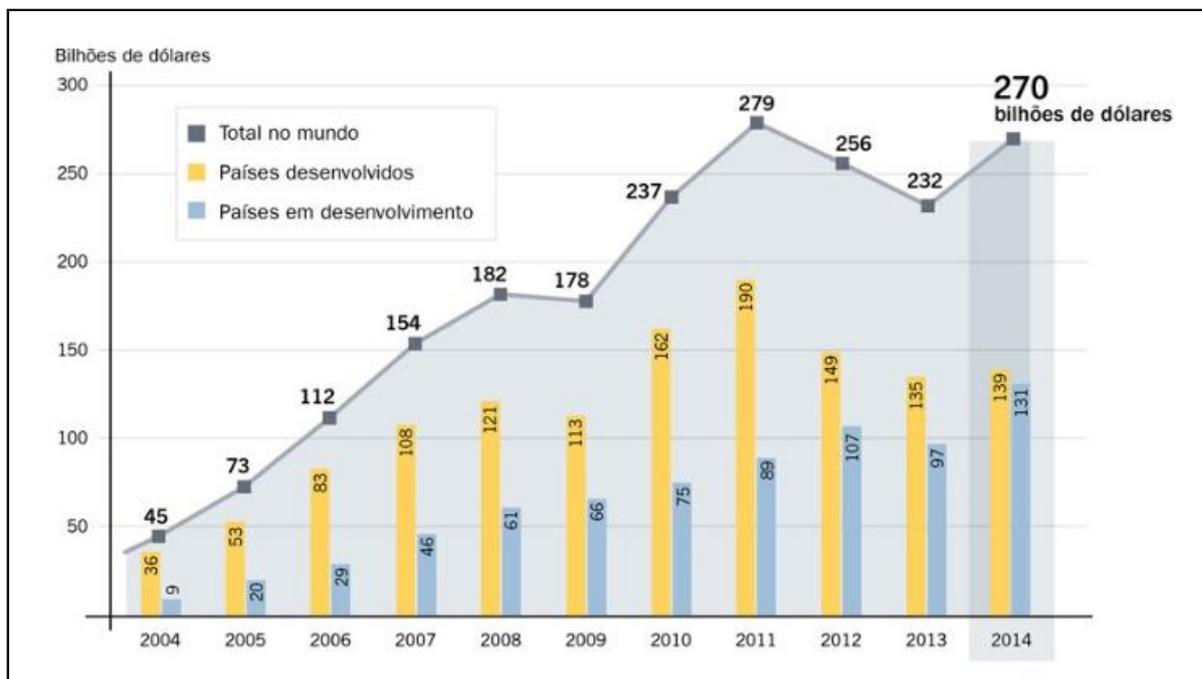
### **2.1 Cenário energético mundial e as fontes de energia renováveis**

O estudo em nível mundial demonstra que a maior parte do consumo de energia mundial ainda é baseado em fontes não renováveis, citando-se dentre as principais fontes utilizadas o petróleo, o carvão mineral e o gás natural, as energias não renováveis utilizadas podem ser consideradas em um índice irrisório em relação a todo o consumo de energia no mundo (WANDERLEY, 2013).

Segundo Araújo (2013), a grande preocupação mundial tem sido a degradação ambiental, bem como o fato da maioria das fontes utilizadas atualmente para o fornecimento de energia serem esgotáveis. Berman (2008) afirma que a emissão dos gases do efeito estufa responsável por mudanças climáticas apontam para uma crise ambiental sem precedentes e apesar de se saber a necessidade de modificar o uso das fontes de energias não renováveis para as renováveis, ainda não se sabe ao certo até que ponto essas energias poderão suprir o cenário energético mundial. De acordo com o autor, a perspectiva é que em 2030 o petróleo mantenha uma participação de 35% da oferta energética mundial, enquanto o carvão mineral responderá por 22% e o gás natural por 25%, enquanto as fontes de energia não renováveis devem ficar em torno de 14% já considerando hidráulica, biomassa, solar, eólica, geotérmica. Assim, é possível perceber que as expectativas estão aquém do que se necessita, mesmo considerando 14 anos à frente.

Mesmo com o uso irrisório de fontes de energia renováveis pelo mundo, o que se pode perceber é um crescimento constante de seu uso, conforme se pode observar no Gráfico 1:

**Gráfico 1. Evolução do investimento global em energias renováveis (2004-2014)**



Fonte: Frankfurt School – UNEP e BNEF (2015).

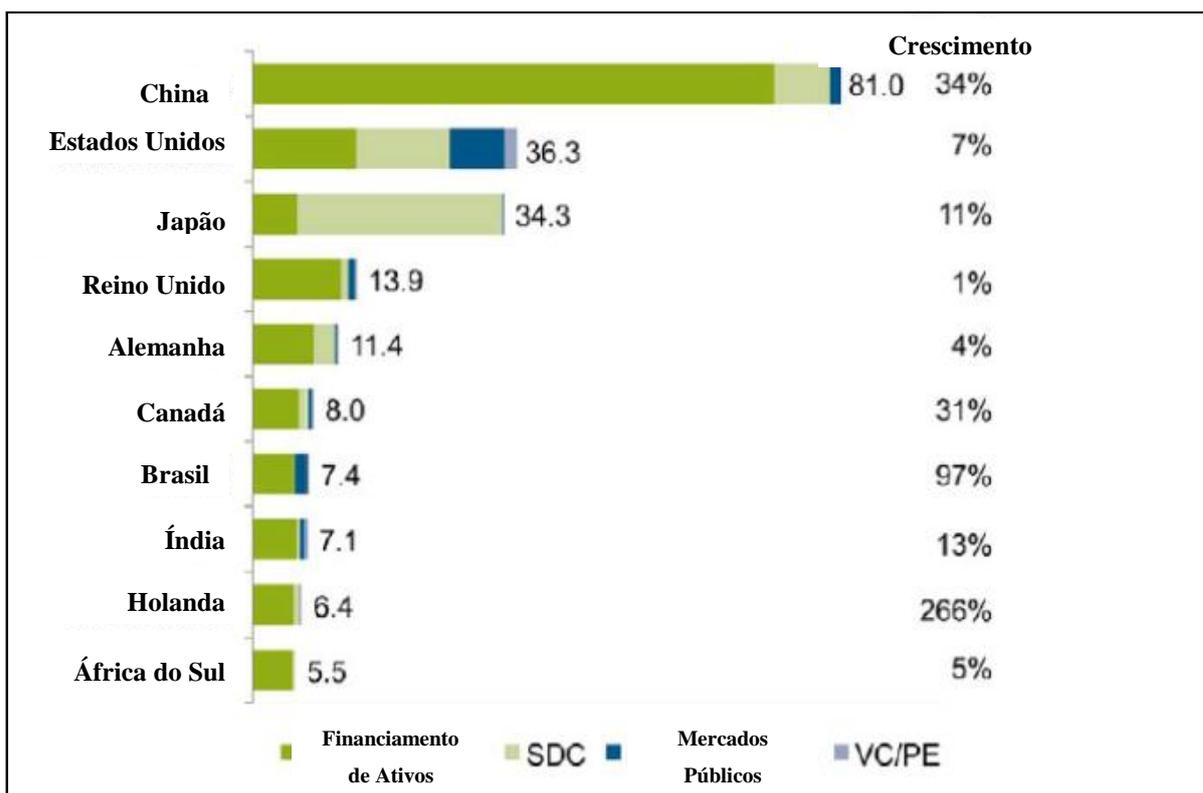
Conforme se pode observar no Gráfico 1, em 10 anos o crescimento do investimento em energias renováveis no mundo foi bastante significativo, enquanto em 2004 o valor era de 45 bilhões de dólares, em 2014 passou a ser de 270 bilhões de dólares. Outro fator que merece destaque é que no decorrer dos 10 anos apresentados os países em desenvolvimento apresentaram maior investimento, estando o ano de 2011 como aquele que apresentou maior investimento entre os países desenvolvidos e, o ano de 2014, o que apresentou maior investimento pelos países em desenvolvimento, quase que igualando o valor investido com os países desenvolvidos.

O relatório *Renewables 2015 Global Status Report* da REN21 (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*) também verificou esse investimento, considerando como um recorde de instalação no mundo em 2014 um investimento de quase 300 bilhões de dólares. Sendo também destacado pelo relatório que pela primeira vez dentro de 40 anos, a economia mundial apresentou crescimento sem aumento da emissão de CO<sub>2</sub>, com os índices de emissão equiparando-se ao ano de 2013.

De acordo com Lins e Williamson (2015), a falta de aumento na emissão de CO<sub>2</sub> se deve em grande parte ao crescimento do uso de energias renováveis na China que era um dos maiores emissores, além de se considerar o esforço de muitos países do mundo para promover o uso de fontes de energia alternativas.

Com esse crescimento no investimento da China em energias renováveis, o país aparece como o que mais investiu nesse setor no ano de 2014, considerando o seu crescimento no ano de 2013. O Gráfico 2 apresenta a lista de países que mais aplicaram novos investimentos em energias renováveis no ano de 2014:

**Gráfico 2. 10 países que mais investiram em energias renováveis em 2014 e o seu crescimento no ano de 2013**

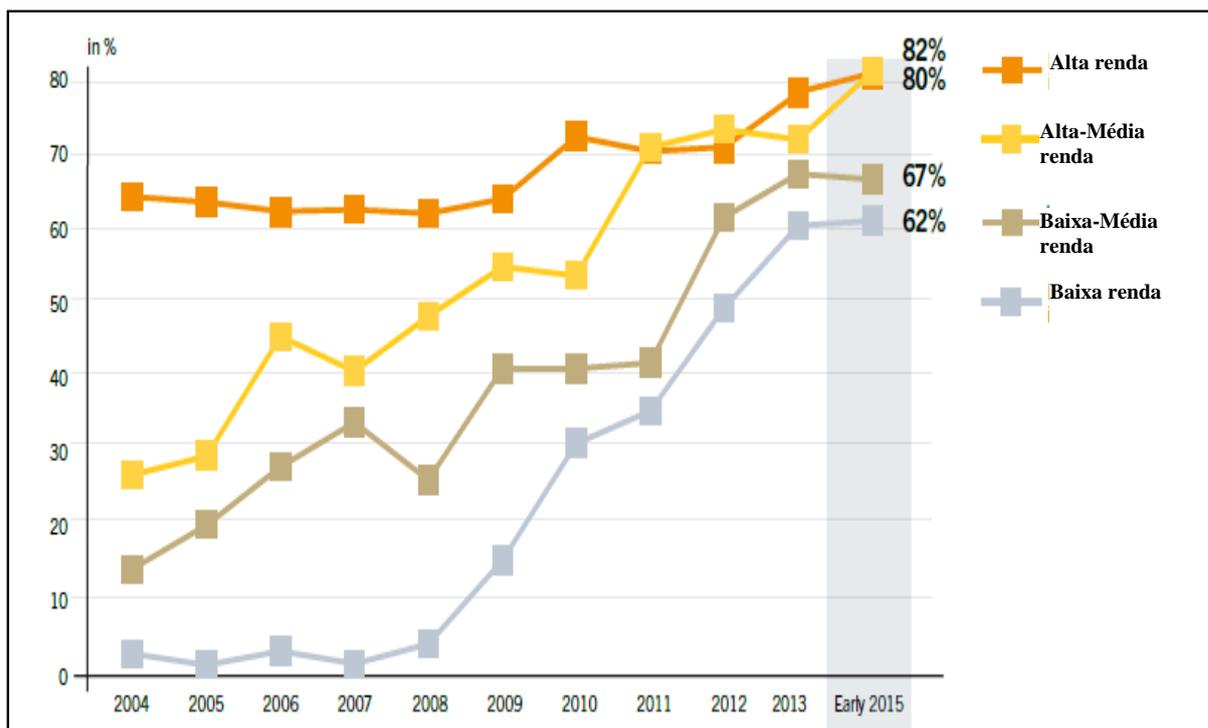


Fonte: UNEP (2015)

O Gráfico 2 que apesar de a China ter sido o país que mais investiu em 2014 nas fontes de energia renováveis, verifica-se que o maior percentual de crescimento em relação aos demais anos e aos investimentos já realizados foi da Holanda que apresentou 266% de crescimento, tendo destaque também o Brasil com 97%.

No ano de 2014 as expectativas para 2015 eram de que o crescimento dos investimentos em energia renovável continuasse pelo mundo, conforme ilustra o Gráfico 3:

**Gráfico 3. Participação de países com políticas de energias renováveis por grupo de renda**



Fonte: REN21 (2015)

Assim, a expectativa era de que o crescimento do investimento nas fontes de energia não renováveis continuassem no ano de 2015, principalmente, pelos países de alta e alta-média renda. As oscilações em anos específicos que são percebidas no Gráfico 2 são justificadas no relatório pelos países que mudaram de grupo de renda no período.

Ainda não existem dados oficiais que comprovem essa continuidade do crescimento em 2015, todavia, o *Medium-Term Renewable Energy Market Report* da *International Energy Agency* (IEA), Agência Internacional de Energia, também aponta para essa perspectiva, prevendo que até o ano de 2020 a geração de energia mundial com energias renováveis será superior a 26%, sendo impulsionada, principalmente pelas economias emergentes e pelos países em desenvolvimento que serão responsáveis por 2/3 do crescimento no uso dessas

fontes alternativas. O referido relatório ainda destaca a China como uma das maiores responsáveis por esse crescimento, prevendo que em 2020 ela sozinha será responsável por 40% da geração de energia com fontes renováveis no mundo e por cerca de 1/3 dos investimentos no setor.

Nesse contexto, conhecendo o cenário crescente do uso de fontes de energia renováveis e as perspectivas futuras para que se continue a investir nessas fontes alternativas, verifica-se o potencial energético apresentado no mundo, tendo o Brasil destaque nesse cenário, conforme será detalhado no tópico a seguir.

## **2.2 Cenário energético brasileiro**

O Brasil possui uma matriz energética predominantemente renovável, pois grande parte de seu potencial elétrico provém de hidroelétricas (Leite, D. B., & de Souza, Ê. P., 2015).

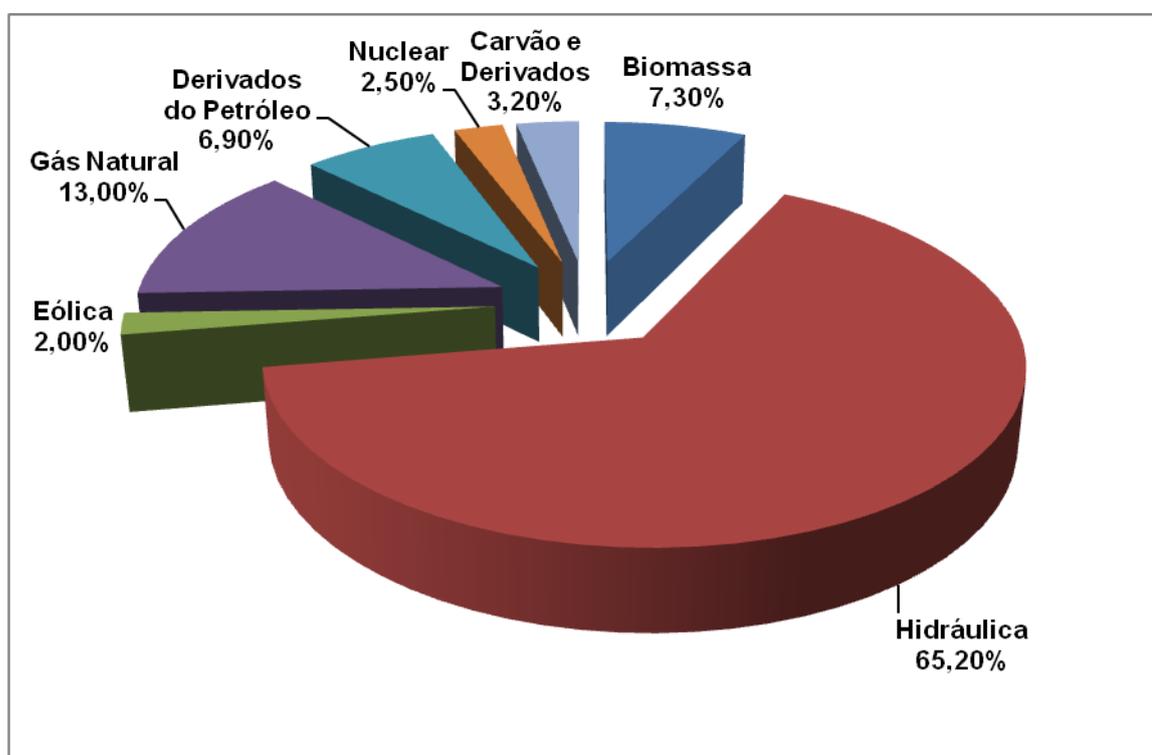
Conforme Rüther (2013), o cenário energético brasileiro é favorecido por características próprias de seu território, clima e bens naturais, o que propicia o desenvolvimento de diferentes fontes de energia.

De acordo com Bronzatti e Iarozinski Neto (2008), o Brasil tem como característica predominante em seu cenário energético o potencial para a produção de combustíveis fósseis, bem como o fato de 75% da potência de geração de energia brasileira ser proveniente das usinas hidroelétricas. Os autores destacam também o potencial de exploração de Urânio, todavia, mencionam que o uso dessa fonte ainda é complexo já que envolvem muitas questões relacionadas ao impacto ambiental.

Queiroz (2015) complementa afirmando que a geração de energia elétrica brasileira tem sua maior estrutura voltada para as usinas hidroelétricas, fator justificado pela situação privilegiada do país, que é repleto de rios de planalto, que são abastecidos por chuvas tropicais, mesmo com a matriz energética brasileira se mostrando bastante diversificada, a água ainda é a base da geração de energia do país.

O Balanço Energético Nacional (BEN) (2015) demonstra que o Brasil possui diferentes fontes de geração de energia, sendo esta predominantemente renovável, continuando em destaque as usinas hidroelétricas que correspondem a 65,2% da oferta de energia do país, com as fontes renováveis respondendo por 74,6%, enquanto as fontes não renováveis ficam com 25,4% da oferta interna, conforme demonstra o Gráfico 4:

**Gráfico 4. Oferta interna de energia elétrica por fonte de energia no ano de 2014**



Fonte: BEN (2015)

Como se pode observar no Gráfico 4, o Brasil possui como fontes renováveis geradoras de energia elétrica a hidráulica, a eólica e a biomassa respondendo pela maior parte da demanda do país, enquanto como fontes não renováveis tem-se o gás natural, os derivados do petróleo, o carvão e seus derivados e a nuclear.

Dessa forma, verifica-se que o Brasil possui sua matriz energética baseada, principalmente, em fontes renováveis de energia, por esse motivo, como bem menciona Tolmasquim (2012), a identificação do país como uma potência mundial na geração de

energia não é um exagero, sendo este fato possibilitado por ser rico em alternativas de produção das mais variadas fontes.

O cenário energético brasileiro ainda é promissor, com amplas possibilidades de aumentar o uso de energias renováveis. Barbosa (2015), mencionando o estudo *Energy Outlook (NEO)*, feito pela *Bloomberg New Energy Finance (BNEF)*, elucida que até 2040, o Brasil deverá atrair US\$ 300 bilhões em investimentos para o setor de energia elétrica, sendo desse montante 70% destinado à energia solar e eólica, isso porque nos últimos anos, os brasileiros assistiram a uma crise energética no país que foi agravada pelos quadros de seca, que demonstraram a necessidade do país reduzir a dependência das usinas hidroelétricas e buscar alternativas que possam suprir a demanda, sendo a energia solar e a eólica as que mais apresentam potencial para tanto.

Nesse contexto, não restam dúvidas sobre o potencial de energia renovável que o território brasileiro proporciona, encontrando barreiras de outras origens para que de fato consigam atender a demanda do país. Considerando que o foco deste estudo é a energia solar, no decorrer da pesquisa será estudado de forma mais específica o assunto, descrevendo-se no tópico a seguir o cenário energético no Ceará em relação às fontes de energia utilizadas no Estado.

### **2.3 Cenário energético do Ceará**

O cenário energético do Ceará, assim como o cenário brasileiro, apresenta-se como positivo para o uso de fontes renováveis de energia, principalmente quando o assunto é energia solar e energia eólica, considerando o amplo litoral cearense, que se apresenta como propício para tanto. Segundo dados do banco de informações de geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2015), o Estado do Ceará possui 84 empreendimentos geradores de energia em operação, com potência total de 3.197.313 kW.

De acordo com a Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Estado do Ceará (2013) a energia eólica, apesar de ainda está em um patamar secundário como fonte geradora de energia, é a mais promissora para assumir a frente da energia gerada pelas hidroelétricas:

A energia eólica, apesar de se encontrar nesse momento em um patamar secundário na matriz energética cearense, tem a perspectiva de se transformar no carro-chefe do estado. Dono de um vasto potencial eólico, o processo de expansão dessa fonte deve ocorrer de forma acelerada nos próximos anos. A fonte que mais tem sido comercializada nos últimos leilões de energia da Agência Nacional de Energia Elétrica traz uma onda de investimentos, discussões e se transforma em política pública estadual. (CEARÁ, 2013 p. 1).

A previsão para o cenário energético do Ceará, de acordo com dados da ANEEL (2015), é de que nos próximos anos o potencial energético do Estado aumente em 1.980.050 kW, visto que existem empreendimentos energéticos em construção e outros que a construção ainda não iniciou, mas já está confirmada. Para que se tenha noção acerca do potencial energético do Ceará, a Tabela 1 apresenta os empreendimentos energéticos que já estão em operação no Estado, os que estão em construção e os que estão aguardando o início das obras:

**Tabela 1. Potencial energético do Ceará em operação e futuros**

<b>Empreendimentos em operação</b>			
<b>Tipo</b>	<b>N</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>%</b>
Central Geradora Hidrelétrica	4	5.263	0,16
Central Geradora Eólica	44	1.233.234	38,6
Pequena Central Hidrelétrica	1	4.000	0,13
Central Geradora Solar Fotovoltaica	1	1.000	0,03
Usina Termelétrica	34	1.953.816	61,1
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>3.197.313</b>	<b>100</b>
<b>Empreendimentos em construção</b>			
<b>Tipo</b>	<b>N</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>%</b>
Central Geradora Eólica	29	695.500	76,14
Usina Termelétrica	1	218.000	23,86
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>913.500</b>	<b>100</b>
<b>Empreendimentos com Construção não Iniciadas</b>			
<b>Tipo</b>	<b>N</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>%</b>
Central Geradora Hidrelétrica	1	50	0
Central Geradora Eólica	31	650.500	60,99
Central Geradora Solar Fotovoltaica	2	60.000	5,63
Usina Termelétrica	3	356.000	33,38
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>1.066.550</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL (2015)

Verificando-se a Tabela 1 é possível perceber que a usina termelétrica e a eólica são as mais atuantes no Estado, sendo delas a representação de maior percentual com 61,1% e 38,6%, respectivamente. Desse modo, o Estado possui em fontes não renováveis o maior potencial de energia, sendo a energia eólica o mais promissor uso de fontes renováveis no Ceará. Quanto aos empreendimentos em construção é válido destacar o número de 29 empreendimentos geradores de energia eólica que estão em construção, sendo possível que ultrapasse o potencial gerador das usinas termelétricas e, ainda, o número de 31 que já esperam serem construídas.

Ao considerar o fato que o Ceará é um Estado de clima predominantemente ensolarado, com amplo litoral, chama a atenção o fato de somente contar com uma central geradora de energia solar fotovoltaica em operação na cidade de Tauá, interior do Estado, sendo a oferta de energia pouco representativa (0,03%) em comparação às demais fontes geradoras. Todavia, se faz importante destacar que existem dois projetos dessas centrais aguardando construção, fator que irá aumentar o uso desse tipo de energia. Nesse contexto, apesar da pouca participação na matriz energética cearense, a indústria fotovoltaica tem mostrado avanços, com dois projetos com a construção não iniciadas, mas que serão capazes de gerar uma potência de 60.000 kW. Acredita-se que a energia solar no Estado do Ceará ainda possui bastante espaço para ser explorada, descrevendo-se no capítulo a seguir o funcionamento desse tipo de central de energia e suas vantagens e desvantagens.

### **3 FUNDAMENTOS DA ENERGIA SOLAR**

Neste capítulo o estudo se volta para os fundamentos da energia solar, apresentando seu conceito e características, a radiação solar como fonte inesgotável de energia e potencial brasileiro e cearense para investir nesse tipo de energia. Demonstra-se a energia solar como uma fonte limpa a ser utilizada, dado o grande potencial apresentado pelo clima constante no país, principalmente, para o Estado do Ceará, que é frequentemente vítima da seca e de altas temperaturas.

#### **3.1 Conceito e características da energia solar**

A energia solar por ser uma potencial fonte energética tornou-se acessível em qualquer local, apesar de possuir um alto custo de instalação, transmissão e manutenção, este tipo de energia possui um sistema estável e vida útil longa, o que traz satisfação ao usuário. (SANTOS, 2006).

A energia solar foi convertida em energia elétrica pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel ao produzir uma corrente, expondo eletrodos de prata à radiação solar em um eletrólito. (RIFFEL, 2005). Em 1876, surge o primeiro aparato fotovoltaico, mas somente em 1956 inicia-se sua produção industrial.

Por volta de 1973 a 1974, de acordo com Santos (2006) houve uma crise mundial de energia fazendo com que estudos fossem desenvolvidos a fim de verificar a possibilidade de utilizar novas formas de energia. Desta forma as células fotovoltaicas passaram a ser utilizadas em uso coletivo e não somente para programas especiais.

Acrescenta-se que antes dessa crise, o uso de células fotovoltaicas possuía um custo alto e por isso não podia ser usada coletivamente. Porém, a partir de 1974 surgiram várias empresas destinadas a este fim, causando uma redução do preço, ficando em US\$ 8,00/W, o que antes custava US\$ 600/W. (SANTOS, 2006).

Com isso, a partir da década de 1970, a indústria fotovoltaica tem crescido anualmente uma média de 39%. No ano de 2003, o Japão liderou a produção mundial de células fotovoltaicas, tendo como matéria prima predominante o silício policristalino com 62%, seguido do monocristalino com 27%. De acordo com Palz (2005) a energia solar que a terra recebe a cada ano é dez vezes superior à contida em toda reserva de combustíveis fósseis.

O efeito fotovoltaico se dá através de semicondutores que permitem a presença de elétrons e de banda de condução. Dentre os materiais semicondutores o mais utilizado é o silício devido às características de seus átomos que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. (DADALTO, 2008).

Ressalta-se ainda que a energia solar é uma fonte de energia abundante, gratuita e não comercial, no qual mesmo que seja necessário o uso de tecnologias específicas, não é possível que uma empresa ou o governo tome sua propriedade com exclusividade, pois entende-se que o sol é um bem público, e por isso é indisputável e impossível torná-lo uma mercadoria. (DADALTO, 2008).

### **3.2 Radiação Solar**

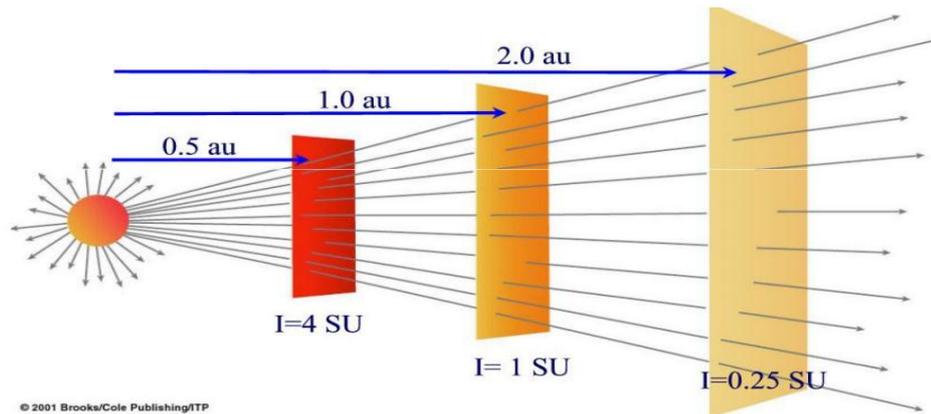
De acordo com Cometta (1998, p.7): “a quantidade de energia solar que atinge a Terra em dez dias é equivalente a todas as reservas de combustível conhecidas”. Anualmente a terra recebe  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia solar, tornado-se um potencial em captação e conversão em outra forma de energia.

De acordo com Vilela (2010), o planeta Terra assume uma trajetória elíptica em um plano inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  em relação ao plano equatorial, sendo este fator responsável pela elevação do sol no horizonte em relação à mesma hora ao longo dos dias. Portanto, é possível maximizar o aproveitamento da radiação solar, ajustando a posição do coletor ou do painel solar de acordo com o declínio solar.

Importante destacar, com base em Sentelhas e Angelocci (2009), que a energia solar que chega à Terra está associada à sua distância ao sol, havendo variação na distância entre a terra e o sol, a quantidade de irradiância solar também irá variar, é que se chama de Lei do

Inverso do Quadrado da Distância, que diz que “a energia recebida em uma superfície é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte emissora e a superfície receptora”. (p. 4). A Figura 1 melhor demonstra a referida lei:

**Figura 1. Lei do Inverso do Quadrado da Distância**



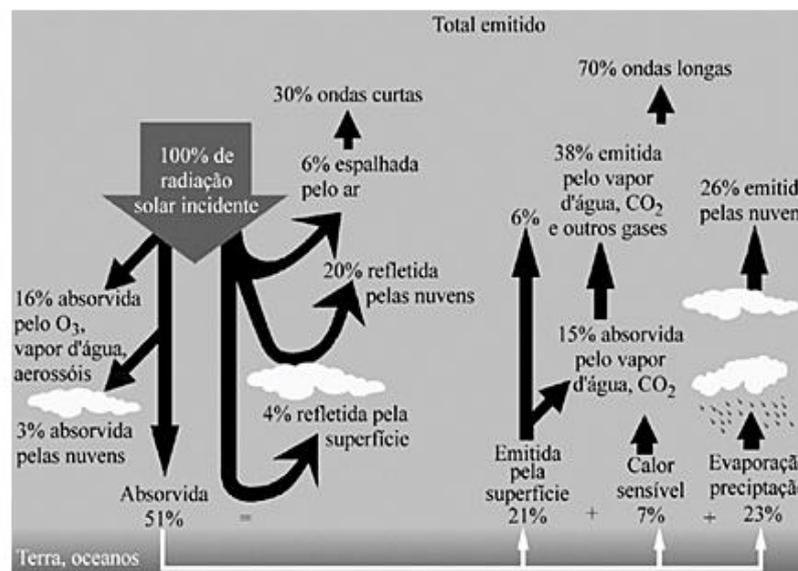
Fonte: Sentelhas e Angelocci (2009)

Conforme se verifica na Figura 1, quanto maior a distância do sol, menor é a irradiância solar. Assim, pode-se dizer que a radiação solar que atinge a terra é apenas uma fração que se constitui de um componente direto e de um componente difuso. Segundo Antunes (1999), a radiação é emitida pelo sol como um corpo negro com uma temperatura superficial de cerca de 5700°C, o que corresponde a uma emissão máxima de 0,5  $\mu\text{m}$ , podendo chegar 10  $\mu\text{m}$  no caso de temperatura ambiente, dentro do espectro da luz infravermelha, invisível.

A luz infravermelha obtida pela chapa negra quando emite energia térmica é absorvida por um vidro transparente, reemitindo-a para a chapa negra que a reabsorve novamente. A medida que a luz infravermelha é absorvida pela chapa negra mais elevado fica o calor acumulado, sendo atingido o equilíbrio quando a energia ganha pela absorção de luz visível é exatamente equilibrada pela perda de energia pela emissão infravermelha da chapa de vidro. Com a elevação da temperatura, o comprimento de onda da emissão infravermelha torna-se mais curto. Antes de chegar ao solo, a radiação solar é afetada devido aos efeitos de absorção e espalhamento que dependem da espessura da camada atmosférica identificada por Massa de Ar (AM). (ANTUNES, 1999).

Diferenciando-se radiância, intensidade de radiação e fluxo de energia, tem-se que a radiância trata-se da intensidade de radiação, enquanto o fluxo de radiação, representa a quantidade de energia que incide sobre uma superfície. Nesse caso, a irradiância, ou seja, a densidade do fluxo de energia solar emitido por uma superfície depende da interação da radiação eletromagnética com os constituintes da atmosfera da terra. (MARTINS, PEREIRA, ECHER, 2004). A Figura 2 demonstra os principais processos de interação da radiação solar e da radiação térmica na terra:

**Figura 2. Principais processos de interação da radiação solar e da radiação térmica na terra**



Legenda: O esquema apresentado é bem simplificado, devendo ser visto apenas como uma ilustração do processo, considerando que o valor de cada componente pode variar significativamente de um local para outro ou de um período do ano para outro. Fonte: MARTINS, PEREIRA, ECHER (2004).

Quanto às tecnologias termossolares possuem basicamente três configurações: Centro Cilíndrico Parabólicas; Disco Parabólicas; Torres centrais. Todos esses sistemas utilizam a radiação solar incidente para o aquecimento de um fluido. A principal diferença entre as tecnologias termosolares e as tecnologias convencionais está na captação, transmissão e conversão do combustível em energia térmica. (MADEIRA, 2009).

O subsistema solar, responsável por converter energia solar em térmica passa pela coleta e transmissão de radiação, o concentrador, que possui coletas formadas por superfícies

refletoras de captação de radiação solar, se concentrando no receptor para formar energia térmica que é transmitida para um fluido e transportada para o subsistema de geração. (MADEIRA, 2009).

Quando a energia alcança o receptor, este é absorvido e convertido em energia térmica. Porém, o processo de conversão envolve perdas, onde parcela dessa energia é perdida para o meio ambiente.

### 3.3 Tipos de energia solar

Apresenta-se como tipos energia solar, a energia solar empresarial, a governamental, a residencial e a energia solar térmica, também conhecida como heliotérmica.

A energia solar empresarial se trata de um tipo de fonte de energia utilizado por empresas e que além das vantagens para o meio ambiente, os grandes projetos para geração de energia solar podem trazer inúmeras vantagens econômicas para as empresas. De acordo com Jorge Neto (2012), a energia solar tem sido a aposta de grandes empresas e empreendimentos, como a Petrobrás e o Estádio Maracanã.

Quanto à energia governamental, tem-se que esse tipo de energia no Brasil ainda não é muito difundida. Construída no ano de 2014, sem ajuda do governo, o maior parque solar do Brasil gera energia suficiente para abastecer 2,5 mil residências em Tubarão, Santa Catarina. Já neste ano de 2015 houve um aumento de investimento para a geração de energia solar. De acordo com a reportagem veiculada pelo Jornal Nacional (2014), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) contratou projetos novos para geração de energia solar, ao todo 31 projetos. Será energia suficiente para abastecer mais de 900 mil residências.

Destaca-se a energia solar térmica dentre os tipos citados. De acordo com a ANEEL (2015), o processo de uso e acúmulo do calor proveniente dos raios solares para a utilização em processos industriais ou para a geração de eletricidade é denominada de Energia Heliotérmica ou *Concentrating Solar Power* (CSP). Sobre esse tipo de energia solar, Pinho e Galdino (2014, p. 48):

O interesse é na quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. A utilização dessa forma de energia implica não somente em saber captá-la, mas também em como armazená-la.

Para o armazenamento dessa energia são utilizados equipamentos denominados coletores solares, que podem ser concentradores ou planos. Segundo Pinho e Galdino (2014), os coletores concentradores são aplicados em temperaturas superiores a 100°C a 400°C, para acionar turbinas a vapor e posteriormente gerar eletricidade. Já os coletores planos são aplicados em temperaturas baixas (aproximadamente 60°C) e são utilizados em residências e comércios para aquecimento de água para o banho, produção de ar quente para secagem de grãos, aquecimento de piscinas etc.

O uso da energia solar heliotérmica tem crescido no Brasil nos últimos anos, de acordo com dados emitidos pelo Relatório da Situação Global das Renováveis (2012), a estimativa é de que 200 milhões de pessoas no mundo já utilizem desse tipo de energia solar, enquanto no Brasil se verifica 8,50 milhões de m<sup>2</sup>, onde aproximadamente 1,15 milhões de m<sup>2</sup> foram somados apenas ao ano de 2012.

Quanto às vantagens do uso da energia heliotérmica, Pinho e Galdino (2014) citam: Acionamento de turbinas a vapor; Aquecimento de água para o banho; Geração de ar quente para a secagem de grãos; Aquecimento de piscinas; Aquecimento de água e geração de vapor para limpeza em hospitais, hotéis e restaurantes; e Redução significativa de energia elétrica e gás, etc. Segundo Pinho e Galdino (2014, p. 49-50):

Uma grande vantagem dos sistemas solares térmicos é a possibilidade de serem acoplados a sistemas de armazenamento de calor para uso em outros horários, que não coincidem com a incidência solar. Isso traz uma maior flexibilidade no despacho de energia elétrica, em comparação aos sistemas fotovoltaicos, além de maior eficiência no processo de conversão de energia e de uma gama de aplicação mais ampla. Outra vantagem é a possibilidade de integração com outras aplicações que necessitem de energia térmica.

Conforme Pinho e Galdino (2014), a desvantagem que se coloca para o segmento solar térmico é a queda significativa dos preços dos módulos fotovoltaicos, tornando-os mais competitivos.

### 3.4 Potencial solar do Brasil e do Ceará

O Brasil possui um grande potencial de energia solar, que poderia ser utilizado para trazer desenvolvimento às diversas regiões, porém seu custo ainda é alto em comparação com as outras formas de energia elétrica. (MARTINS; PEREIRA; ECHER, 2004).

O Brasil recebe altos níveis de radiação solar durante todo o ano. Colle e Pereira (2000, p. 97) explicam que a distribuição média diária da radiação global do Brasil são as seguintes: “Norte 5.462 Wh/m<sup>2</sup>; Nordeste 5.688 Wh/m<sup>2</sup>; Centroeste 5.630 Wh/m<sup>2</sup>; Sudeste 5.478 Wh/m<sup>2</sup>; Sul 5.015 Wh/m<sup>2</sup>.”

Observa-se que o índice de radiação solar no país é maior na região nordeste, porém as outras regiões também representam potencial de aproveitamento energético, como se verifica abaixo.

O potencial de radiação solar no Brasil supre as necessidades de água quente mesmo que exista sazonalidade nas regiões. No país, o uso da energia solar pode ser bem aproveitado na meteorologia, na climatologia, na agropecuária, arquitetura, bem como irrigação de culturas, aquecimento e iluminação artificial, entre outros. (MARTINS; PEREIRA; ECHER, 2004).

Por sua vez, o Estado do Ceará, no quesito potencial solar se encontra em uma situação privilegiada, com uma insolação média anual de 8 horas diárias, ficando com uma média anual de radiação solar de 200 a 250w/m<sup>2</sup>. (LIMA, 2010).

A energia solar é considerada uma fonte de energia abundante e limpa no Estado, trazendo inúmeras vantagens como atender a população de baixa renda, reduzir custos de manutenção e atender as necessidades do ruralista. (CEMIG, 2000 *apud* ROLIM, 2006).

Vale destacar que o Ceará é o único Estado brasileiro a possuir uma legislação exclusiva para energia solar, onde a construção da Usina de Energia Solar de Tauá proporciona para a região dos Inhamuns a geração de uma energia limpa e renovável (LIMA, 2010).

De acordo com o Senador Eunício Oliveira, a usina solar de Tauá poderá se tornar futuramente um laboratório mundial de pesquisa de energia solar. E Paulo Monteiro, diretor dos Novos Negócios e Meio Ambiente da empresa MPX, a usina terá os seguintes dados: 400 placas fotovoltaicas com geração de 1 MW de energia, capacidade suficiente para alimentar cerca de 850 residências. Monteiro defendeu que os benefícios da instalação da MPX Solar possibilitam a vinda de outras empresas, como indústrias de placas, de exploração de silício, matéria-prima para os painéis, de cabos e refletores elétricos e até turísticas. (RODRIGUES, 2010; O ESTADO-CE, 2010; EUGÊNIO, 2010).

Veio também do Ceará, o primeiro poste de iluminação pública 100% alimentado por energia eólica e solar. Trata-se de Fernandes Ximenes, engenheiro mecânico e proprietário da Gram-Eollic. (OLIVEIRA, 2011).

Os modelos de postes possuem entre 12 e 18m de altura, em aço e possui um avião no topo feito de fibra de carbono e alumínio especial, utilizado para capturar os raios solares e os ventos. Cada poste tem a capacidade de abastecer três ao mesmo tempo, funcionando como um gerador. A bateria do poste tem autonomia para 70 horas de ausência de sol e vento, ou sete noites seguida. (OLIVEIRA, 2011).

O projeto de Ximenes ganhou apoio do governo do estado e ainda está em fase de teste no palácio Iracema. Pretende-se futuramente utilizá-lo nas principais avenidas de Fortaleza, praças, entre outros (OLIVEIRA, 2011).

Ressalta-se que os painéis fotovoltaicos são os que apresentam maiores condições de fornecimento de energia solar até o momento. A tecnologia é descrita no capítulo a seguir.

## 4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMO FONTE DE ENERGIA

Os painéis fotovoltaicos são alvos do estudo deste capítulo, sendo estes painéis os que estão sendo utilizados no Brasil atualmente, em busca de gerar energia elétrica tendo o sol como fonte.

### 4.1 Conceito e breve histórico

Através das reações nucleares que se produzem no interior do Sol, este irradia energia sob a forma de luz e calor para o espaço. Porém, nem toda essa energia chega ao planeta Terra, o que se deve aos vários fatores como: os efeitos de absorção e reflexão na atmosfera, a variação da umidade, presença de nuvens, pó, a latitude do local e até a estação do ano. Estima-se que, apesar disso, em média, a superfície terrestre receberá anualmente  $1,5 \times 10^{18}$  kW/h de energia solar, o que corresponde a cerca de 10.000 vezes o consumo mundial de energia. Dessa forma justifica-se a aplicabilidade e funcionalidade de elementos fotovoltaicos como fonte de energia. (TEIXEIRA, 2010). A Figura 3 ilustra a estrutura de um painel fotovoltaico:

**Figura 3. Painéis Fotovoltaicos**



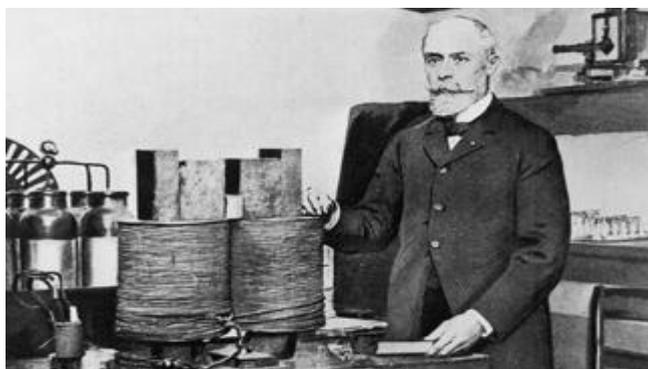
Fonte: Blue Sol Educacional – Energia Solar (2013)

Conceituam-se painéis fotovoltaicos como sendo a utilização de dispositivos para converter a energia proveniente da luz solar em energia elétrica. Os painéis ou sistema fotovoltaico, geralmente, são constituídos por células fotovoltaicas, caracterizando-se o elemento mais importante do sistema e, que ainda é composto por inversores, baterias e controladores/reguladores de carga.

A partir dos processos que se desenvolvem ao nível atômico dos materiais pelos quais são constituídos, as células convertem radiação solar em eletricidade. A corrente elétrica é produzida pelas camadas de material semicondutor, as quais compõem as células fotovoltaicas.

Discorrendo sobre o surgimento dos painéis fotovoltaicos na geração de energia, tem-se que no ano de 1839, o físico francês Alexandre-Edmond Becquerel, fazia experiências com a luz solar, quando aconteceu um efeito num eletrólito, de acordo com a ABEAMA (2013, p. 1) consistia no aparecimento de uma “diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz”. Destaca-se que o efeito ocorreu em decorrência de placas metálicas, de platina ou prata, terem sido mergulhadas em um eletrólito, apresentando uma diferença de potencial quando exposta à luz. (VALLÊRA; BRITO, 2006).

**Figura 4. Alexandre-Edmond Becquerel**



Fonte: Nocturnar (2013)

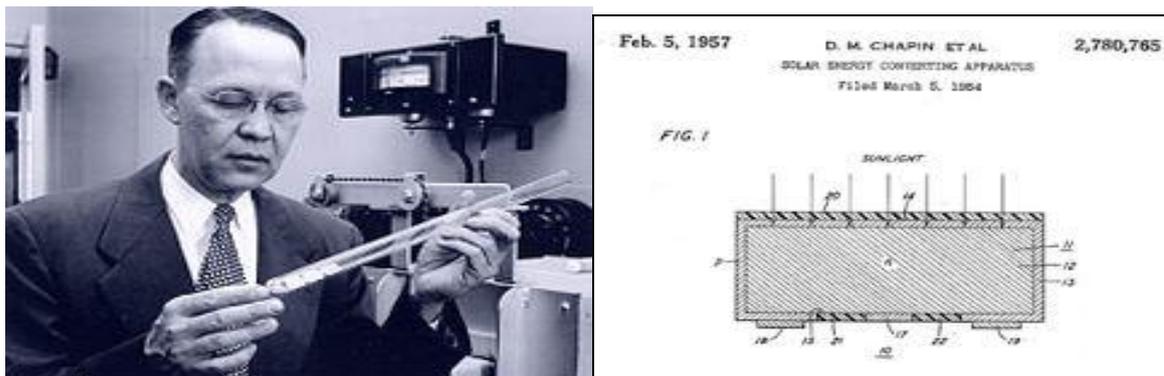
A concepção da primeira célula fotovoltaica ocorreu no ano de 1876 e em 1877 dois inventores norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day, desenvolveram o primeiro dispositivo sólido de produção da eletricidade por exposição à luz, utilizando-se, para tanto, das propriedades fotocondutoras do selênio. Todavia, a energia solar por painéis fotovoltaicos somente veio a se concretizar quando no ano de 1905, Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico, o que lhe concedeu um prêmio Nobel no ano de 1921. (VALLÊRA; BRITO, 2006).

Na década de 1950 iniciaram a produção das primeiras células fotovoltaicas para uso espacial pela Bell Labs, quando um de seus químicos, Calvin Fuller fez experimentos que levaram a criação das células. Descrevendo o caminho da descoberta de Fuller, Vallêra e Brito (2006, p. 11) afirma que:

Fuller produziu uma barra de silício dopado com uma pequena concentração de gálio, que o torna condutor, sendo as cargas móveis positivas (e por isso é chamado silício do “tipo p”). Seguindo as instruções de Fuller, o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs, mergulhou esta barra de silício dopado num banho quente de lítio, criando assim na superfície da barra uma zona com excesso de elétrons livres, portadores com carga negativa (e por isso chamado silício do “tipo n”). Na região onde o silício “tipo n” fica em contacto com o silício “tipo p”, a “junção p-n”, surge um campo elétrico permanente.

Todavia, ao dar continuidade aos seus experimentos, Fuller constatou barreiras para desenvolvimento dessas células, realizando novos estudos para chegar a uma maior eficiência, chegando ao arsênio no lugar do gálio, obtendo êxito em seu experimento e atingindo 6% de eficiência, índice considerado recorde até o momento.

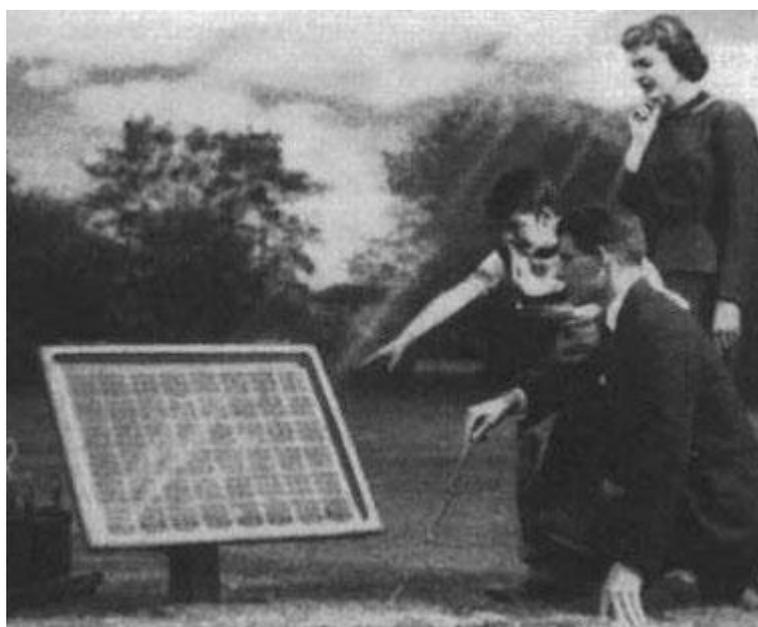
### **Figura 5. Calvin Fuller e a patente da primeira célula solar**



Fonte: Vallêra e Brito (2006, p. 11)

No ano de 1955 as células fotovoltaicas passaram a ser comercializadas pela Western Electric, que adquiriu para tanto, neste mesmo ano a Hoffman Electronics cria a célula fotovoltaica comercial com 2% de eficiência, vendida por US\$ 25, ou US\$ 1,785.00 por Watt-pico, um valor considerado bastante alto. Em 1957, as células foram desenvolvidas com 8% de eficiência, um novo recorde. (FULLER; VALLÊRA; BRITO, 2006)

### Figura 6. Comercialização das células fotovoltaicas

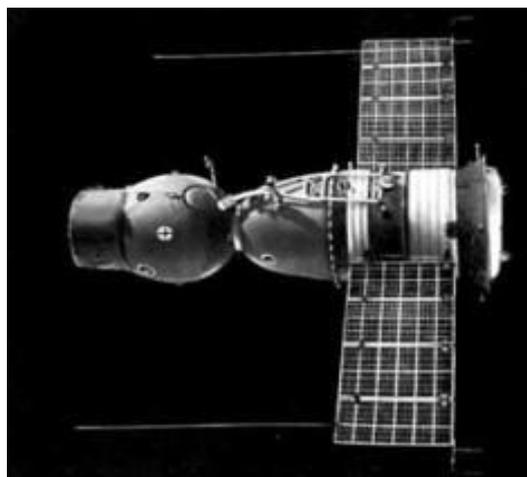


Fonte: Blue Sol Educacional (2011)

A partir de então muitas foram as evoluções ocorridas na história, novos aperfeiçoamentos, satélites foram lançados ao espaço e como fator histórico mais marcante nesse período tem-se a primeira estação espacial russa alimentada por energia solar fotovoltaica em 1971. (BLUE-SOL, 2011).

Em 1973, a crise energética renova e amplia o interesse da tecnologia em aplicações terrestres, verificando-se uma melhoria dos métodos de fabrico e um aumento do volume de produção que permitiram tornar esta tecnologia bastante mais atrativa do ponto de vista econômico.

**Figura 7. Primeira Estação Espacial Russa com Energia Fotovoltaica**



Fonte: Blue Sol Educacional (2011)

Em 1978 a produção mundial atingia a modesta marca de 1 MW/ano, valor esse que viria a transformar-se em 150 MW/ano pelo ano 1998, e tem vindo continuamente a crescer, em grande parte graças à incessante procura de alternativas ecológicas aos meios convencionais de produção de energia, de forma a reduzir a produção de gases de efeito estufa e dependência energética (MORAIS, 2009).

Os anos 2000 foram marcados por novas evoluções no setor da energia fotovoltaica, com a utilização do sistema por inúmeros países, inclusive, pelo Vaticano, e em 2009, a produção mundial de energia por painéis fotovoltaicos atingiu 9.340 MW. Destaca-se que no ano de 2011 uma queda de preços de dispositivos geradores de energia fotovoltaica ocorreu,

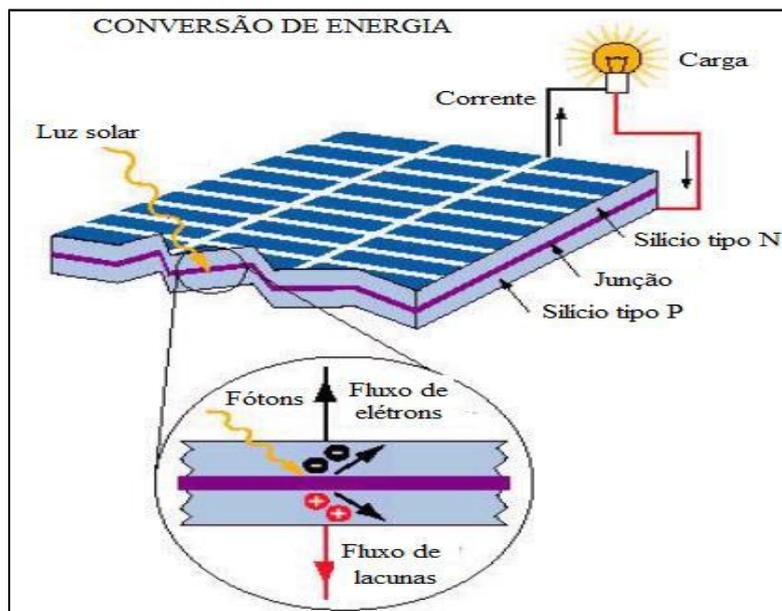
trazendo novas oportunidades, ocasião em que a primeira usina solar fotovoltaica brasileira é construída. (BLUE-SOL, 2011).

Vale salientar que, atualmente, praticamente toda tecnologia instalada, baseia-se no silício como material semicondutor, sendo este o segundo elemento de maior abundância na crosta terrestre. Porém, os pesquisadores buscam outros materiais com o objetivo de obterem melhores rendimentos de conversão energética com menor custo financeiro. Aos materiais semicondutores são adicionadas substâncias denominadas dopantes, possibilitando meios favoráveis para que aconteça o efeito fotovoltaico, o que é a conversão direta da potência associada à radiação solar em potência elétrica, ou seja, em corrente contínua - DC (SILVA; AFONSO, 2009).

Para que seja possível o aproveitamento da energia para a rede ou para aplicações domésticas, é necessário utilizar o inversor para converter a corrente DC (corrente contínua) em AC (Corrente Alternada). As células fotovoltaicas têm um poder de produção limitado, e para que estas possam obter potências superiores, estas passam a ser conectadas em série ou em paralelo formando módulos fotovoltaicos, e o seu rendimento produtivo é fortemente condicionado por vários fatores como o estado da superfície de absorção (normalmente vidro), pela temperatura da célula, pelas condições de luminosidade, etc. Para que se possa manter um rendimento constante as células são encapsuladas normalmente entre um módulo de vidro e um fundo para evitar a sua degradação por fatores atmosféricos como o vento, a chuva, poeiras, umidade ou vapor. No que se diz respeito a garantias de funcionamento, atualmente os sistemas fotovoltaicos oferecem garantias mínimas de 80% do seu rendimento inicial até 25 anos, sendo que a partir desse prazo é possível sua reciclagem (MORAIS, 2009).

Assim, a célula fotovoltaica é o local onde ocorre a conversão da radiação solar em corrente elétrica através do efeito fotoelétrico, que ocorre quando um elétron salta para uma órbita mais externa por conta da incidência de luz sobre a célula. O efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma tensão elétrica, a partir da inserção de luz na junção entre dois materiais semicondutores, os silícios tipo P e N, ambos de propriedades elétricas diferentes. (CHAVAGLIA, 2010). Segue abaixo a figura que ilustra a conversão de energia, conforme ilustra a Figura 8:

### **Figura 8. Conversação de energia**



FONTE: CHAVAGLIA, 2010.

Segundo Ghensev (2006), entre os diversos materiais utilizados para a fabricação das células, destacam-se as 24 células que empregam a tecnologia de silício cristalino (c-Si), que podem ser de dois tipos: silício monocristalino (mc-Si) e o silício policristalino (pc-Si). Dentre os outros tipos de tecnologia fotovoltaica pode-se citar os chamados filmes finos, como o silício amorfo (a-Si) e o arseneto de gálio (GaAs) e os compostos policristalinos, como o telureto de cádmio (CdTe) e o disseleneto de cobre e índio (CuInSe<sub>2</sub>).

Muñiz e García (2006) afirmam que o silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, e é extraído na forma de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>). Em seguida, o SiO<sub>2</sub> é submetido a dois processos: a redução e a purificação. A redução consiste em adicionar carbono em altas temperaturas. De acordo com os autores, o produto resultante deste processo é um silício com uma pureza de 98%, mas ainda não pode ser utilizado nas células FV, pois o silício necessita com uma pureza de 99,99%. Para chegar à pureza necessária, o silício é submetido ao processo de purificação onde ele é tratado quimicamente para a obtenção do nível de pureza necessário.

Economicamente, o uso da energia solar nos dias de hoje ainda é considerado inviável, pois os custos associados aos painéis fotovoltaicos são elevados. Porém, o aumento do custo dos combustíveis fósseis e a experiência adquirida na produção de células solares, que tem vindo a reduzir o custo das mesmas, indica que este tipo de energia poderá ser mais utilizada a médio prazo.

De acordo com dados recentes fornecidos pelo *International Energy Agency* (IEA), a produção fotovoltaica tem duplicado a cada dois anos, crescendo à taxa média de 48% ao ano desde 2002, o que faz desta área a que tem maior e mais rápido crescimento, dentro das tecnologias de energia. (TEIXEIRA; CARVALHO, 2012).

Assim, muitas foram as evoluções ocorridas no decorrer da história em relação ao uso dos painéis fotovoltaicos para geração de energia, podendo-se dizer que estes ainda continuam a evoluir, as expectativas são de que os desertos recebam esses painéis para geração de energia, fator que pode revolucionar a distribuição de energia elétrica, utilizando-se de uma fonte inesgotável.

## 4.2 Aplicações

Os sistemas fotovoltaicos geralmente são divididos em dois subgrupos que são: sistemas isolados e sistemas ligados à rede elétrica. No que se diz respeito a aplicações, dentro dos sistemas isolados a energia fotovoltaica pode ser utilizada para eletrificação rural, aplicações agrárias, bombeio de água, telecomunicações, dessalinização e iluminação pública (MORAIS, 2009).

De acordo com a ABEAMA (2013, p. 1) a energia fotovoltaica pode ter diferentes aplicações:

- Eletrificação remota: atualmente uma das principais aplicações da energia fotovoltaica é a possibilidade de fornecer energia elétrica a lugares remotos, onde os custos da montagem de linhas elétricas são superiores ao sistema fotovoltaico, ou existe a impossibilidade deste tipo de fornecimento;
- Sistemas autônomos - bombagem de água para irrigação, sinalização, alimentação de sistemas de telecomunicação, etc.;
- Aplicação de micro-potência: relógios, máquinas de calcular, etc.;

- Integração em edifícios - a integração de módulos fotovoltaicos a edifícios (paredes e telhados) é uma aplicação recente, podendo representar reduções de custos construtivos e energéticos;
- Veículos - outra aplicação, ainda em fase de investigação, é a de automóveis providos de células fotovoltaicas.

O uso do sistema fotovoltaico tem sido usado em maior escala e apresentando crescimentos consecutivos, está sendo no setor da integração arquitetônica em edifícios, no qual módulos fotovoltaicos são incorporados na cobertura ou na fachada de novos edifícios de utilização habitacional ou industrial, como fonte primária ou auxiliar de energia. (TEIXEIRA; CARVALHO, 2012).

A grande vantagem deste setor e o principal motivo pelo qual tem atraído tanta procura, é que estes elementos fotovoltaicos não só geram energia como permitem substituir outros materiais tradicionais que normalmente servem de revestimento aos edifícios, exercendo funções de proteção, acabamento e de conforto térmico e acústico, mantendo ao mesmo tempo o apelo visual da construção em que se inserem. (EIFFERT; KISS, 2000).

Isto permite uma poupança considerável comparativamente aos sistemas fotovoltaicos convencionais que são montados no edifício através de estruturas metálicas de suporte já que permitem eliminar os custos dos materiais de revestimento, dado que ao exercerem essa dupla função esses materiais deixam de ser necessários, e também estes sistemas por regra geral requerem um grau de manutenção muito menor do que os primeiros. Além dessas vantagens, a energia passa a ser gerada junto ao ponto de consumo e na tensão de consumo, o que significa que as perdas de energia na transmissão e distribuição da mesma são eliminadas contribuindo para a eficiência energética de qualquer sistema (EIFFERT; KISS, 2000).

### **4.3 Características**

Os painéis fotovoltaicos possuem características específicas dentro dos parâmetros elétricos, térmicos ou mecânicos e suas medidas obedecem às condições de referência – STC - *Standard-Test-Conditions* (condições de teste standard), pelos fabricantes e disponibilizadas na forma de fichas técnicas específicas. Vale ressaltar que na realidade, as condições de

referência dificilmente acontecem. Portanto, conforme menciona Carneiro (2010, p. 5) ainda que “um módulo fotovoltaico opere num cenário que eventualmente se caracterize por uma temperatura do ar igual a 25°C, a temperatura do módulo será superior”. Por este motivo, muitas vezes é especificada a temperatura nominal de funcionamento (do Inglês, *nominal operating cell temperature*, NOCT) do módulo fotovoltaico. Carneiro (2010, p. 5) destaca ainda que:

A temperatura nominal de funcionamento é definida como sendo a temperatura atingida pelas células de um módulo quando sujeitas às seguintes condições: - Intensidade da radiação solar incidente na superfície = 800 W/m<sup>2</sup>; - Temperatura do ar = 20°C; - Velocidade do vento = 1m/s.

No que diz respeito às características físicas e mecânicas afirma-se que um painel fotovoltaico pode apresentar-se nas formas retangular ou quadrada. Geralmente possuem uma área compreendida entre 0,1 e 0,5 m<sup>2</sup> e sem contar com o encaixe que o rodeia, tem uma espessura de 3 cm. Seu peso varia entre 6 e 7 kg o que os torna relativamente leve em relação ao seu tamanho. Estes painéis estão sempre submetidos a adequações aos espaços mecânicos e por isso têm a capacidade de se deformar. (PORTAL ENERGIA, 2004).

Os painéis fotovoltaicos são formados por vários materiais conforme descritos a seguir:

- Uma cobertura de vidro temperado ou de materiais orgânicos;
- Várias camadas de silicone, com objetivo de protegê-lo de sua degradação, face a sua delicadeza. Estas camadas de silicone possuem características apropriadas para sua função, pois já são transparentes, não perdem as suas propriedades, repelem a água e permitem que o material respire mantendo um teor de umidade muito baixo e ainda têm um preço acessível;
- Várias camadas protetoras (normalmente de vidro), sendo melhores que as opacas ou de cor clara, pois refletem a luz que atravessam as células, regressando à parte frontal, para depois voltar a ser refletida e assim ser aproveitada novamente;

- Um encaixe de aço inox que segure no conjunto, com os furos adequados, assim como com todos os parafusos e fixações necessárias para a sua estabilidade perfeita. (PORTAL ENERGIA, 2004).

Importante ressaltar que em alguns painéis fotovoltaicos a tomada de terra já vem incorporada. Porém em instalações em série e que a potência obtida poderá vir a ser elevada, a tomada precisa ser instalada de forma adequada.

Em relação às características elétricas, nas instalações de painéis fotovoltaicos, a radiação solar standard é de  $1.000 \text{ watts/m}^2$  (ou intensidade de um Sol à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ ), simulando-se no laboratório com focos apropriados, pelo que as condições reais de trabalho podem variar muito comparando-se com as do laboratório. (PRESENÇO, 2007). Portanto, deve-se atentar para as alterações que poderão surgir, corrigindo-se os cálculos prévios no painel específico. Cada painel possui a curva característica do nosso painel, e por esse motivo ocorrem sobre este, efeitos de agentes externos e que devem ser determinados.

No que diz respeito à Física das células fotovoltaicas, destaca-se o uso de materiais semicondutores que, de acordo com Alves e Silva (2008), são a base da indústria eletrônica, recebendo esta nomenclatura por não serem totalmente isolantes, mas também não serem bons condutores, tendo suas características elétricas alteradas se forem adicionados a ele átomos diferentes.

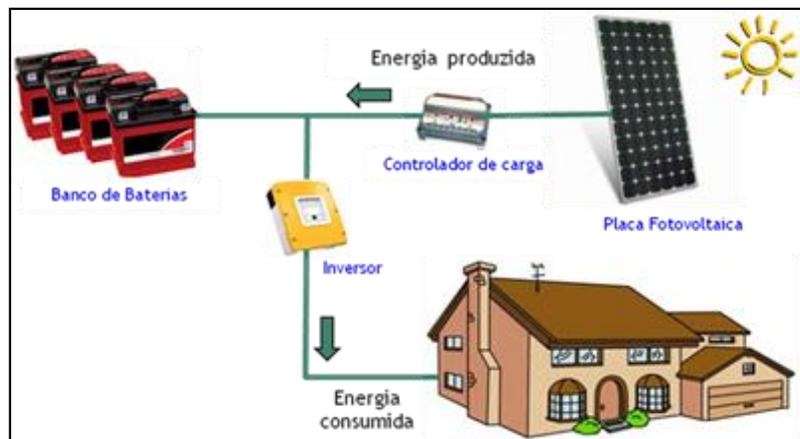
Conforme explica Nascimento (2004) é essa adição de átomos que possibilita o funcionamento das placas fotovoltaicas, sendo cada célula composta por silício tipo N e tipo P. O tipo N se configura como o silício com adição de átomos de fósforo, obtendo-se, a partir disso, um material com elétrons livres ou materiais com carga negativa. Enquanto o silício do tipo P tem-se a adição de átomos de Boro, obtendo-se falta de elétrons ou materiais com cargas positivas livres. Destaca-se que o campo elétrico somente é formado com a junção das duas placas, que ao receber luz, faz com que os fótons choquem-se com outros elétrons da estrutura fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores. Outro fator importante de se mencionar é que uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica apenas mantendo um fluxo de elétrons estabelecidos num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela, variando na mesma proporção da luz incidente.

#### 4.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem se apresentar em duas formas: sistemas isolados e sistemas conectados à rede elétrica. Os sistemas isolados, por sua vez, se dividem em domésticos ou não domésticos e os sistemas conectados à rede elétrica podem se apresentar como distribuídos ou centralizados (MARKVART, 2000).

Os sistemas fotovoltaicos domésticos isolados, de acordo com o IEA (2006), são utilizados para fornecer energia elétrica às residências sem que estejam conectados à rede de distribuição pertencente à concessionária local, sendo o uso exclusivo da residência ou de determinadas localidades, geralmente são responsáveis por fornecer energia elétrica para equipamentos que exigem cargas baixas de energia como iluminação e refrigeração. A Figura 9 ilustra um sistema fotovoltaico doméstico isolado:

**Figura 9. Sistema fotovoltaico doméstico isolado**



Fonte: [energiatecsolar.com.br](http://energiatecsolar.com.br)

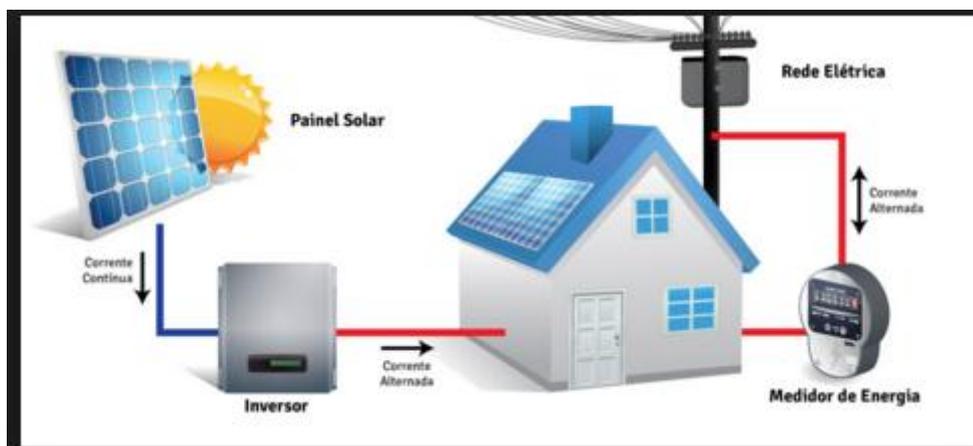
Quanto aos sistemas fotovoltaicos não domésticos isolados, de acordo com o IEA (2006) trata-se daqueles que fornecem energia elétrica também sem conexão à rede elétrica da concessionária, todavia, seu uso é feito para uma ampla escala de aplicação, como telecomunicação e refrigeração de medicamentos e vacinas em postos de saúde.

Por sua vez, os sistemas fotovoltaicos distribuídos conectados à rede elétrica se configuram como aqueles que fornecem energia ao consumidor de forma que este pode utilizar-se da rede elétrica convencional para complementar a demanda necessária. (MARKVART, 2000). Descrevendo esses sistemas, Ruther (2004, p. 40) afirma que:

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

Assim, tem-se nesse tipo de sistema um gerador fotovoltaico ativado sempre que sobre ele incidir luz solar. Para que se tenha uma maior noção sobre esse tipo de sistema, a Figura 10 representa um diagrama de um sistema solar fotovoltaico integrado ao telhado de uma residência urbana interligada ao sistema elétrico convencional:

**Figura 10. Sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede elétrica**

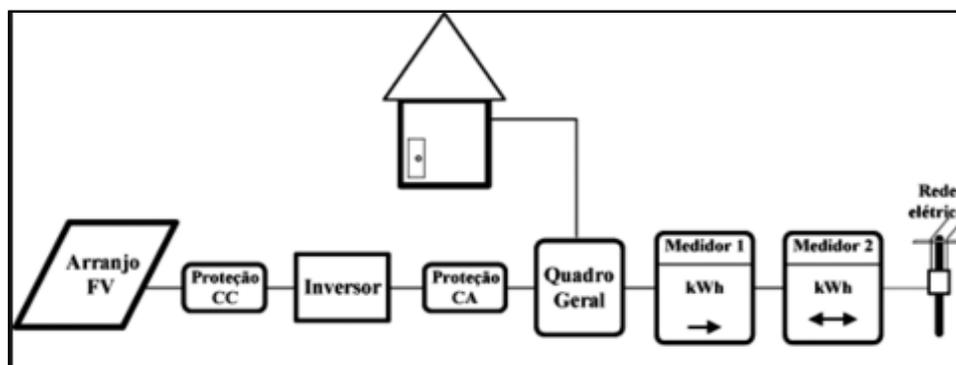


Fonte: [www.real-watt.com.br](http://www.real-watt.com.br)

Por fim, os sistemas centralizados conectados à rede, de acordo com Markvart (2000), são aqueles que atuam com a função de estação de energia, não havendo um cliente

particular com associação à fonte de alimentação, sendo instalados em terrenos ou campos amplos, sem a necessidade de proximidade com o ponto de consumo.

**Figura 11. Sistema Fotovoltaico Centralizado conectado à rede elétrica**



Fonte: Macedo; Zilles (2004)

Ressalta-se que o Sistema Fotovoltaico Centralizado conectado à rede elétrica (SFCR) é o que apresenta maiores investimentos por abastecer uma maior demanda. No tópico a seguir descreve-se o panorama do uso de sistemas fotovoltaicos no mundo.

#### 4.5 Uso de painéis fotovoltaicos no mundo e no Brasil

O uso de painéis fotovoltaicos para geração de energia solar é o que mais cresce no mundo, sendo este o mais promissor para que um dia a energia solar venha a se tornar de maior predominância nos diferentes países do mundo. De acordo com Carvalho (2014), ao contrário do que se pode pensar, a energia solar não necessita de sol forte para que consiga obter êxito, prova disso é a Alemanha, que em 2013 estabeleceu recorde mundial em produção de energia solar com um total de 5,1 Terawatts-hora (TWh), um número que nenhum país havia alcançado ainda, tanto que o recorde anterior era dos Estados Unidos, que era de 0,764 TWh em maio de 2013.

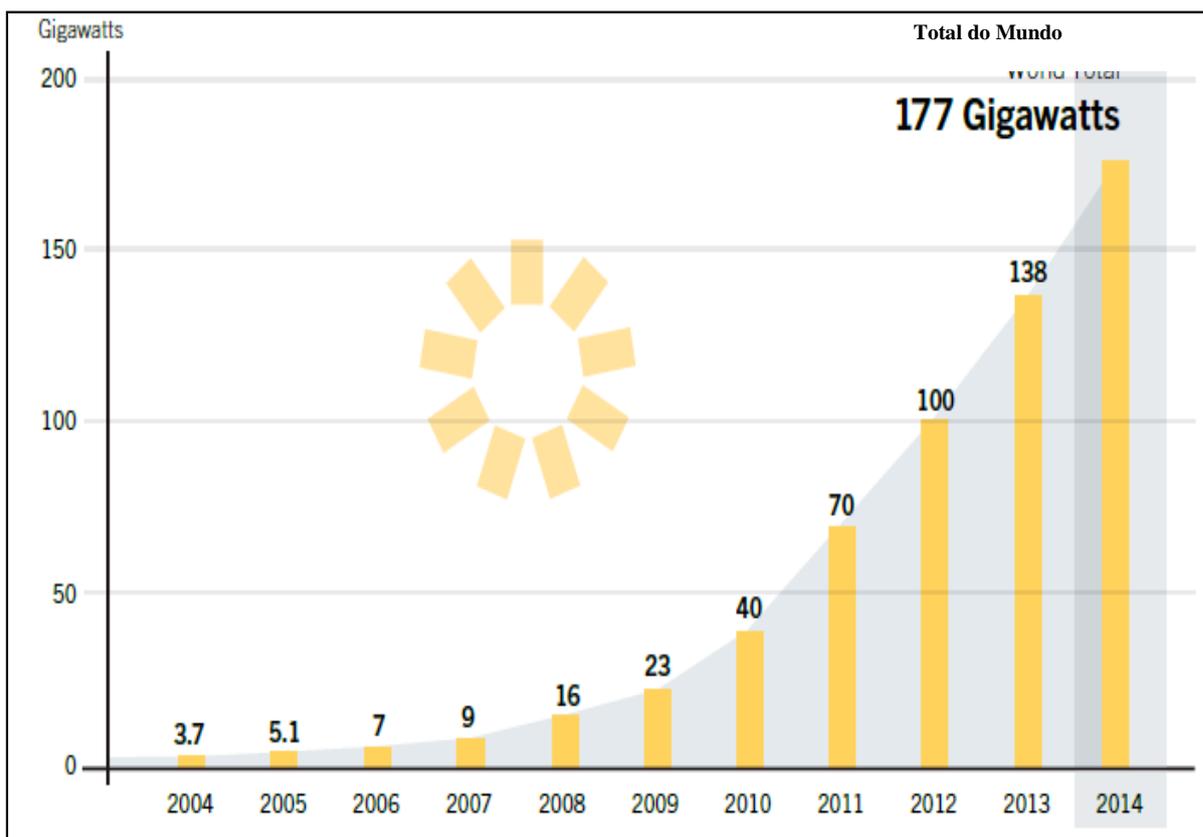
No ano de 2011, a capacidade de energia solar do mundo atingia 69.684 MWp, tendo como potências mundiais de energia solar países como a Alemanha, Itália, Espanha, Estados Unidos, Japão e China, verificando-se que o Brasil não figura como um dos líderes de geração

de energia solar, mesmo com todo o seu potencial de radiação solar, ficando aquém dos países citados, enquanto a Alemanha possuía em 2011 uma potência instalada de 24.678 MWp, o Brasil neste mesmo ano era de 35 MWp. De acordo com Zachary Sahan citado na reportagem de Carvalho (2014, p. 1):

Em termos de capacidade de energia solar total per capita, a Alemanha esmaga todos os outros países. No final de 2012, tinha cerca de 400 MW de capacidade de energia solar por milhão de pessoas, muito mais do que a Itália com 267 MW por milhão de pessoas, a Bélgica a 254 MW por milhões de pessoas, a República Checa em 204 MW por milhões, e a Grécia nos 143 MW por milhão de pessoas. Os EUA ficaram em vigésimo lugar com cerca de 25 MW por milhão de pessoas (muito lamentável quando colocados nessa perspectiva). O Arizona é o estado que produziu cerca de 167 MW de energia solar per capita (e teria ocupado a quinta posição mundial se fosse um país) no final de 2012.

Assim, verifica-se a Alemanha como potencial mundial em geração de energia solar fotovoltaica pelo menos nos últimos 5 anos. O crescimento no uso de energia solar fotovoltaica é visível, com a capacidade global saltando de 3,7 GW em 2004 para 177 GW em 2014, conforme demonstra o Gráfico 5:

**Gráfico 5. Capacidade global de energia solar fotovoltaica (2004 – 2014)**

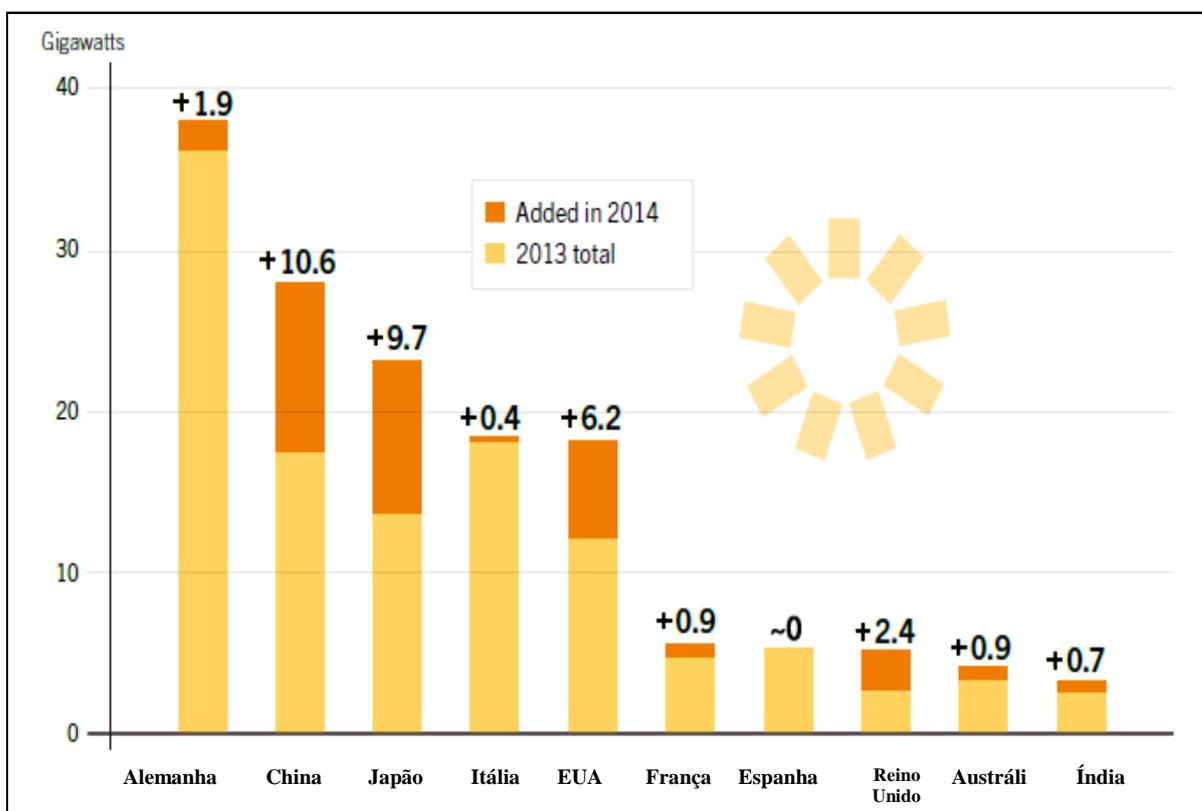


Fonte: REN21 (2015)

Como se observa no Gráfico 5, a curva de crescimento da capacidade global de energia solar fotovoltaica no mundo foi bastante significativa, podendo-se dizer que a ascensão dessa fonte de energia renovável está relacionada aos benefícios que ela tem trazido para os países do mundo que mais a adotam, continuando em destaque a Alemanha com o maior potencial gerador de energia solar fotovoltaica. A estimativa é que o uso dessa fonte de energia continue a crescer nos próximos anos, para a *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA) em 2019 o crescimento esperado é de 80% em relação à potência atual.

Os dados do REN21 (2015) já apresentam o número de 40 GW adicionados no ano de 2014 pelos países, para que se tenha uma maior noção dos países que mais investem em energia solar fotovoltaica, o Gráfico 6 apresenta o potencial dessa fonte de energia no ano de 2013 e o potencial adicionado no ano de 2014, considerando um Top de 10 dos países:

**Gráfico 6. Top 10 dos países com maior capacidade de geração e investimentos em energia solar fotovoltaica de 2014**



Fonte: REN21 (2015)

O Gráfico 6 demonstra que a Alemanha é o país com maior potencial de geração de energia solar fotovoltaica e continua investindo para aumentar o uso dessa fonte, todavia, como países que mais investiram no aumento do uso dessa fonte de energia verifica-se a China e o Japão, seguido dos Estados Unidos. Assim, conforme o REN21 (2015), a energia solar fotovoltaica figura como uma das tecnologias de energia renovável que apresenta mais rápido crescimento e maior aumento da capacidade do mundo, juntamente com a energia eólica e a energia hidrelétrica.

Sobre o crescimento de energia solar fotovoltaica apresentado pelo mundo, Blum (2015, p. 1) justifica pelas próprias mudanças sociais:

A verdade é que já estivemos antes nessa situação. As convulsões no setor de tecnologia limpa são só sintomas de um ciclo que caracteriza tecnologias emergentes: entusiasmo, expectativas exageradas e consolidação - por fim seguidas por estabilidade e retomada do crescimento. De fato, a recente tendência dá sinais de uma transformação muito mais significativa: a tecnologia limpa está se tornando comercialmente viável. A confiança no futuro do setor de tecnologia limpa está enraizada na necessidade de soluções sustentáveis para um planeta com uma população cada vez mais rica. Ao longo dos próximos 20 anos, o número de consumidores de classe média deve crescer para cerca de 3 bilhões, do atual 1,8 bilhão. Os novos estilos de vida exigirão recursos naturais, inclusive energia. [...] A Agência Internacional de Energia, que era conservadora em relação às perspectivas para a energia solar, agora acredita que até 2050 ela já será a maior fonte de energia do mundo.

De acordo com a REN 21, é possível perceber o potencial de crescimento que a energia solar fotovoltaica tem apresentado em países de primeiro mundo, tendo a Alemanha como um dos maiores exemplos no uso dessa tecnologia de geração de energia.

Ainda segundo a REN 21, no que diz respeito ao uso da energia solar fotovoltaica no Brasil, mesmo com o potencial de radiação solar superior ao dos países que estão no Top 10 em geração de energia solar fotovoltaica, ainda está distante de conseguir alcançar boas margens de uso dessa fonte de energia alternativa.

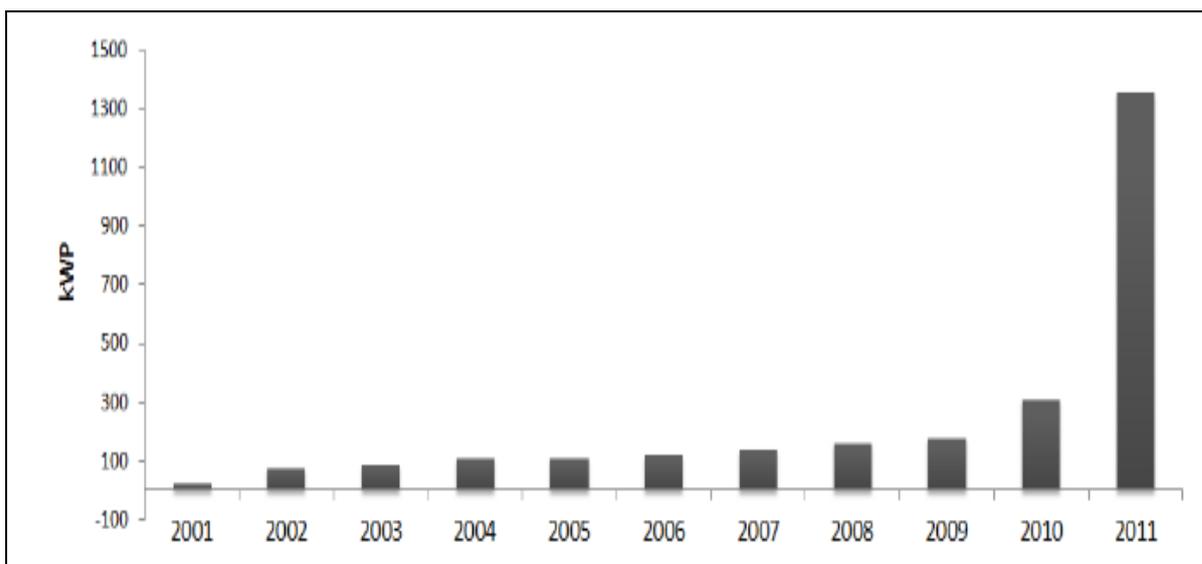
No final da década de 1970, iniciou-se, no Brasil, a comercialização de sistemas FV para a área de telecomunicações. Na década seguinte, com a Lei da Informática, a indústria microeletrônica, produtora de silício monocristalino, foi protegida, assim como os equipamentos FVs, o que garantiu uma estabilidade financeira e um crescimento na produção de componentes a preços competitivos aos fabricados no comércio exterior. No ano de 1992, com o rompimento das barreiras alfandegárias à importação de equipamentos de informática, as empresas internacionais passaram a disputar o mercado nacional (TORRES, 2012).

Segundo o relatório publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2009, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), criado no ano de 1994, teve como intuito promover a aquisição de sistemas FVs por meio de licitações internacionais. Foi instalado o equivalente a 5 MWp em aproximadamente 7.000 comunidades do Brasil. Desde o ano de 2005 o programa vem sendo incorporado ao Programa Luz para Todos (LpT), com o objetivo de fornecer energia elétrica a localidades onde não é possível instalar o meio convencional de distribuição elétrica. (TORRES, 2012).

De acordo com Torres (2012), essas iniciativas ainda não foram suficientes para a criação de uma cadeia produtiva de sistemas FVs no Brasil, pois o país não possui tecnologia para o beneficiamento do silício (principal matéria-prima para a fabricação de células solares) em alto grau de pureza, tornando-a menos acessível e com altos custos, inviabilizando a sua utilização no meio urbano.

Segundo Pinto, Zilles e Almeida (2011), a potência instalada acumulada em SFCRs em Outubro de 2011 estava próxima de 1.759 kWp. Entre 1995 e Outubro de 2011, foram instalados 67 SFCRs, dos quais 65 se encontram em operação. Apesar de o valor ser pouco expressivo, representa uma importante evolução na matriz elétrica nacional. O Gráfico 7 ilustra esse crescimento:

**Gráfico 7. Potência fotovoltaica instalada acumulada com sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil.**

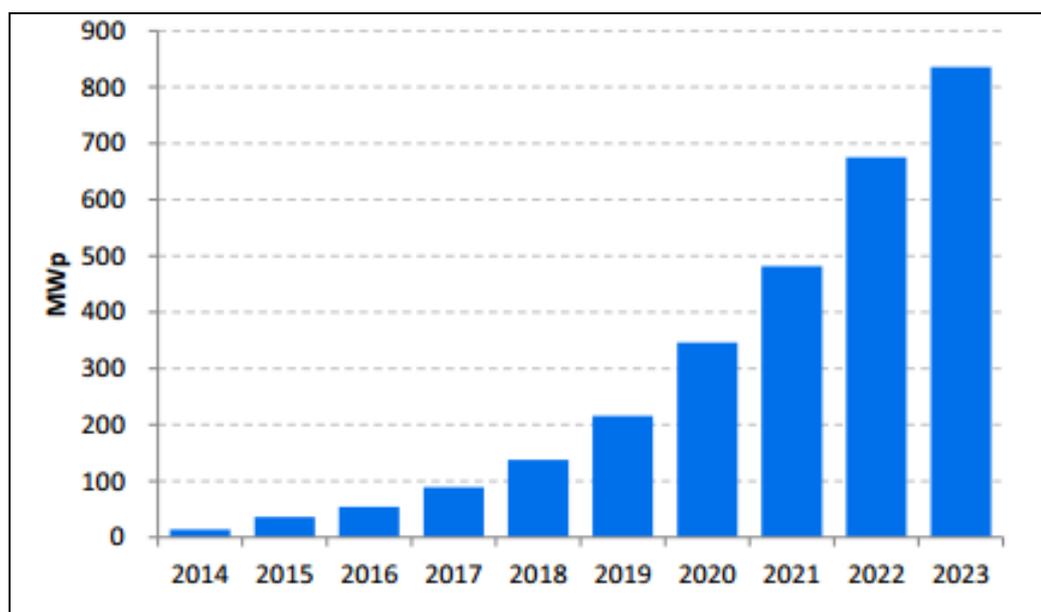


Fonte: Pinto, Zilles e Almeida (2011)

Conforme se observa no Gráfico 7, o crescimento do potencial instalado de energia solar fotovoltaica no Brasil é significativo, todavia, ainda está muito distante de atingir todo o seu potencial. Importante mencionar a precariedade dos estudos voltados para o potencial de energia solar fotovoltaica já instalada no Brasil, sendo o ano de 2011 o último ano que se verifica dados numéricos relacionados ao assunto, com exceção da lista disponibilizada pela ANEEL (2015) com os dados de usina de energia solar fotovoltaica em operação no Brasil atualmente, sendo um total de 33 usinas com potência total de 25.335,50 kW (ANEXO 1).

Vale destacar, ainda, o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2014, onde projetou a evolução da capacidade instalada acumulada de geradores fotovoltaicos distribuídos no Brasil de 2014 a 2023. Os dados estão apresentados no Gráfico 8:

**Gráfico 8. Projeção da evolução da capacidade instalada acumulada de geradores fotovoltaicos distribuídos no Brasil de 2014 a 2023**



Fonte: Brasil / EPE (2014)

Dessa forma, como é possível observar no Gráfico 8, a projeção é de um crescimento considerável para o país, mesmo ainda ficando aquém do potencial do país para a geração de energia solar, já significa um importante salto na produção desse tipo de energia. O tópico a seguir trata dos obstáculos e das oportunidades para que se utilize essa tecnologia no país, para que se entenda melhor o porquê de com tanto potencial em radiação solar o país não figurar entre os Top 10 do mundo.

#### 4.6 Obstáculos e oportunidades para o uso de painéis fotovoltaicos na geração de energia elétrica

Os benefícios trazidos pela tecnologia fotovoltaica de geração de energia solar são indiscutíveis, principalmente pelas questões voltadas para o meio ambiente, todavia, muitos são os obstáculos enfrentados no Brasil para que o uso dessa fonte de energia seja viabilizado. Segundo a ABINEE (2012) na energia solar fotovoltaica podem ser observados benefícios como a confiabilidade, baixo impacto ambiental e a geração de empregos, conforme se descreve no Quadro 1:

**Quadro 1. Benefícios com a energia solar fotovoltaica**

<b>Possibilidade de sinergia com a carga</b>	Os SFCR's podem atuar em sinergia com o sistema de distribuição, minimizando a carga, como aquela gerada por equipamentos de ar condicionado em centros comerciais.
<b>Baixos impactos ambientais</b>	Não há qualquer emissão de poluentes na produção de energia com esses sistemas. A emissão de poluentes no processo de fabricação das células FV é bastante reduzida e controlada, pois as indústrias têm interesse em preservar a imagem de limpa e amigável ao meio ambiente.
<b>Confiabilidade</b>	Esta tecnologia existe há mais de 50 anos, seu desenvolvimento tem sido contínuo. Os fornecedores oferecem garantia sobre a capacidade de produção mínima dos módulos, em geral superior a 90% da potencia inicial após 10 ou 12 anos e de 80% da potencia inicial após 20 anos. Essa confiabilidade não representa uma confiabilidade absoluta, pois nem todos os dias são ensolarados e livres de nuvens, assim a instalação FV ainda dependeria da rede de distribuição da concessionária, mas o sistema FV poderia auxiliar no atendimento parcial ou total da demanda, desde que conte com baterias e controladores de carga que permitam o sistema fornecer energia mesmo com a queda da rede.
<b>Geração de empregos</b>	De acordo com a publicação da fundação <i>National Solar Jobs Census</i> (2011), a quantidade de empregos gerados pela indústria é bastante significativa nos EUA. Em 2011, a indústria gerou cerca de 100 mil empregos diretos, onde a maior concentração se deu em empresas de instalação dos sistemas FV. O total instalado nos EUA em 2011, de acordo com o <i>U.S. Solar Market Insight</i> , foi da ordem de 1.855 MW, o que significa uma oferta de 54 empregos por Mw instalado.

Fonte: ABINEE (2012).

Nesse contexto, verifica-se que os benefícios da energia solar fotovoltaica são voltados para questões sociais e ambientais, devendo-se destacar, ainda, a sinergia com a carga, que reduz a carga gerada para os equipamentos.

As oportunidades para energia solar fotovoltaica são reais, principalmente pelo potencial de radiação solar do Brasil que é superior ao de muitos países que são potência de energia solar no mundo. As oportunidades são citadas pelo Estudo Prospectivo para energia Fotovoltaica realizado pelo CGEE no ano de 2008 e apresentadas no Quadro 2:

### **Quadro 2. Oportunidade para energia solar fotovoltaica no Brasil**

O Brasil pode se tornar um potencial produtor de silício grau solar, pois possui uma das maiores reservas de quartzo do mundo;
Devido à localização geográfica do Brasil, seu potencial solar é capaz de viabilizar qualquer projeto;
A CB-SOLAR (Centro Brasileiro de Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica), sediado no Rio Grande do Sul, está desenvolvendo uma planta para fabricação de células e módulos FV's;
O LABSOLAR (Laboratório Solar Fotovoltaico), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), promove pesquisas e desenvolvimento de análises do desempenho de instalações FV para locais remotos e conectados à rede elétrica;
O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) tem certificação para apoiar a indústria de módulos, inversores e baterias FV's;
O INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) poderá auxiliar no desenvolvimento do roadmap (mapa que apresenta os possíveis caminhos de um negócio) de futuros empreendimentos no setor da tecnologia de células FV's;
A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) e a CEMIG têm um papel importante nas edificações e no design dos sistemas FV's;
Grupos industriais localizados no Brasil já estão atuando no setor. A DOW CORNING está comercializando silício policristalino purificado, grau solar. A RIMA já comercializa, desde 2010, silício grau solar. A CONERGY, empresa de um grupo alemão, comercializa sistemas fotovoltaicos em todo o país e está a procura de fornecedores e parceiros para colocar em prática, no ano de 2017, o projeto de investimento de 250 a 300 milhões de reais em duas usinas paraibanas. A planta solar da MPX, construída no município de Tauá, no Ceará, entrou em operação no ano de 2011 e tem capacidade instalada inicial de 1 MW, o suficiente para suprir a necessidade de 1,5 mil famílias. O projeto da MPX já possui autorização da ANEEL para expandir sua capacidade até 5 MW.

Fonte: GCEE (2008)

As oportunidades, conforme é demonstrado no Quadro 2, são inúmeras, fator que viabiliza a presença da energia fotovoltaica no Brasil, verificando-se o potencial para que o país se utilize dessa tecnologia para atender a demanda energética.

Importante mencionar, ainda, os incentivos que podem ser considerados para a geração de energia solar no Brasil, os quais são expostos no Quadro 3:

### Quadro 3. Incentivos à geração de energia solar

Programa Luz para Todos (LpT), que visa levar eletricidade à comunidades que não recebem energia elétrica.
Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD).
Permissão para venda direta aos consumidores de fontes alternativas com até 50.000 kW
Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Microgeração e Minigeração Distribuídas
Convênio nº 101, de 1997, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), que isenta do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) as operações envolvendo vários equipamentos destinados à geração de energia elétrica por células fotovoltaicas - não abrange todos os equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores. e por empreendimentos eólicos.
Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI)
Isenção de Imposto de Renda dos rendimentos de pessoa física relacionados à emissão de debêntures por sociedade de propósito específico, dos certificados de recebíveis imobiliários e de cotas de emissão de fundo de investimento em direitos creditórios, relacionados à captação de recursos com vistas a implementar projetos de investimento na área de infraestrutura, ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação, considerados como prioritários na forma regulamentada pelo Poder Executivo.
Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS), que traz a redução a zero das alíquotas de PIS/PASEP e COFINS incidentes na venda no mercado interno ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos, para incorporação ao ativo imobilizado da pessoa jurídica adquirente no mercado interno ou de importadora, e da contribuição de intervenção no domínio econômico incidente nas remessas destinadas ao exterior para pagamento de contratos relativos à exploração de patentes ou de uso de marcas e os de fornecimento de tecnologia e prestação de assistência técnica.
Lei da Informática, que traz isenções tributárias para bens de informática e de automação, considerando a produção de equipamentos destinados à geração de energia elétrica por fonte solar.
Redução de Imposto de Renda, visto que o setor de energia é um setor prioritário.
Condições Diferenciadas de Financiamento, com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), Fundo Clima, Inova Energia e Caixa Econômica Federal (CEF).
Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Estratégico; Laboratório de Energia Fotovoltaica Richard Louis Anderson e Fundo Solar.

Fonte: Silva (2015).

No que diz respeito às barreiras para a ampliação do uso da energia fotovoltaica no Brasil, de acordo com a ABINEE (2012) envolve aspectos éticos, econômicos e regulatórios. Observa-se que tais aspectos precisam ser revistos.

Segundo Franco (2014), barreiras como a exigência de licença ambiental, acabam por inviabilizar o projeto do gerador de pequeno porte, por ter que arcar com a contratação de estudos que viabilizem o seu licenciamento.

É possível, ainda, citar outras barreiras como as destacadas pela CGEE (2008), expostas no Quadro 4:

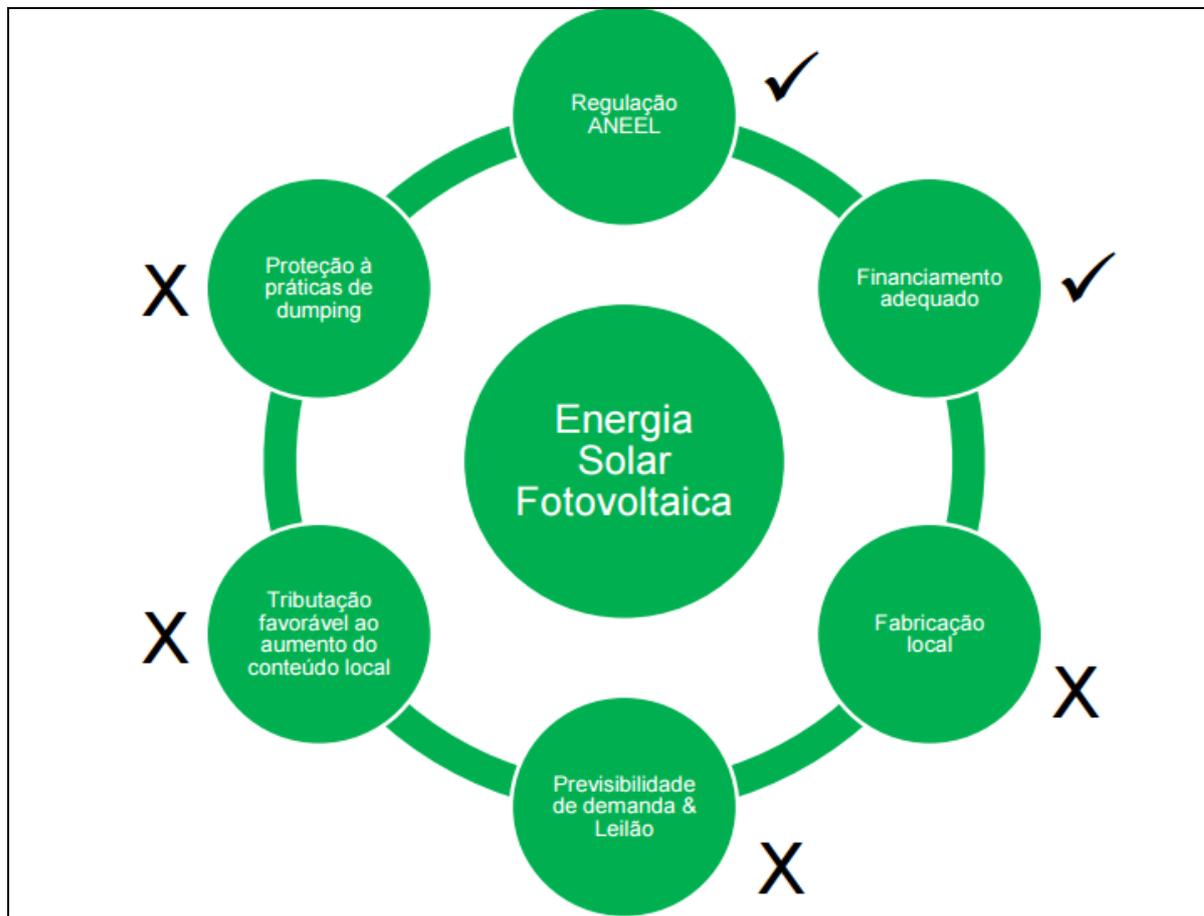
#### **Quadro 4. Barreiras para expansão da energia fotovoltaica no Brasil**

Para se ter energia solar FV é necessário ter o domínio tecnológico de toda a cadeia produtiva
A importação de insumos e produtos químicos é um processo demorado, complexo, e que atrasa o ciclo de desenvolvimento de produtos
Falta mão de obra especializada. Há escassez no mercado de trabalho de engenheiros, químicos, biólogos, e de uma série de outras especialidades necessárias ao desenvolvimento FV
O Brasil está muito atrasado em domínio de tecnologias se comparado aos países desenvolvidos, em especial à eficiência de sistemas energéticos
Apesar de haver iniciativas isoladas, ainda há necessidade de maior integração entre os centros de pesquisa e as empresas
Os SFCR's são uma tecnologia emergente e cara. A população dificilmente vai optar por pagar os subsídios da conexão à rede elétrica
A produção de células e módulos fotovoltaicos, assim como a purificação do silício requerem investimentos milionários

Fonte: GCEE (2008)

A ANEEL (2014) demonstra em um fluxograma as barreiras que envolvem a energia solar fotovoltaica, conforme demonstra a Figura 12:

**Figura 12. Barreiras para a energia fotovoltaica no Brasil de acordo com a ANEEL**



Fonte: ANEEL (2014)

Nesse contexto, verifica-se que as barreiras para expansão da energia fotovoltaica no Brasil estão relacionadas aos altos custos demandados para implantação dessa tecnologia, domínio tecnológico e mão de obra especializada, além disso, destacam-se questões tributárias que dificultam a uso dessa tecnologia. Ressalta-se que até pouco tempo a regulação da energia solar ainda era uma barreira para expansão do uso dessa tecnologia no Brasil, todavia, esse fator já foi corrigido, para se tenha melhor entendimento, o tópico a seguir traz a legislação vigente em torno do assunto, considerando o Brasil e outros países do mundo.

#### 4.7 A energia solar fotovoltaica e a legislação vigente no mundo e no Brasil

A legislação vigente nos países relacionadas às questões sustentáveis e ao uso de energia solar muito impactam para o uso deste tipo de energia nos países. Na Alemanha, por exemplo, maior potência mundial em geração de energia solar, segundo Varella (2009), o aumento da potência acumulada ocorreu devido à aplicação da Lei de Energia Renovável, *German Renewable Energy Sources Act* (EGG), que entrou em vigor em 2004. Essa lei determinou que as concessionárias de energia que operavam em redes de abastecimento público, comprassem toda a energia elétrica proveniente de fontes renováveis.

Varella (2009) cita, ainda, o Programa de 100.000 Telhados, que é considerado o maior programa do mundo a introduzir a energia solar fotovoltaica, responsável por disponibilizar para a população empréstimos à população para a instalação de SFCR's.

Segundo Varella (2009), no Japão o crescimento na potência acumulada ocorreu em função do estímulo do governo, que criou em 2007 sete programas de demonstração no Japão. Um desses programas é o *Field Test Project on New Photovoltaic Power Generation Technology*, que tem como intuito promover a instalação em larga escala de sistemas fotovoltaicos nos segmentos comercial, industrial e outras aplicações não-residenciais.

O número de estados americanos que estão implementando programas de subsídio para a introdução de tecnologias de energia limpa está crescendo anualmente, mas os dois maiores programas de incentivo, considerados bem sucedidos, são o *California Solar Initiative* (CSI), da Califórnia, e o *New Jersey Renewable Portfolio Standard* (RPS), de New Jersey (IEAPVPS, 2006).

Segundo a publicação da IEA-PVPS (2006), o objetivo do CSI, na Califórnia, é aumentar a capacidade instalada de energia solar FV para 3.000 MW em 2017. O primeiro incentivo foi a fixação em 2,80 US\$/W, em 2007, e o objetivo é diminuir em média 10% ao ano.

De acordo a ABINNE (2012), na Índia ocorreu a iniciativa para o incentivo ao uso de fontes renováveis em sua matriz energética, sendo este o programa chamado de *Jawaharlal Nehru National Solar Mission*. O programa tem como objetivo tornar a Índia um dos líderes mundiais na indústria FV, com perspectivas de instalação de 1 GW em plantas FV's.

Como pode ser observado, cada um desses países possuem seu próprio sistema de incentivo ao uso da fonte renovável solar.

No caso do Brasil, segundo Varella (2009), um grande passo foi dado em novembro de 2008, com a criação do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF), cujo objetivo foi elaborar uma proposta de política pública de curto, médio e longo prazo para a introdução da energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica no país. De acordo com o autor, até meados de 2014, os equipamentos FV's eram tributados por dois impostos: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), de competência estadual, e o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), de competência federal.

De acordo com o DOU (Diário Oficial da União), em março de 2014 foi prorrogado até o ano de 2021, o Convênio 101/97 que concede isenção de ICMS nas operações com alguns equipamentos e componentes utilizados no sistema de produção de energia solar, conforme mostra o Quadro 4:

#### **Quadro 5. Equipamentos FV isentos de ICMS, de acordo com o Convênio 101/97**

<b>Equipamentos</b>
Bomba para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico em corrente contínua, com potência não superior a 2 HP.
Módulos fotovoltaicos
Células solares não montadas
Células solares em módulos ou painéis

Fonte: Adaptação do Convênio 101/97.

Segundo o MME (2015), em dezembro de 2015, foi assinado a Portaria 538/2015, criando o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), com o objetivo de estimular a geração de energia solar dentro de unidade consumidoras.

O projeto do MME pretende, até 2019, instalar duas usinas solares flutuantes, sobre os reservatórios hidrelétricos de Sobradinho e de Balbina, aproveitando a vasta área de lâmina d'água dos mesmos, aplicando painéis solares flutuadores. Estas placas além da geração de energia elétrica ajudarão a reduzir a taxa de evaporação dos reservatórios.

Ainda de acordo com o MME (2015), para estimular a instalação de placas solares geradoras, a Portaria 538/2015 permite que o excedente gerado nas unidades consumidoras sejam vendidas no mercado livre de energia.

Segundo a ANEEL (2015), foi lançado pela própria agência, um projeto estratégico de P&D para a geração heliotérmica no Brasil. O principal objetivo do projeto é receber proposições de arranjos técnicos e comerciais para projetos de geração de energia elétrica que utilizem a tecnologia heliotérmica para que futuramente essa geração de energia elétrica seja adicionada à matriz energética nacional.

Como é percebido, o Brasil tem avançado no tema da fonte alternativa solar, através da concessão de inúmeros incentivos, benefícios tributários e subsídios diretos e indiretos para a geração da energia solar no país.

## 5 METODOLOGIA

Nesta etapa é descrito o caminho percorrido para o desenvolvimento desta pesquisa, apresentando as técnicas metodológicas utilizadas e caracterizando o estudo realizado. São descritos, ainda, o procedimento utilizado para coleta de dados, bem como o instrumento utilizado para tanto, considerando, também, a descrição do processo de análise de dados.

### 5.1 Caracterização da pesquisa

Nesta pesquisa foi analisada, a partir da aplicação de um questionário com alunos de graduação da Faculdade de Economia, Administração Atuária e Contabilidade (FEEAC) da Universidade Federal do Ceará (UFC), qual a percepção sobre os principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza - CE, fazendo-se necessário o uso de materiais e métodos que auxiliaram no alcance dos objetivos deste estudo. Entende-se por pesquisa a busca em responder a determinado problema de forma racional e sistemática, conforme elucida Gil (2007, p. 17):

(...) procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Por sua vez, Minayo (1993, p. 23) conceitua pesquisa como uma atividade básica das ciências, segundo a autora trata-se de uma,

Atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados.

Nesta monografia utilizou-se como método de descoberta da realidade a pesquisa de campo, que é conceituada por Fonseca (2002) como aquela que, além de se utilizar de pesquisa bibliográfica e/ou documental, também realiza coleta de dados junto a pessoas, por meio de diferentes tipos de pesquisa. A pesquisa aqui realizada se caracteriza como *survey*, assumindo, também, as características das pesquisas explicativas e descritivas.

Explicativa porque procura explicar os porquês das coisas e suas causas, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados (GIL, 2010). E descritiva porque busca descrever os fatos ou fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

Minayo (1993) elucida que métodos e metodologia apesar de terem significados distintos não podem ser vistos separadamente, devendo ser considerados de forma interligada, tratados de forma integrada e apropriada quando se escolhe um tema, um objeto ou problema de investigação. Dessa forma, como método desta pesquisa, utilizou-se a pesquisa de campo do tipo *survey*, sendo a pesquisa caracterizada como de natureza explicativa e de abordagem quantitativa.

Conceituando a pesquisa *survey*, Fonseca (2002) afirma ser aquela que busca a obtenção de dados ou informações sobre as características ou as opiniões de determinados grupos de pessoas sobre um assunto, tendo como instrumento de coleta de dados um questionário. Ressalta-se que a pesquisa proposta assume formato de um *survey* interseccional que, de acordo com Babbie (2003), descreve uma população em determinado momento, fazendo relações entre variáveis, se caracterizando também como um estudo contextual já que busca descrever as pessoas de acordo com o grupo a que pertencem. No caso desta pesquisa, o grupo de pessoas é formado por alunos dos cursos de graduação da FEAAC/UFC, por serem indivíduos com acesso a ensino de nível superior, de vários extratos da sociedade.

## **5.2 Processo e instrumento de coleta de dados**

A coleta dos dados foi feita com base em um questionário composto por duas categorias de pesquisa: dados pessoais e percepção dos alunos da FEAAC/UCF acerca dos principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza – CE.

Conceituando questionário, Gil (1999, p. 128) afirma que pode ser entendido: “como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc”.

O questionário utilizado se configura autoadministrado, ou seja, o próprio participante gerencia suas respostas, sendo o questionário entregue pelo pesquisador e depois de respondido é recolhido pelo mesmo. (BABBIE, 2003).

A categoria referente aos dados pessoais foi composta por três questões, que visavam traçar o perfil dos participantes da pesquisa, em relação ao gênero, faixa etária e renda familiar. Na segunda categoria do questionário, estão as perguntas direcionadas ao alcance dos objetivos de pesquisa, contendo (12) doze questões mistas, sendo 10 (dez) objetivas e 2 (duas) subjetivas, devendo serem respondidas de acordo com a percepção do participante (APÊNDICE 1).

Ressalta-se que a questão de número 12 (doze) precisou ser respondida tendo como base a escala de Likert que, de acordo com Babbie (2003), consiste, basicamente, em uma estrutura de respostas composta por intensidade em relação à declaração. No caso da referida questão foi solicitado que para cada tipo de fonte de energia renovável os participantes considerassem uma escala de 0 a 5, sendo 0 menor importância e 5 de maior importância, assinalando, portanto, de acordo com sua percepção de intensidade da importância de cada uma delas.

As perguntas disponibilizadas no questionário foram elaboradas por este pesquisador, se baseando em algumas questões na obra “Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação”, de Gilberto De Martino Jannuzzi, Fabiana K. O. M. Varella e Rodolfo Dourado Maia Gomes, publicada em 2009. O formato final do questionário foi validado pelos professores Carlos Manta Pinto de Araújo e Laudemiro Rabelo de Sousa e Moraes, que atuam no Departamento de Administração da FEAAC/UFC.

Os questionários foram entregues pessoalmente aos participantes, na ocasião o pesquisador procedeu com a abordagem do aluno no interior da FEAAC/UFC, procedendo com a divulgação da pesquisa e solicitando sua participação. Ao final da pesquisa foram coletados 100 (cem) questionários, todavia, após verificação dos mesmos pelo pesquisador, 9 (nove) deles foram descartados, tendo em vista inconsistência dos dados.

### **5.3 Ambiente e sujeitos da pesquisa**

A pesquisa foi realizada no interior da FEAAC/UFC, que oferece 6 (seis) cursos de Graduação (Economia, Administração, Atuária, Contabilidade, Secretariado Executivo e Finanças), 2 (dois) Mestrados Profissionais (Administração e Controladoria e Economia), 2 (dois) Mestrados Acadêmicos (Administração e Controladoria e Economia) e 1 (um) Doutorado (Economia), atendendo a um total de 4.140 (quatro mil cento e quarenta) alunos (FEAAC, 2016).

O seu corpo docente é formado por 109 (cento e nove) professores, dos quais 63 (sessenta e três) são doutores, 42 (quarenta e dois) são mestres e 04 (quatro) são especialistas. O corpo técnico-administrativo é composto por 50 (cinquenta) funcionários. A instituição possui como missão “formar profissionais, críticos e reflexivos, capazes de atuar como agentes transformadores da sociedade” (FEAAC, 2016).

Os sujeitos da pesquisa foram 100 alunos dos cursos de graduação da FEAAC/UFC, que foram abordados de forma aleatória, sendo incluídos na pesquisa aqueles que aceitaram responder ao questionário, no período destinado à coleta de dados da pesquisa.

### **5.4 Tratamento dos dados**

A análise dos dados levantados foi realizada com uma abordagem quanti-qualitativa, considerando-se que o questionário foi composto por questões abertas e fechadas.

Conceituando pesquisa qualitativa, com base em Goldemberg (1997), pode-se dizer que consiste naquela que não se preocupa com a representatividade numérica, buscando o aprofundamento da compreensão de um grupo social. Minayo (1993) complementa afirmando que esse tipo de pesquisa trabalha com um universo de significados, motivos, aparições, crenças, valores e atitudes, verificando um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos.

Quanto à pesquisa quantitativa, de acordo com Fonseca (2002, p. 20):

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Assim, nesta pesquisa, busca-se, também por meio da Matemática, expressar a opinião dos alunos que participaram desta pesquisa acerca dos obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza – CE.

Ressalta-se que os dados foram contabilizados com o auxílio um aplicativo do Google, o Google Forms (Formulários Google), que permitiu que este pesquisador criasse um formulário online com perguntas e respostas já validadas e inserisse as respostas coletadas, com os gráficos criados automaticamente pelo aplicativo. Os referidos dados são analisados e discutidos no capítulo a seguir.

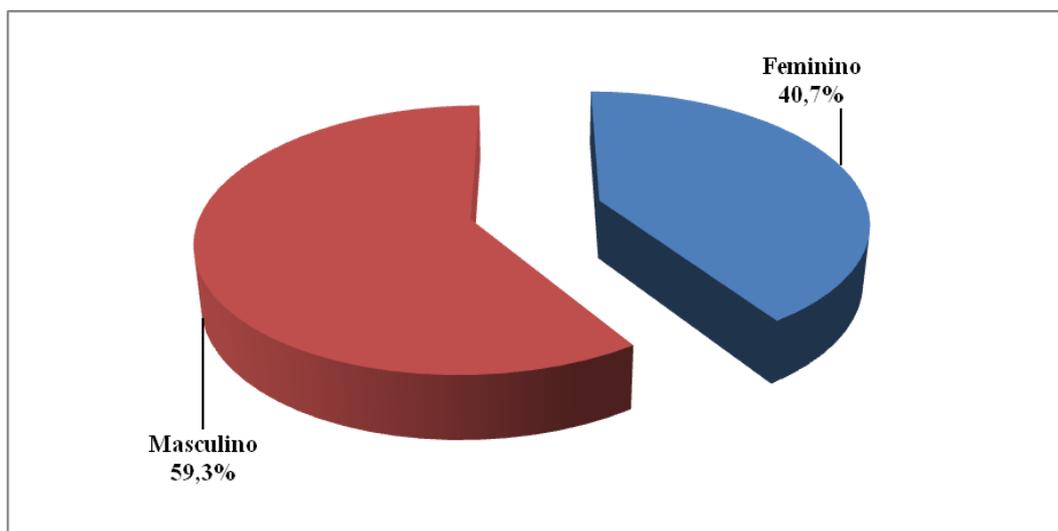
## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados, analisados e discutidos os dados levantados a partir da aplicação dos questionários aos alunos de graduação da FEAAC/UFC, estando a análise e discussão dividida em três subseções, onde a primeira apresenta o perfil dos respondentes, a segunda seção traz os resultados relacionados aos principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza sob o ponto de vista de alunos de graduação e, por fim, a terceira seção apresenta os principais problemas encontrados para implantação de energia solar em Fortaleza.

### 6.1 Perfil dos respondentes

Iniciando a análise e discussão dos resultados encontrados após a coleta de dados realizada para esta pesquisa descreve-se o perfil dos participantes desta pesquisa em relação ao gênero, faixa etária e renda mensal. Quanto à distribuição dos participantes pelo gênero sexual, os resultados estão apresentados no Gráfico 9:

**Gráfico 9. Gênero dos participantes**

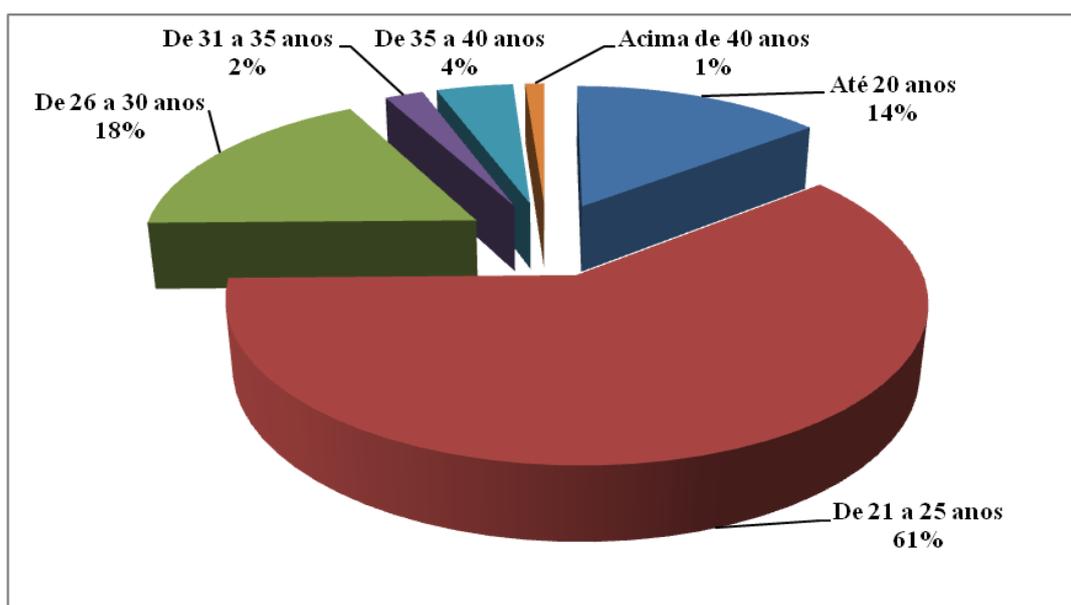


Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 9 demonstra que apesar de ser um público equilibrado em relação ao gênero, ainda se pode verificar maior predominância de homens na pesquisa (59,3%) em relação ao número de mulheres (40,7%). Importante mencionar que não há qualquer relação com maior número de homens ou mulheres nos cursos de graduação da FEAAC, visto que os participantes desta pesquisa foram escolhidos aleatoriamente, sendo incluídos todos os que aceitaram responder ao questionário e deram respostas consistentes. O intuito é o de apresentar o perfil do público participante.

Quanto ao perfil dos participantes em relação à faixa etária, os resultados estão apresentados no Gráfico 10:

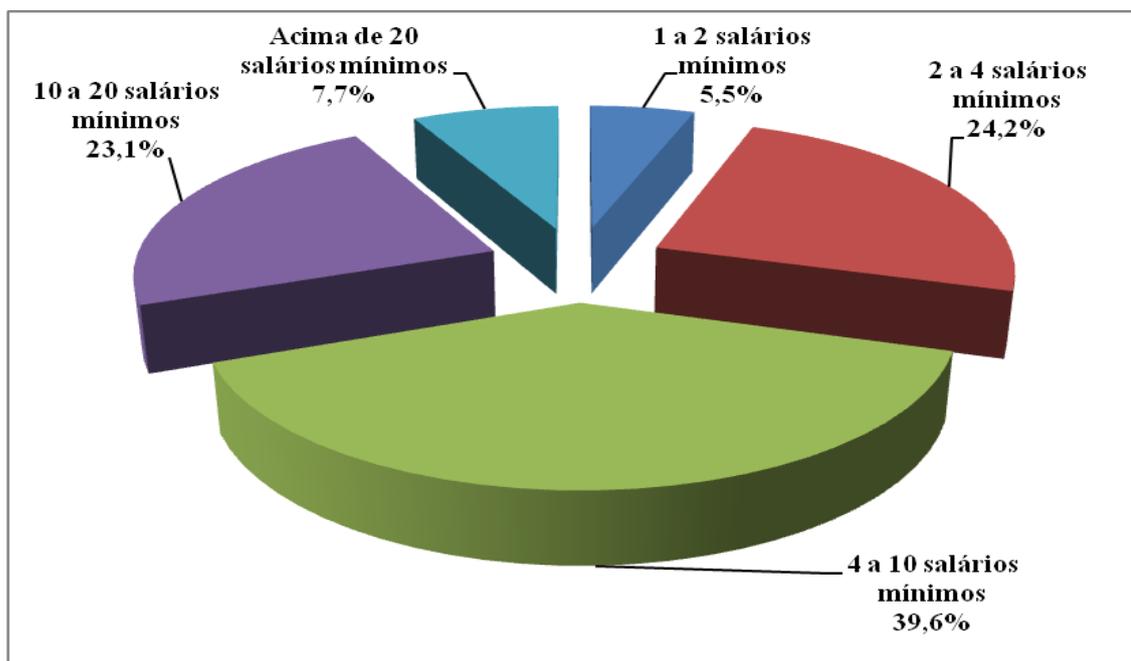
**Gráfico 10. Faixa etária dos participantes**



Fonte: Elaborado pelo autor

É possível observar no Gráfico 10 que os participantes desta pesquisa se caracterizam como um público jovem, considerando que a maior parte deles possui idade entre 21 e 25 anos (61%), 14% possui até 20 anos e 18% de 26 a 30 anos. Enquanto, 2% possuem entre 31 e 35 anos, 4% entre 35 e 40 anos e 1% está acima de 40 anos.

A renda familiar dos participantes foi verificada como média, conforme demonstra o Gráfico 11:

**Gráfico 11. Renda mensal dos participantes**

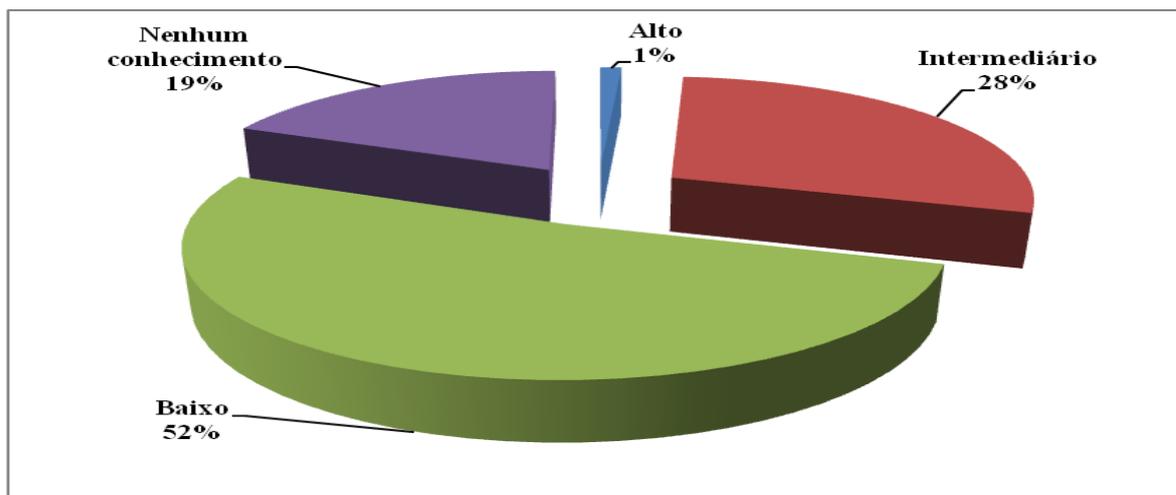
Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 12 demonstra que 39,6% dos participantes desta pesquisa possuem renda mensal de 4 a 10 salários mínimos, 24,2% possuem renda de 2 a 4 salários mínimos, 23,1% de 10 a 20 salários, 7,7% acima de 20 salários e 5,5% de 1 a 2 salários.

## **6.2 Principais obstáculos à difusão da tecnologia solar nas residências em Fortaleza sob o ponto de vista de alunos de graduação**

Passando para a análise dos resultados relacionados aos objetivos desta pesquisa, verificou-se que 100% dos participantes desta pesquisa afirmam achar importante o uso de fontes de energias renováveis.

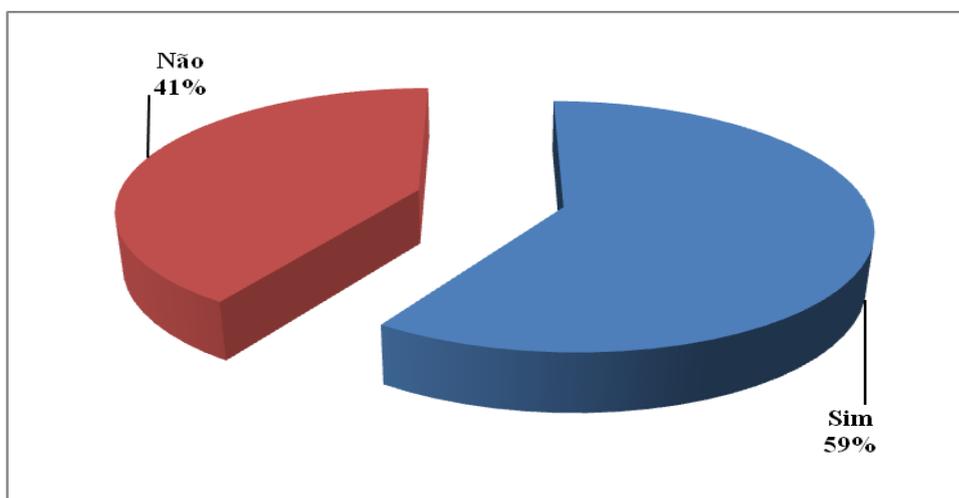
Sabendo-se do conhecimento generalizado, foi perguntado sobre cada tipo de energia solar, iniciando pelo conhecimento em energia solar residencial, como demonstra o Gráfico 12:

**Gráfico 12. Conhecimento sobre energia solar residencial**

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme se verifica no Gráfico 12, 52% dos participantes afirmam ter baixo conhecimento sobre o uso de energia solar nas residências, enquanto 28% afirmam ter conhecimento intermediário, 19% não ter nenhum conhecimento e 1% ter alto conhecimento. Assim, verifica-se que o conhecimento dos participantes desta pesquisa em sua maior parte é baixo, fator que demonstra que esse tipo de energia ainda é pouco difundido em Fortaleza.

Quanto ao conhecimento em energia solar fotovoltaica, que é a mais difundida atualmente, verificou-se os resultados apresentados no Gráfico 13:

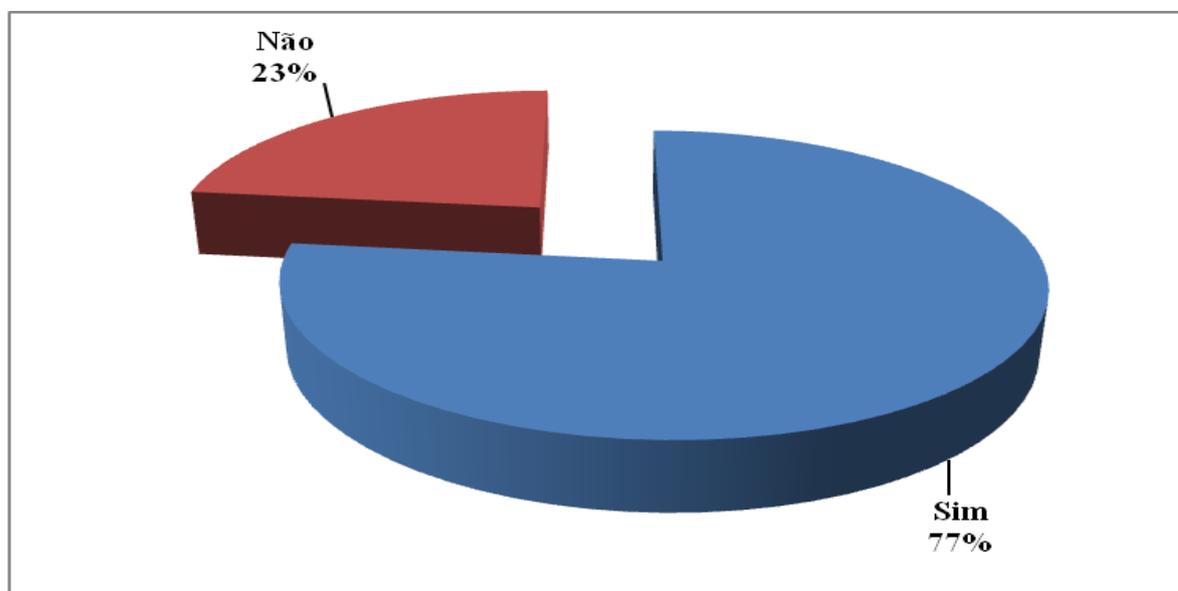
**Gráfico 13. Conhecimento em energia solar fotovoltaica**

Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 13 demonstra que equilíbrio em relação ao conhecimento dos participantes dessa pesquisa sobre a energia solar fotovoltaica, considerando que 59% afirmam conhecer e 41% afirmam não ter conhecimento.

Já em relação à energia heliotérmica, que não é tão difundida como a solar fotovoltaica, verificou-se maior índice de conhecimento dos participantes, como se pode observar no Gráfico 14:

**Gráfico 14. Conhecimento sobre energia heliotérmica**

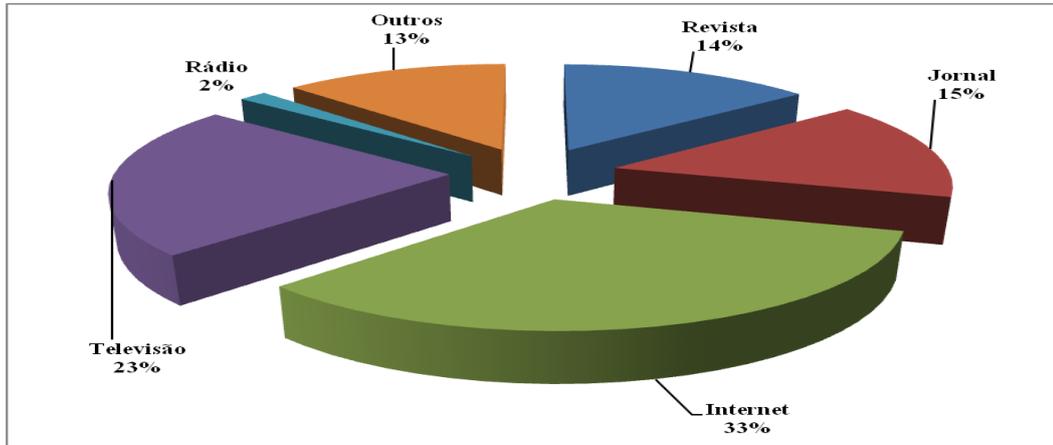


Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 14 demonstra que 77% dos participantes afirmam ter conhecimento acerca da energia heliotérmica, enquanto 23% afirmam não conhecer.

Visando-se identificar a fonte do conhecimento dos alunos que participaram desta pesquisa sobre os diferentes tipos de energia solar apresentados, foi pedido que eles informassem onde tomaram conhecimento sobre o assunto. O resultado encontrado está ilustrado no Gráfico 15:

**Gráfico 15. Forma que tomou conhecimento sobre os tipos de energia solar**

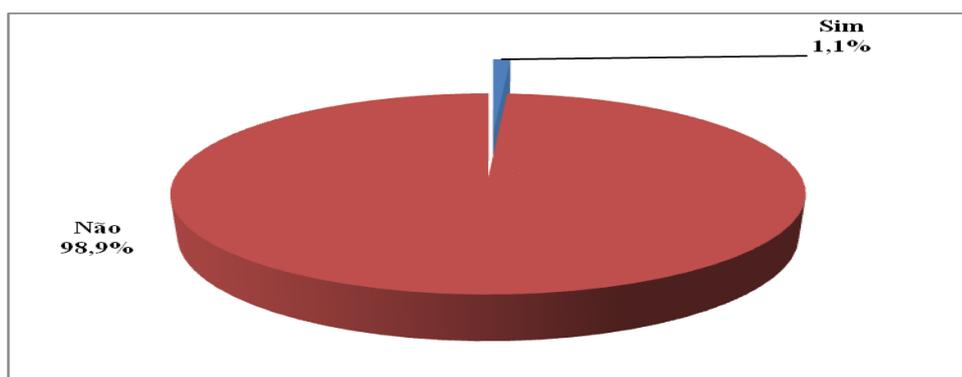


Fonte: Elaborado pelo autor

As fontes citadas pelos participantes da pesquisa foram bem diversificadas, com a internet prevalecendo nas respostas com maior percentual (33%), seguida da televisão (23%), do Jornal (15%), da Revista (14%), do Rádio (2%) e de outros (13%), onde foram citadas fontes como: por meio do pai, que trabalha em uma área afim, pelo ambiente de trabalho (Coelce), na escola, instituição INPI, em discussão com amigos, no Projeto de Energias Renováveis da instituição de ensino UECE, por um amigo que faz uso de energia solar em casa, instituição de ensino e livros.

Dando continuidade à análise foi verificado se os participantes já conhecem a energia solar em sua prática, perguntando se possuíam alguma instalação de energia solar em sua residência. O Gráfico 16 apresenta o resultado encontrado:

**Gráfico 16. Uso da energia solar em sua residência**

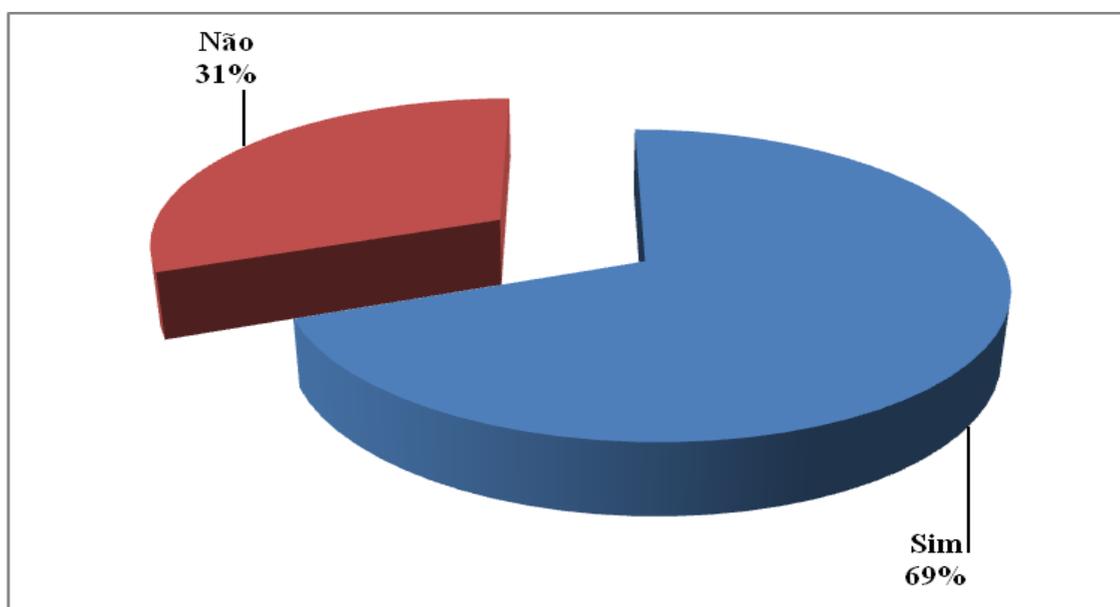


Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio do Gráfico 16 confirma-se a pouca difusão e uso da energia solar residencial em Fortaleza, dado que o percentual de negativas foi bastante alto (98,9%), enquanto 1,1% confirmou fazer uso de energia solar em sua residência.

Em seguida, foi perguntado aos participantes se eles tinham interesse em investir em energia solar residencial para reduzir seus custos com energia, os resultados estão apresentados no Gráfico 17:

**Gráfico 17. Interesse em investir em energia solar residencial**



Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no Gráfico 17 que 69% dos participantes afirmam ter interesse em investir nesse tipo de energia alternativa, todavia, 31% não pretendem investir. Fator que demonstra que o próprio interesse da população ainda é um obstáculo para que esse tipo de energia venha a se expandir no país.

Prosseguindo com a análise dos resultados, o Quadro 6 apresenta as respostas dadas pelos participantes sobre as vantagens que percebem em relação ao uso de energia solar residencial:

**Quadro 6. Percepção dos participantes sobre as vantagens na energia solar residencial**

Respostas	Qtd.
Diminuição de gastos com energia	50
Preservação do meio ambiente	24
Economia financeira	16
Diminuição dos custos a longo prazo	12
Energia limpa	10
Sustentabilidade	8
Menor dependência de uma única fornecedora de energia	6
Aproveitamento da fonte alternativa.	4
Conscientização sustentável	2
Não sei	2
Redução de impostos	1
Ajudar a disseminar fontes renováveis e mais baratas de energia	1
Possibilidade de ser ressarcido caso "sobre" energia	1
Redução de custos com aparelhos eletrodomésticos	1
Evitar a energia hidráulica que causa prejuízos à natureza	1
Não agressão e poluição ao meio ambiente	1
No meu caso apenas para a revenda, pois o meu consumo é baixo	1
Maior segurança elétrica.	1
A independência de um serviço ruim de uma empresa notoriamente incompetente na prestação de seus serviços. E se feito um bom estudo de capacidade de produção, pode se ter independência dos serviços da empresa supra mencionada.	1
Ecologicamente correto e mais adequado do que depender dos ciclos de chuva que são irregulares em nosso estado.	1
A longo prazo, economia. A curto prazo, nenhum.	1
Diminuição da emissão de agentes poluidores.	1
Seria de grande vantagem para o aquecimento da água para os dias frios e redução na conta de luz	1
Custo benefício baixo	1
Uma maneira de não prejudicar mais ainda o meio ambiente	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Observando o Quadro 6 percebe-se que no relato dos participantes desta pesquisa, em sua maior parte citam as questões econômicas, considerando a redução dos custos de energia como uma das maiores vantagens desse tipo de energia, as questões ambientais também são citadas e a independência energética, verificando-se, portanto, as mesmas vantagens citadas pela literatura sob um olhar leigo.

Quanto às maiores dificuldades percebidas pelos participantes para o aumento do uso de energia solar em Fortaleza-CE, verificou-se as seguintes respostas:

### Quadro 7. Maiores dificuldades para o aumento do uso de energia solar em Fortaleza na percepção dos participantes

Respostas	Qtd.
O alto custo inicial dos equipamentos	65
Falta de conhecimento por parte da população	14
Dificuldade de encontrar locais que vendam e que instalem o material necessário	9
Divulgação e interesse por parte das autoridades.	8
Não sei	5
Falta de educação sobre o tema.	3
Investimento do governo	3
Utilização da tecnologia à noite	3
Poucos investidores	2
A divulgação da tecnologia	2
A conscientização da população da importância do uso da energia solar	2
Nas residências do Nordeste, pouco se usa chuveiro elétrico, conseqüentemente o consumo é menor do que em outras regiões, gerando menor interesse na tecnologia.	1
Dificuldade de adaptação da população.	1
O povo não se interessa	1
As concessionárias têm vantagens para explorar.	1
Inutilização nos dias de chuva	1
Para um investimento é necessário um capital inicial e resistência da população	1
Conscientização populacional.	1
Acredito que barreiras com a concessionária de energia que atende a cidade.	1
Estrutura e logística para a implantação.	1
Concorrência com a atual fornecedora de energia	1
Falta de visão estratégica e investimento.	1
Falta de estrutura	1
Adesão da periferia, pois a maior parte da população de Fortaleza desconhece o assunto.	1
Alto custo das placas solares em relação ao custo da construção de aerogeradores residenciais; Baixo conhecimento da população a respeito do assunto.	1
O investimento em si, a conscientização da população sobre a importância e o uso deste tipo de energia.	1
Adesão do material (placas) pela maioria da população que possivelmente não investiria seja pelo preço alto do equipamento ou mesmo pelo não conhecimento sobre os benefícios do uso de tal energia.	1
Adaptação para recebimento do equipamento.	1
Resistência à mudança por parte das pessoas	1

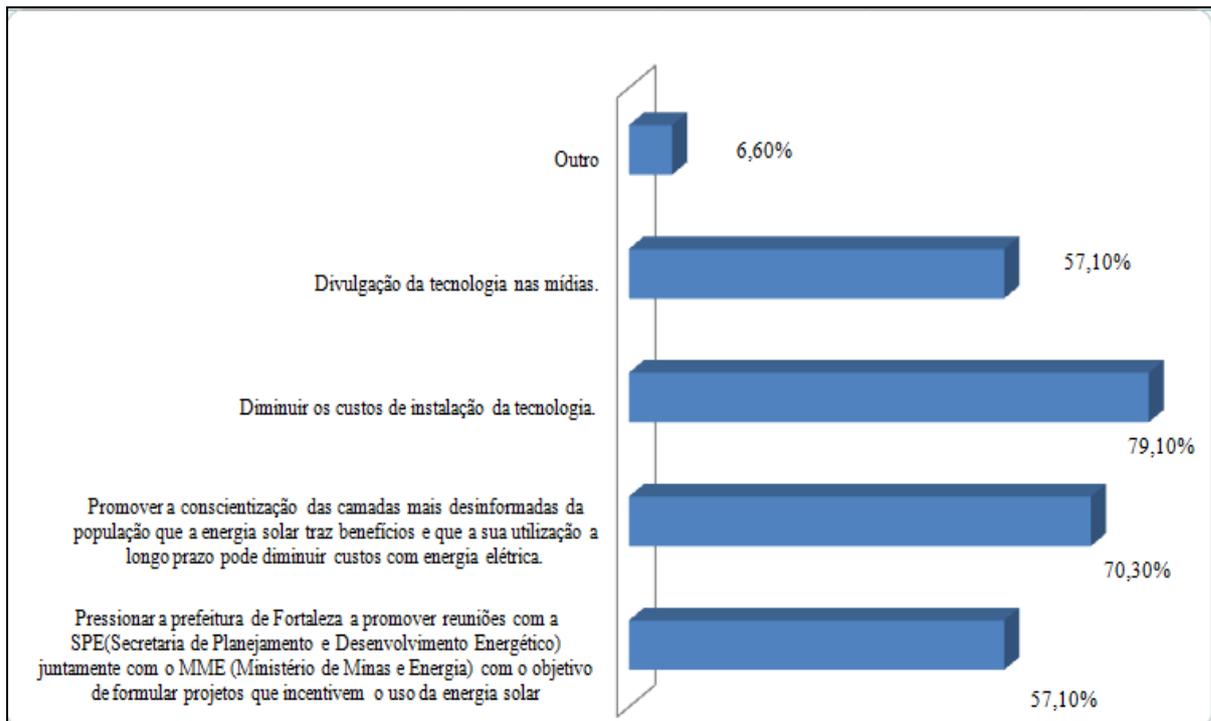
Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 7 demonstra que poucos alunos afirmam não ter conhecimento sobre as dificuldades para expansão desse tipo de energia na cidade, verificando-se os custos novamente em destaque como motivação para a não expansão da energia solar residencial, além disso destaca-se a inutilidade nos dias de chuva e a noite. Verifica-se a necessidade de maiores esclarecimentos ao público a respeito do uso da energia solar, considerando que os painéis fotovoltaicos são capazes de armazenar energia o que não interfere seu uso sem a presença do Sol, além de se trabalhar com a radiação solar.

Conhecendo as dificuldades para expansão da energia solar residencial em Fortaleza na percepção dos participantes, foi perguntado o que eles acreditavam que poderia ser feito

para estimular a utilização da tecnologia de energia solar nas residências fortalezenses. Os resultados são apresentados no Gráfico 18:

**Gráfico 18. Ações que podem estimular a utilização da tecnologia de energia solar nas residências fortalezenses na percepção dos participantes**



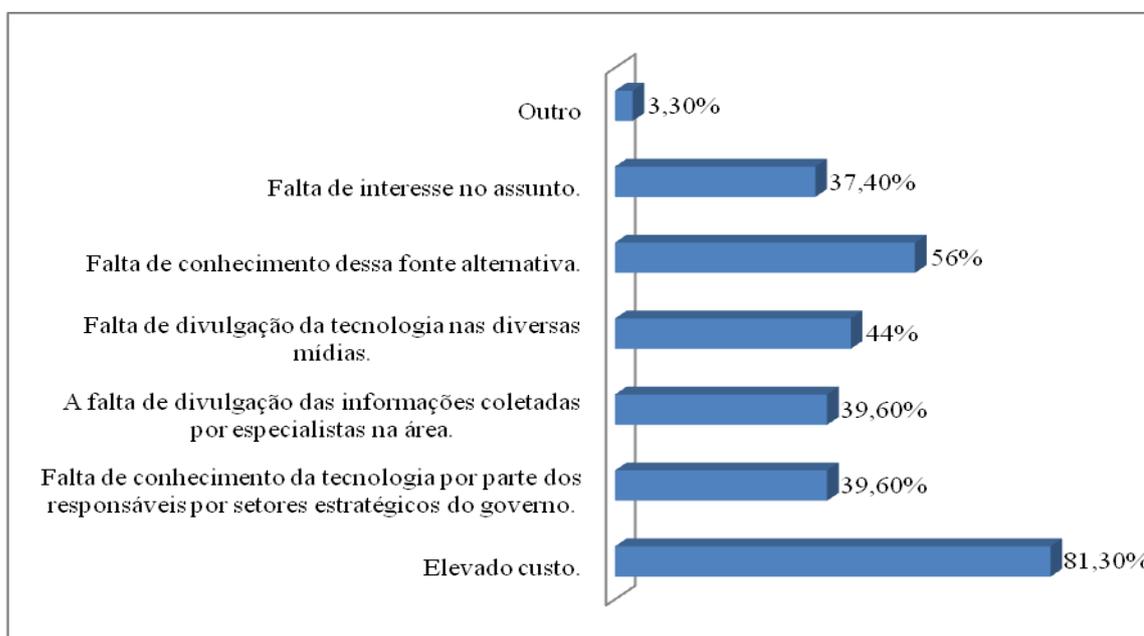
Fonte: Elaborado pelo autor

Os custos novamente apresentam destaque na percepção dos participantes, observando que 79,10% considera que a redução dos custos poderia estimular a ampliação do uso de energia solar nas residências da cidade. 70,30% dos participantes ressaltam a necessidade de promoção da conscientização das camadas mais desinformadas da população que a energia solar traz benefícios e que a sua utilização em longo prazo pode diminuir custos com energia elétrica. A divulgação da tecnologia nas mídias e a pressão à prefeitura da cidade para criação de projetos de incentivo para uso dessa fonte de energia receberam o mesmo percentual de 57,10%.

A opção outros recebeu percentual de 6,6%, trazendo respostas como: busca de um incentivo financeiro; ter mais empresas que forneçam essa energia, facilitando o uso e diminuindo os preços; incentivos fiscais para utilizar esse tipo de energia; o retorno deve ser muito bom para as pessoas investirem na energia solar; elevado valor para instalação; produtos com longa garantia de qualidade; promover projetos de tecnologias de baixo custo em associação com os cursos de engenharia e energias renováveis nas universidades; e empresas que fazem esse trabalho investirem mais para que as pessoas saibam que existem e assim sintam a necessidade de instalar. A redução de custos e os maiores incentivos são destacados pelos participantes.

Em relação à percepção dos participantes em relação sobre que tem impedido ou dificultado a utilização de painéis fotovoltaicos nas residências em Fortaleza, o resultado está exposto no Gráfico 19:

**Gráfico 19. Fatores que impedem ou dificultam a utilização de painéis fotovoltaicos nas residências em Fortaleza na percepção dos participantes**



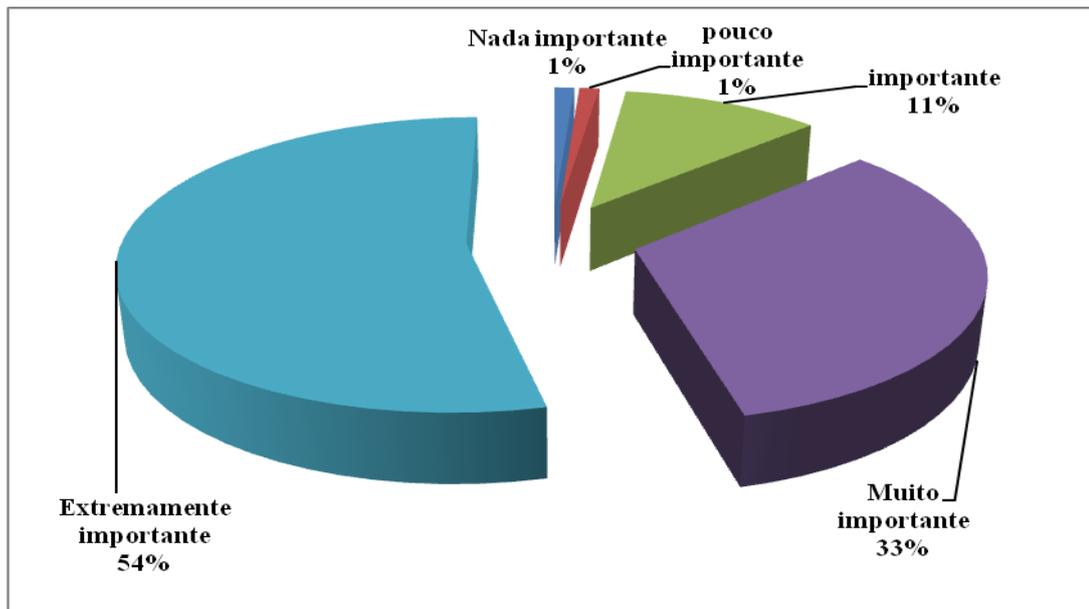
Fonte: Elaborado pelo autor

O elevado custo para uso desta fonte de energia renovável foi novamente citado pela maior parte dos participantes (81,30%), enquanto 56% destacam a falta de conhecimento dessa fonte alternativa, 44% a falta de divulgação da tecnologia nas diversas mídias, 39,60%

destacaram a falta de divulgação de informações coletadas por especialistas na área e a falta de conhecimento da tecnologia por parte dos responsáveis por parte dos setores estratégicos do Governo. 37,40% ainda mencionam a falta de interesse no assunto. 3,3% dos participantes escolheram a opção outros, citando o desinteresse do governo em mostrar à população e incentivar essa fonte alternativa e a falta de interesse dos governos.

Finalizando a análise dos questionários aplicados foi pedido que os participantes, considerando uma escala de 0 a 5, classificassem as fontes de energia presentes em Fortaleza de acordo com o grau de importância em sua percepção, sendo destacada cada uma delas. Para a energia eólica os resultados estão expostos no Gráfico 20:

**Gráfico 20. Percepção da importância da energia eólica**

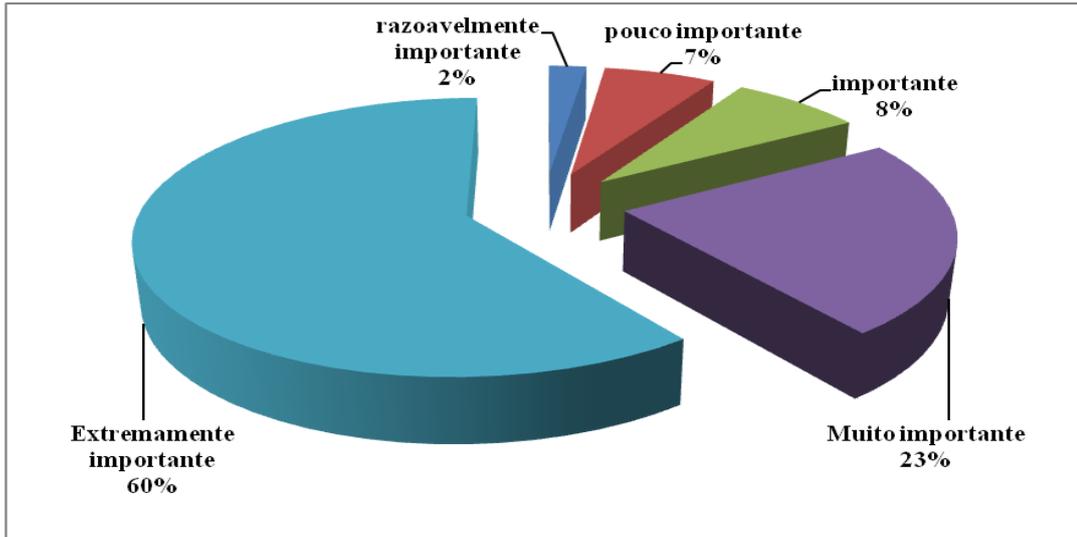


Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme demonstra o Gráfico 20, a maior parte dos participantes acredita que a energia eólica é extremamente importante (54%), 33% afirmam ser muito importante, 11% afirmam ser importante, 1% pouco importante e 1% nada importante.

Os resultados referentes à energia solar são expostos no Gráfico 21:

**Gráfico 21. Percepção da importância da energia solar**

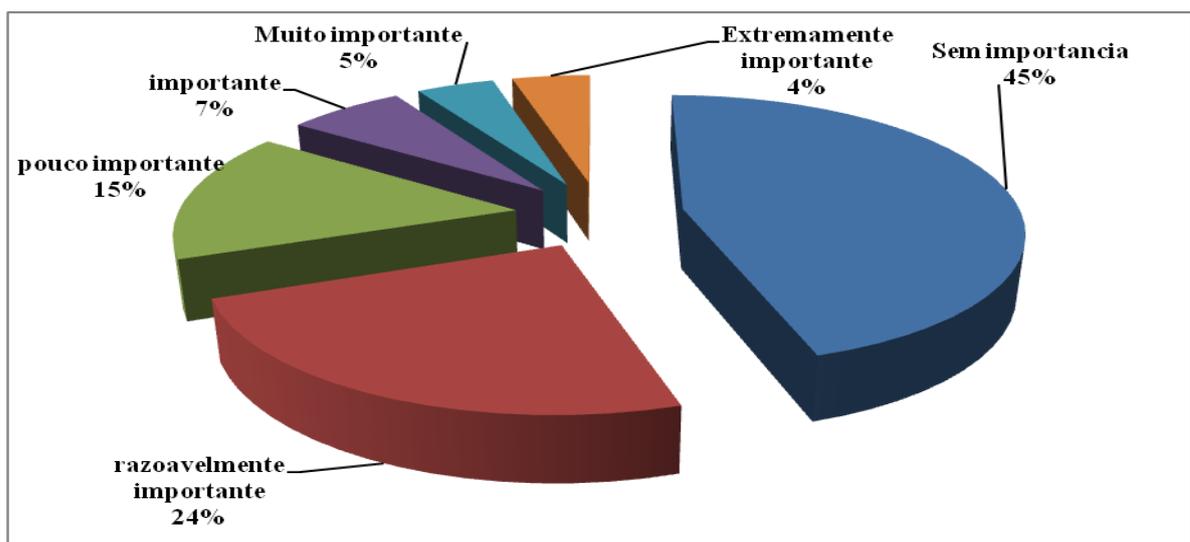


Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 21 demonstra que 60% dos participantes acreditam ser extremamente importante a energia solar, enquanto 23% acredita ser muito importante, 8% importante, 7% pouco importante e 2% razoavelmente importante.

A opinião dos participantes sobre a energia nuclear é apresentada no Gráfico 22:

**Gráfico 22. Percepção da importância da energia nuclear**

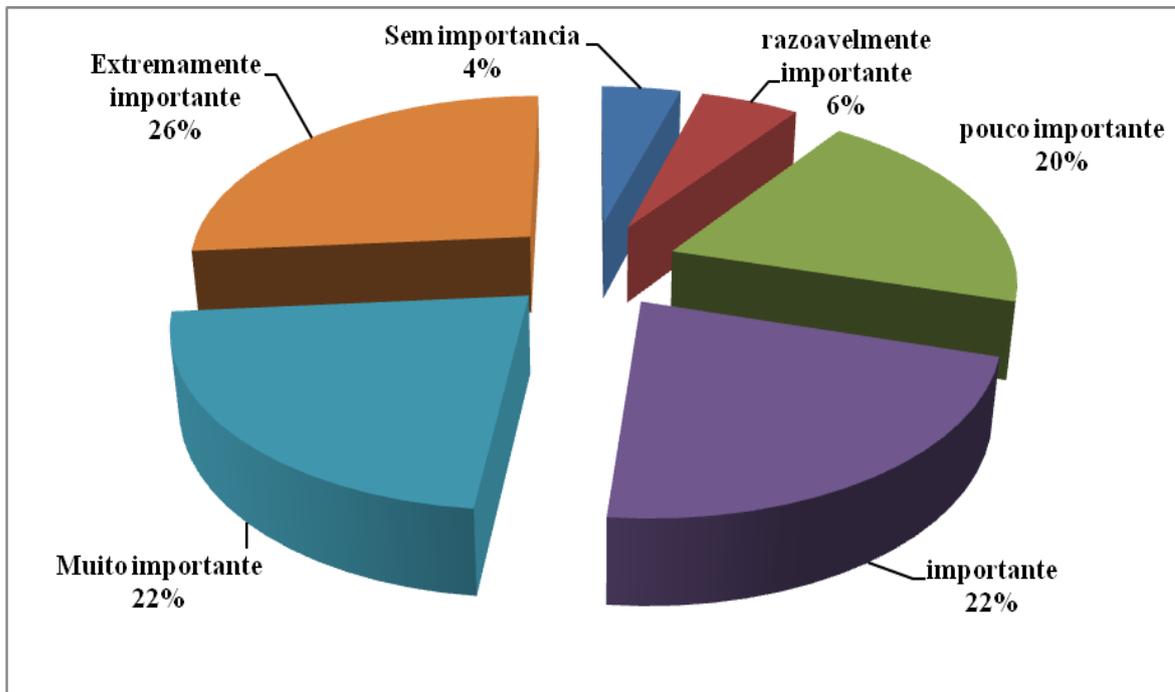


Fonte: Elaborado pelo autor

Verifica-se no Gráfico 22, que 45% dos participantes acreditam que essa fonte de energia é sem importância, 24% acreditam ser razoavelmente importante, 15% afirmam ser pouco importante, 7% importante, 5% muito importante e 4% extremamente importante.

Os resultados relacionados à energia hidroelétrica estão expostos no Gráfico 23:

**Gráfico 23. Percepção da importância da energia hidroelétrica**

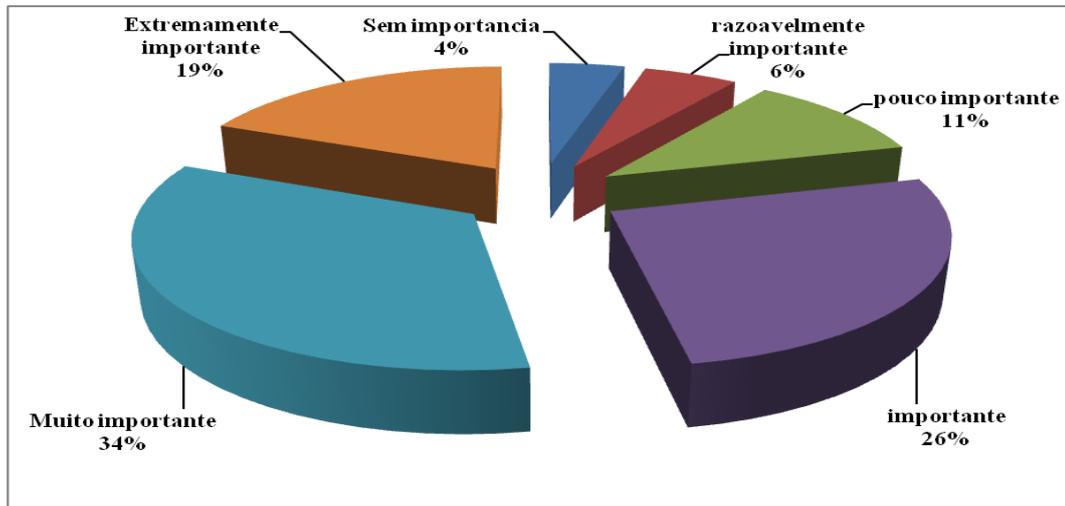


Fonte: Elaborado pelo autor

É possível observar no Gráfico 23 a diversificação da opinião dos participantes em relação ao assunto, com 26% informando ser extremamente importante, 22% afirmaram ser muito importante, 22% ser importante, 20% pouco importante, 4% razoavelmente importante e 4% sem importância.

Por sua vez, os biocombustíveis como fonte de energia apresentaram os seguintes resultados sob a percepção dos participantes:

**Gráfico 24. Percepção da importância dos biocombustíveis**

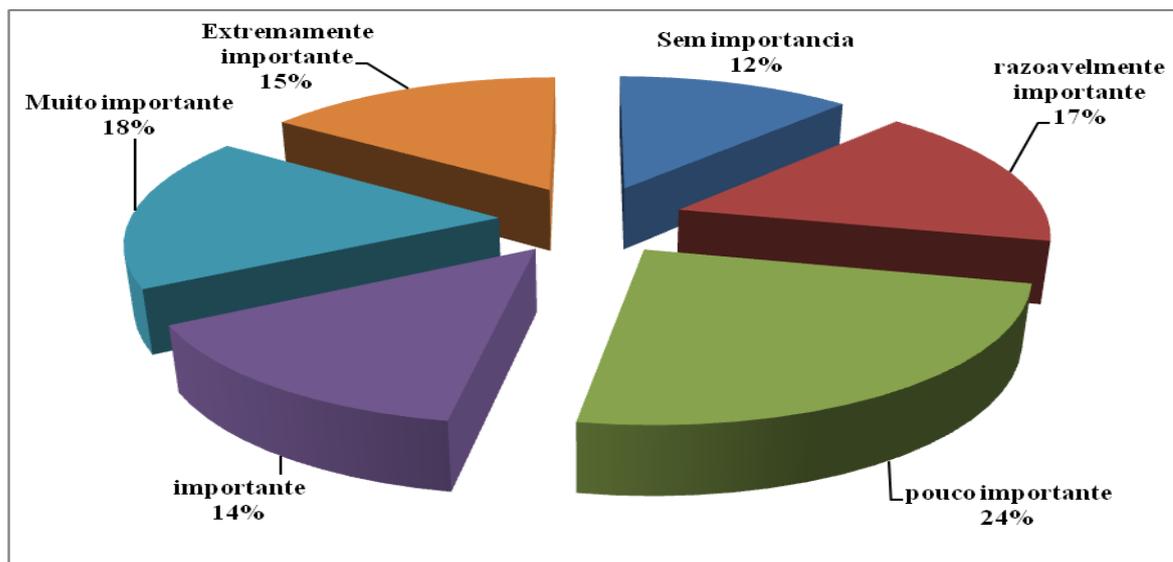


Fonte: Elaborado pelo autor

A diversificação dos resultados também pode ser observada no Gráfico 24 em relação aos biocombustíveis. Verifica-se que 19% consideram essa fonte de energia extremamente importante, 34% afirmam ser muito importante, 26% ser importante, 11% ser pouco importante, 6% razoavelmente importante e 4% ser sem importância.

Em relação ao petróleo como fonte de energia, os resultados apresentados no Gráfico 25 foram verificados, considerando a participação dos participantes da pesquisa:

**Gráfico 25. Percepção da importância do petróleo**

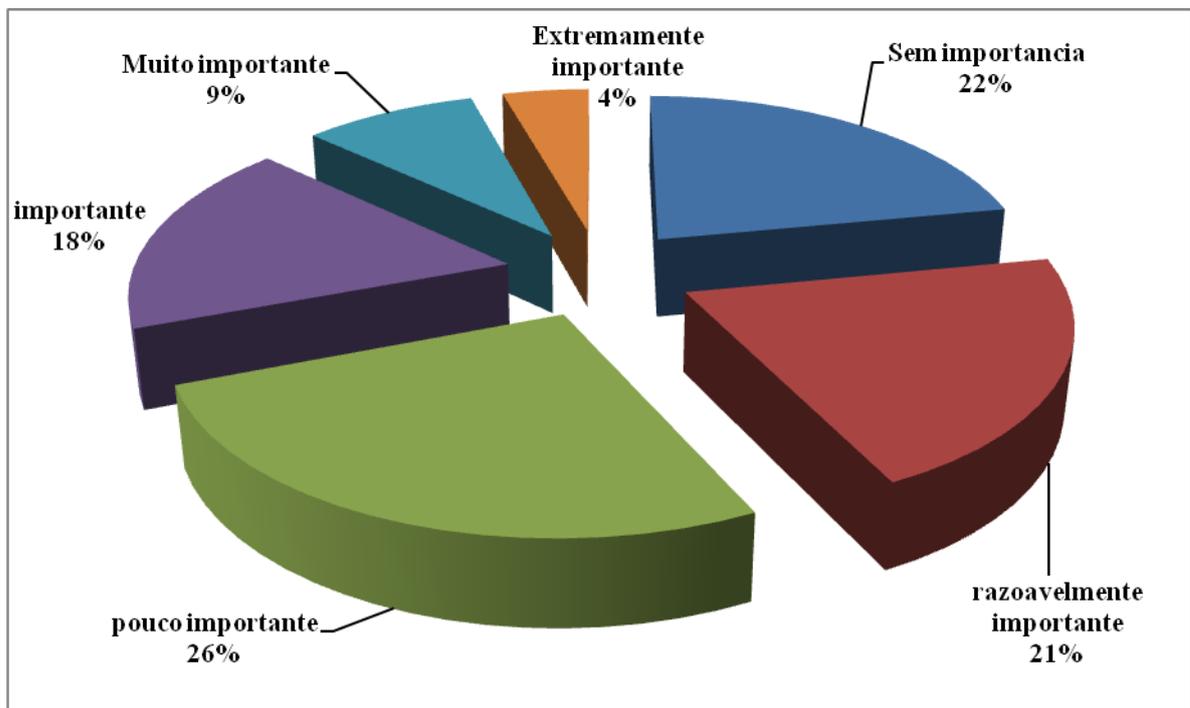


Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados novamente foram diversificados, com 15% afirmando ser extremamente importante, 18% consideram muito importante, 14% afirmam ser importante, 24% pouco importante, 17% razoavelmente importante e 12% sem importância.

O carvão mineral é visto pelos participantes como:

**Gráfico 26. Percepção da importância do carvão mineral**

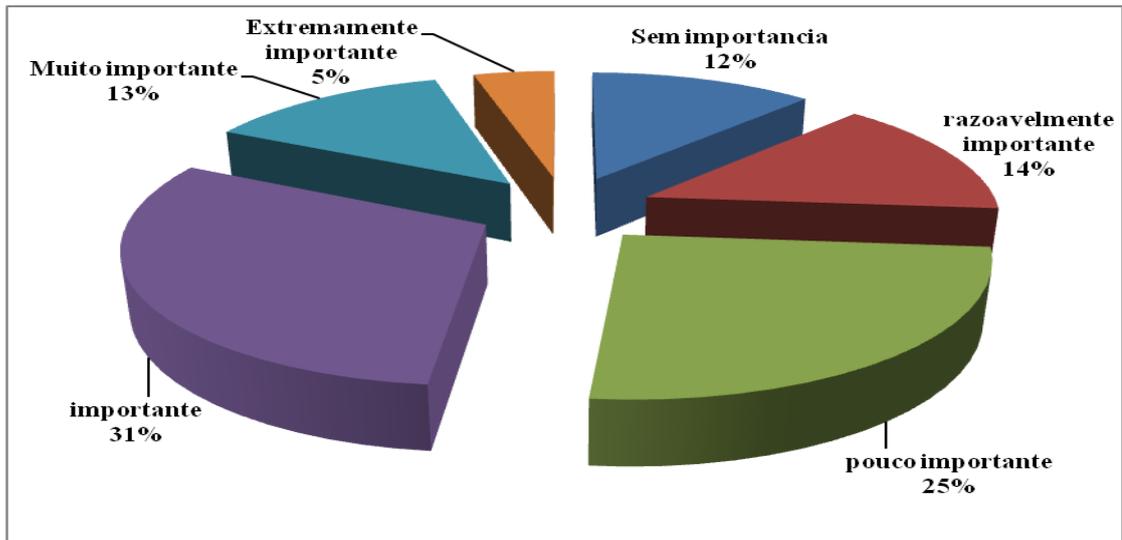


Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 26 demonstra que 26% dos participantes consideram o carvão mineral como uma fonte de pouca importância, enquanto 21% consideram razoavelmente importante, 22% consideram sem importância, 18% afirmam ser importante, 9% muito importante e 4% extremamente importante.

Os resultados referentes à percepção dos participantes da pesquisa sobre o gás natural estão expostos no Gráfico 27:

**Gráfico 27. Percepção da importância do gás natural**

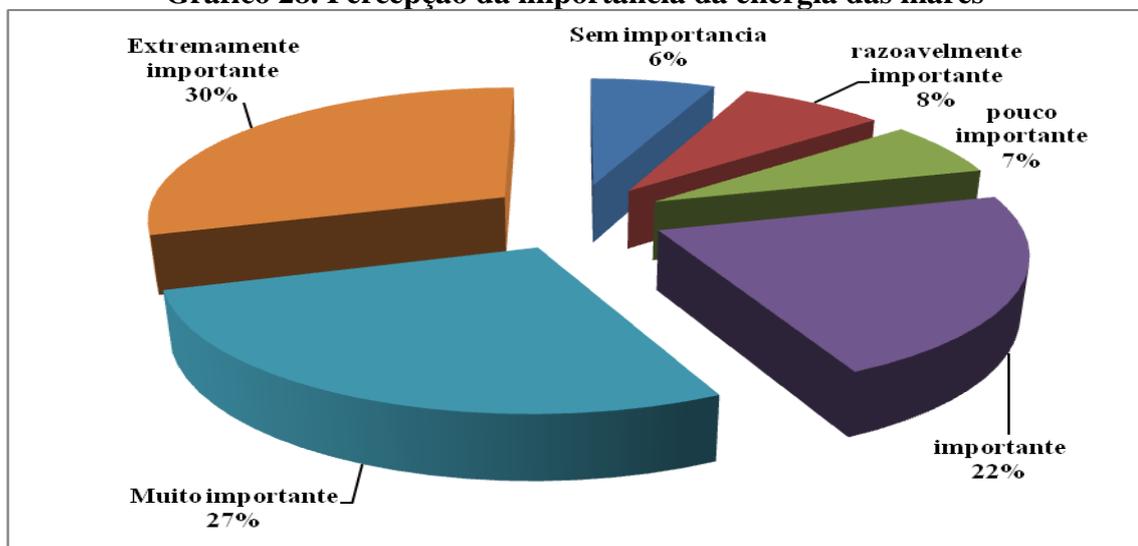


Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme demonstra o Gráfico 27, 31% dos participantes desta pesquisa consideram o gás natural como uma importante fonte de energia, enquanto 25% consideram pouco importante, 14% razoavelmente importante, 13% muito importante, 12% sem importância e 5% consideram ser extremamente importante.

A opinião dos participantes também foi verificada em relação à energia das marés, encontrando o resultado apresentado no Gráfico 28:

**Gráfico 28. Percepção da importância da energia das marés**

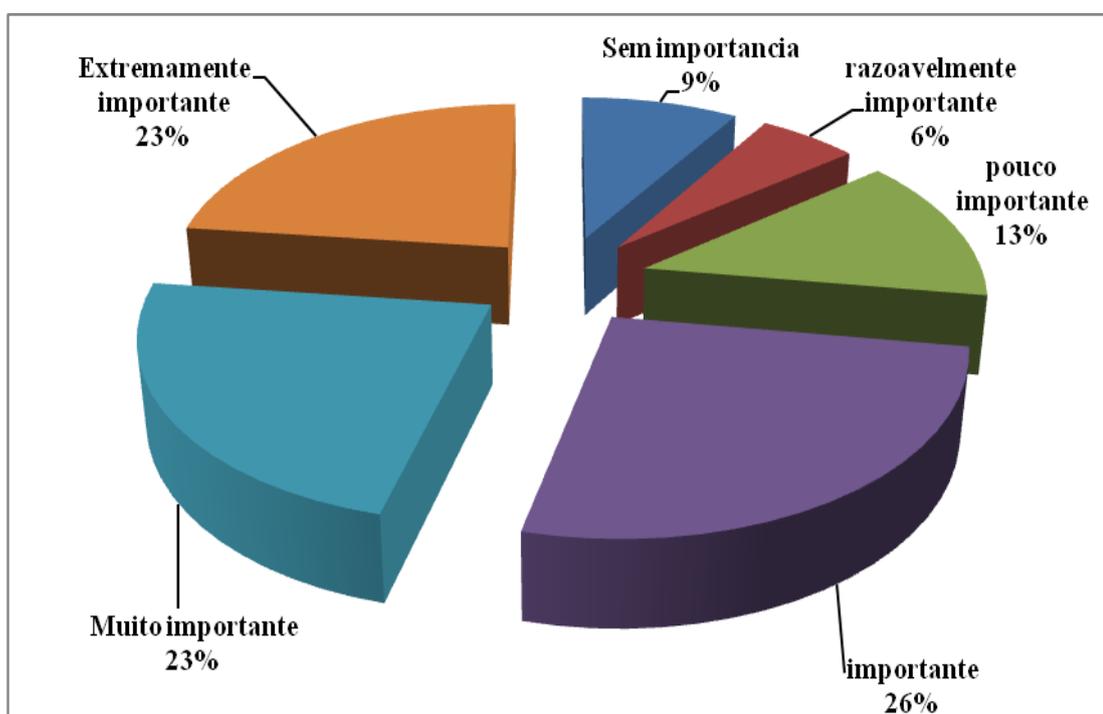


Fonte: Elaborado pelo autor

Na opinião de 30% dos participantes a energia das marés é extremamente importante, enquanto 27% afirmam ser muito importante, 22% importante. Verifica-se, ainda, que 8% dos participantes acreditam ser razoavelmente importante, 7% pouco importante e 6% afirmam ser sem importância.

Por fim, foi verificada a opinião dos participantes da pesquisa em relação à energia heliotérmica. Os resultados estão ilustrados no Gráfico 29:

**Gráfico 29. Percepção da importância da energia heliotérmica**



Fonte: Elaborado pelo autor

Observando o Gráfico 29 se tem que 26% acreditam que esse tipo de energia é importante, 23% afirmam ser muito importante, 23% acreditam ser extremamente importante. Por sua vez, 13% afirmou que esse tipo de energia tem pouca importância, 6% acreditam ser razoavelmente importante e 9% afirmam ser sem importância.

Diante do exposto, verificou-se que as fontes de energia renováveis são bem mais importantes que as demais, sendo de conhecimento superficial dos alunos o seu uso e importância.

### **6.3 Sumário das dificuldades na implantação da energia solar em Fortaleza sob o ponto de vista de alunos de graduação**

A partir dos dados levantados durante a pesquisa realizada com alunos de graduação da FEEAC/UFC, foi possível identificar resultados referentes às principais dificuldades para expansão do uso de energia solar em Fortaleza-CE.

No discurso dos alunos foi possível identificar os altos custos demandados para instalação dos equipamentos utilizados na energia solar como principal obstáculo, considerando que esta foi a resposta da maioria deles, que acreditam ser uma tecnologia cara, principalmente em relação ao custo inicial e à manutenção dos equipamentos.

Conforme a ABINEE (2012), considera-se que de fato, ainda são altos os custos demandados para uso desse tipo de energia alternativa, principalmente pela produção dos equipamentos não ser realizada em território cearense, sendo englobados custos de logística e os altos tributos que ainda são destaque no território brasileiro.

Outro obstáculo bastante mencionado pelos alunos foi a falta de conhecimento da população. É possível verificar essa falta de conhecimento quando mencionam como obstáculos à implantação desse tipo de energia, a não utilização nos períodos noturnos, considerando que esses painéis conseguem armazenar energia continuando em funcionamento no período noturno, conforme elucida a ABINEE (2012, p. 128):

Sistemas isolados utilizam baterias (e, conseqüentemente, também equipamentos de controle de carga/descarga de baterias) por precisarem armazenar a energia elétrica gerada (a parte dela que não for consumida no instante da geração) para uso à noite e em outros horários com baixo nível de irradiância solar.

Dessa forma, acredita-se que este problema pode ser reduzido com maior divulgação sobre o assunto, conscientizando a população acerca da importância o uso de fontes alternativas de energia como a energia solar. Benefícios que vão além da redução de custos de energia elétrica, tão mencionado pelos alunos. Devendo-se conhecer os benefícios relacionados ao meio ambiente e ao desenvolvimento social e econômico que estão intrinsecamente relacionados.

A falta de investidores privados também é citada pelos alunos, todavia, acredita-se que este fator está relacionado à procura por este tipo de energia, pois segundo a ABINEE (2012), investidores buscam mercados lucrativos e mercados consumidores, o que não tem sido verificado quando o assunto é energia solar.

Quando o assunto é o interesse e a divulgação por parte dos governantes, verifica-se de fato, esta dificuldade. É necessária melhor atuação dessa esfera em relação à energia solar, o que, provavelmente, reduzirá a problemática da falta de conhecimento da população e da falta de investidores.

Nesse contexto, pode-se vislumbrar um crescimento do uso de energia solar como uma alternativa às fontes de energias tradicionais quando se pensa nas expectativas nacionais, bem como se considerando as crises hídricas comumente ocorridas no estado. Todavia, quando se ver a percepção popular, tomando como base as opiniões dos alunos que participaram deste estudo, não se percebe um cenário muito propício, vislumbrando-se a estagnação no uso dessa fonte de energia, sendo necessária para mudar esse cenário, principalmente a redução dos custos iniciais, bem como, maior interesse dos governantes de forma que atuem a suprir a falta de conhecimento da população, buscando atrair investidores privados. As principais conclusões que se chegou ao final deste estudo podem ser vistas no capítulo a seguir.

## 7 CONCLUSÃO

Pode-se dizer que o homem e a natureza são elementos intrínsecos, pois o homem não sobrevive sem a natureza e esta não se engrandece sem o homem. Nos últimos anos foi possível notar em âmbito mundial mudanças climáticas decorrentes dos tão conhecidos pela sociedade: efeito estufa e aquecimento global, estes que vem acontecendo devido a danos ambientais ocasionados pelo homem.

Após tantos danos causados e vendo seu próprio bem-estar prejudicado, o homem busca mudar essa realidade, fator que vem proporcionando um crescente interesse em projetos de geração de energia que substituam as fontes convencionais, reduzindo o impacto socioambiental. Vive-se hoje em uma busca constante por fontes de energias alternativas que não sejam apenas social e ambientalmente viáveis, mas também economicamente sustentáveis.

Hoje, a energia solar é considerada uma das mais promissoras fontes de energia alternativas, contudo, existem várias limitações técnicas e econômicas que reduzem a competitividade das usinas solares.

Limitações estas que se relacionam com o elevado preço de equipamentos, fator que torna essa fonte de energia mais cara em relação às convencionais, portanto, menos atrativa para investidores.

Apesar do potencial brasileiro em radiação solar, bastante superior ao da Alemanha, maior potência em energia solar, o país ainda está longe de atingir bons níveis de uso desse tipo de energia, mesmo com o crescimento nos últimos anos.

Neste estudo foi verificada a percepção de alunos de graduação acerca das dificuldades para que o uso de energia solar seja ampliado nas residências da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, constatou-se, ao final deste estudo que as principais dificuldades estão relacionadas aos altos custos demandados para aquisição e instalação dos equipamentos necessários, fator que foi mais citado pelos participantes.

Dessa forma, considerando que os altos custos são os maiores empecilhos para expansão do uso de energia solar na referida cidade, afirma-se serem necessários maiores

incentivos do governo e auxílio no financiamento de materiais, além da redução de custos desses equipamentos. Sugere-se, ainda, a realização de educação ambiental junto aos alunos dos cursos de graduação, visando-se torná-los divulgadores e conscientizadores da importância do uso de energia solar para o futuro do planeta. Para pesquisas futuras, sugerem-se a avaliação de impactos da implantação de formas alternativas de energia em comunidades rurais e urbanas, com estudos de custo-benefício e a análise da viabilidade no uso de energia solar em empresas e órgãos públicos.

A educação com base na formação de cidadãos conscientes sobre a importância de se preservar o meio ambiente é essencial, principalmente no que concerne ao uso das novas tecnologias, através da interdisciplinaridade e da contextualização do ensino voltado para esta área. A educação de um país é a chave para o seu desenvolvimento, e a educação com base na formação do cidadão consciente é essencial para a qualidade de vida da sociedade mundial.

## REFERÊNCIAS

- ABEAMA. **Energia Solar**. 2013. Disponível em: [http://www.abeama.org.br/#!energia\\_solar/c893](http://www.abeama.org.br/#!energia_solar/c893) Acesso em: maio/2015.
- ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. Nota Técnica s/n, jun. 2012.
- ALVES FILHO, João. **Matriz energética brasileira: da crise à grande esperança**. Rio de Janeiro: Mauad Editora, 2003.
- ALVES, E. G.; SILVA, A. F. Usando um LED como fonte de energia. **A Física na Escola**, v. 9, n. 1, dez. 2008.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL lança chamada de projeto estratégico de Geração Heliotérmica de Energia**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8847&id\\_area=>](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8847&id_area=>)>. Acesso em 22 de Dezembro de 2015.
- \_\_\_\_\_. **Capacidade de geração no Estado do Ceará**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/CapacidadeEstado.cfm?cmbEstados=C&UF=CE:CEAR%C3%81>>. Acesso em 22 de Dezembro de 2015.
- \_\_\_\_\_. **Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 019/2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=2357](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=2357)>. Acesso em 22 de Dezembro de 2015.
- \_\_\_\_\_. **Programa de Simulação de Tarifas de Uso do Sistema Elétrico TUSTRB e TUSTF**. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **Usinas do tipo UFV em Operação no Ceará**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=12&fase=3&UF=CE:CEAR%C3%81>>. Acesso em 22 de Dezembro de 2015.
- \_\_\_\_\_. **Nota Técnica DEA 19/14: Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2014.
- ANTUNES, L.M. **A Energia Solar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- BARBOSA, Vanessa. **5 mudanças que vão sacudir o tabuleiro energético mundial: Veja as cinco tendências principais identificadas pelo estudo Energy Outlook (NEO), feito pela Bloomberg New Energy Finance (BNEF)**. Mundo Sustentável, 2015. Disponível em: <http://www.mundosustentavel.com.br/2015/07/5-mudancas-que-vao-sacudir-o-tabuleiro-energetico-mundial/> Acesso em: dezembro/2015.
- BERMAN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. **Cienc. Cult.** vol.60 no.3 São Paulo Sept. 2008.

BLUE SOL. **História (rápida) da Energia Solar Fotovoltaica**. Blue Sol Educacional, 2011. Disponível em: <http://www.blue-sol.com/energia-solar/historia-rpida-da-energia-solar-fotovoltaica/> Acesso em: janeiro/2016.

BLUM, Sérgio. **Até 2050 a energia solar será a maior fonte de energia do mundo**. Trader Energia, 2015. Disponível em: <http://traderenergia.com.br/noticias.php?p=8&cod=212> Acesso em: janeiro/2016.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **BEN - Balanço Energético Nacional**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

\_\_\_\_\_. **CONVÊNIO ICMS 101/97, de 12 de dezembro de 1997**. Concede isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica que especifica. Disponível em: <[http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/Convenios/ICMS/1997/cv101\\_97.htm](http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/Convenios/ICMS/1997/cv101_97.htm)> Acesso em: dez 2015.

BRONZATTI, Fabricio Luiz; IARONZINSKI, Alfredo. **Matrizes Energéticas No Brasil: Cenário 2010-2030. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

CARNEIRO, Joaquim. **Electromagnetismo B Módulos Fotovoltaicos: Características e Associações**. 2º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, 1º Semestre, 2010.

CARVALHO, E. F. A.; CALVETE, M. J. F. **Energia Solar: Um passado, um presente... um futuro auspicioso** Revista Virtual Quim. Aveiro – Portugal, v. 2. n. 3, p. 192-203.2010. CGEE, Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. **Relatório do Estudo Prospectivo em Energia Fotovoltaica 2025**. Outubro, 2008.

CARVALHO, Bosco. Alemanha quebra recorde mundial de geração de energia solar e deixa EUA no chinelo. **Revista Ecológica**, 2014. Disponível em: <http://www.revistaecologica.com/alemanha-quebra-recorde-mundial-de-geracao-de-energia-solar-e-deixa-eua-chinelo/> Acesso em: dezembro/2015.

CHAVAGLIA, José. **A energia solar como uma vantagem competitiva em empresas industriais da Amazônia: ganhos de eficiência da empresa e preferências do consumidor**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa, 2010.

COLLE, Sérgio; PEREIRA, Enio Bueno. **Atlas de radiação solar do Brasil em fontes não convencionais de energia: as tecnologias solar, eólica e de biomassa**. Florianópolis: 2000.

COMETTA, Emilio. **Energia Solar Utilização e Empregos Práticos**. São Paulo: hemus, 1998.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **"Economia Solar Global" Lançamento da Edição Brasileira**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2002. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/periodicos/informe7.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. **Energia Solar Fotovoltaica 16kWp conectados à rede no CEPEL.** Rio de Janeiro: CRESESB, 2003. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/periodicos/informe8.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. **Energia Solar: Princípios e Aplicações.** Rio de Janeiro: CRESESB, 2006. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2015.

DADALTO, Elder Antônio. **Utilização da energia solar para aquecimento de água pela população de baixa renda domiciliar em habitações populares.** [monografia]. UFMG, 2008.

DE ARAUJO, Geraldo Jose Ferraresi; CARVALHO, Cesar Machado; DE CASTRO, Vanessa. A IMPORTÂNCIA DA PRÁTICA DA SUSTENTABILIDADE E DE SEUS INDICADORES PARA IMPLEMENTAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DE VANTAGEM COMPETITIVA NAS ORGANIZAÇÕES EMPRESARIAIS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 10, 2013.

EIFFERT, P.; KISS, J. G. ***Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures: A sourcebook for Architects.*** US Department of Energy's (DOE's). NREL, Fevereiro, 2000.

FEAAC. Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade. **Portal eletrônico**, 2016. Disponível em: <http://www.feaac.ufc.br/>. Acesso: janeiro de 2016.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

FRANCO, A. P. **Sistemas fotovoltaicos: Contextualização e perspectivas para sua massificação no Brasil.** Monografia. (Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2014.

GHENSEV, A. **Materias e processos de fabricação de Células Fotovoltaicas.** Monografia de pós-graduação Lato Sensu, Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, Brasil, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

\_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 2007.

\_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais.** Rio de Janeiro: Record, 1997.

GOMES, Caio Peixoto. Energia Solar: Utilização como fonte de energia alternativa. **Bolsista de Valor**, v. 2, n. 1, p. 159-164, 2012.

IEA. *International Energy Agency. PVPS Annual Report 2006.* 2006. ***Trends in Photovoltaic Applications.*** 2007. *Survey Report of Selected IEA Countries Between 1992 and 2006.*

IPCC, *Intergovernmental Panel On Climate Change. Climate Change 2007*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

JORGE NETO. **Energia solar é a aposta de grandes e pequenas empresas**. Meio Ambiente – PUC/RIO. 2012. Disponível em: <http://puc-riodigital.com.puc-rio.br/Texto/Meio-Ambiente/Energia-solar-e-a-aposta-de-grandes-e-pequenas-empresas-12497.html#.VqPXWZorJkg> Acesso em: janeiro/2016.

JORNAL NACIONAL. **Brasil aumenta investimentos para a geração de energia solar**. G1, 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2014/12/brasil-aumenta-investimentos-para-geracao-de-energia-solar.html> Acesso em: janeiro/2016.

LEITE, Djane Barbosa; DE SOUZA, Ênio Pereira. **Tendências do cenário energético brasileiro: a energia de fonte eólica e o “olhar” dos atingidos**. Ciência & Natura, v. 37, n. 4, 2015.

LIMA, Danielle Kely Saraiva de. **Estudo de viabilidade de uma usina solar térmica associada à queima de resíduos sólidos urbanos na cidade de Sobral – Ceará**. Dissertação. (Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas). Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2010.

LINS, Christine; WILLIAMSON, Laura. **Ano record da energia renovável ajuda a quebrar a relação entre o crescimento da economia global e as emissões de CO2**. REN21, 2015. Disponível em: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/06/REN21\\_press-release-GSR-2015\\_PORTUGUESE.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/06/REN21_press-release-GSR-2015_PORTUGUESE.pdf) Acesso em: janeiro/2016

MADEIRA, Rafael Alves. **Custos associados à energia termo solar de receptor central**. Rio de Janeiro: Universidade Federal de Rio de Janeiro, 2009.

MARKVART, T. *Solar Electricity*. England: John Wiley & Sons, LTD, 2000.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno; ECHER, Maria Pereira de Souza. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário – o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 145 - 159, (2004).

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. São Paulo: Hucitec, 1993.

MME, Ministério de Minas e Energia. **EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015**. Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

MORAIS, J. L. **Sistemas Fotovoltaicos: da Teoria à Prática**. Porto: PUBLINDUSTRIA, 2009.

MUÑIZ, Javier María Méndez; GARCÍA, Rafael Cuervo. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2. ed. Madrid: Gráficas Marar S.A., 2006.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio do funcionamento da célula fotovoltaica**. (Monografia) Pós Graduação Latu-Sensu. 2004. Disponível em:

<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=110&idSubSecao=0&idTexto=49&pga=busca&termo=semicondutores&pgn=1> Acesso em: dezembro/2015.

OLIVEIRA, Gevan. **Carro Quadriflex representa o Ceará em feira internacional de tecnologias limpas e renováveis em SP**. Gram-Eollic, 2011. Disponível em: <http://grameollic.blogspot.com.br/2011/09/carro-quadriflex-representa-o-ceara-em.html> Acesso em: janeiro/2016.

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

PINTO, A.; ZILLES, R ; ALMEIDA, M. P. . Eficiência brasileira de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, v. 15, p. 04.09-04.15, 2011.

PRESENÇO, J. F. **Desenvolvimento de um sistema de controle para avaliação de fontes de energias renováveis no bombeamento de água**. Tese. (Pós-Graduação Stricto Sensu). Energia na Agricultura. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP, Botucatu, 2007.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013.

QUEIROZ, Renato. **O setor elétrico brasileiro e suas incertezas**. Ambiente Energia, 2015. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/10/o-setor-eletrico-brasileiro-e-suas-incertezas/27321> Acesso em: janeiro/2015.

REN21, *Global Status Report. Renewables 2015: Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2015.*

REN21. **Renováveis 2012: Relatório da Situação Global**. 2012.

RIFFEL, Douglas Bressan. **Unidade de Osmose Reversa acionada por Energia Solar fotovoltaica sem baterias: Simulação, projeto e validação experimental**. 2005 [dissertação]. Universidade Federal do Ceará.

RODRIGUES, D.; MATAJS, R.. **Um banho de sol para o Brasil: o que os aquecedores solares podem fazer pelo meio ambiente e a sociedade**. São Lourenço da Serra: *Vitae Civilis*, 2005.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: Editora UFSC/LABSOLAR, 2004.

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

SANTOS, Pedro Alberto Brasil Vieira dos. **Alimentação de estações rádio base utilizando células fotovoltaicas**. Monografia. (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, 2006.

SENTENLHAS, Paulo César; ANGELOCCI, Luiz Roberto. **Radiação solar: balanço de energia**. ESALQ/USP, 2009.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: [www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos). Acesso em: janeiro/2016.

TEIXEIRA, Alexandre Almeida; CARVALHO, Matheus Costa; LEITE, Leonardo Henrique de Melo. Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial. **e-Xacta**, v. 4, n. 3, 2012.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**. V.26, n.74. São Paulo, 2012.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VALLÊRA, António M.; BRITO, Miguel Centeno. 2006. 6p. **Meio século de história fotovoltaica**. Gazeta de Física, Departamento de Física e Centro de Física da Matéria Condensada (CFMC), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Lisboa, 2006.

VILELA, W. A. **Estudo, desenvolvimento e caracterização de radiômetros para medidas da radiação solar**. 2010. 208 p. ([sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.17.18.50-TDI](http://sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.17.18.50-TDI)). Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

WANDERLEY, Augusto César Fialho. **Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte**. 2013. f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação) - Universidade Federal do Rio Grande Do Norte. 2013.

## APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO

20/01/2016

Pesquisa - Energia Solar Residencial em Fortaleza.

### Pesquisa - Energia Solar Residencial em Fortaleza.

Esta é uma pesquisa acadêmica da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Prezado colaborador, as suas respostas são anônimas e confidenciais.

Contato: [evaldocruz182@gmail.com](mailto:evaldocruz182@gmail.com)

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz solar em eletricidade, sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (PINHO, J. T.; GALDINO, M. A, 2014).

Energia Heliotérmica ou Concentrating Solar Power (CSP), é o processo de uso e acúmulo do calor proveniente dos raios solares para a utilização em processos industriais ou para a geração de eletricidade ( ANEEL, 2015).

**\*Obrigatório**

1. **Idade:** \*

-----

2. **Sexo:** \*

*Marcar apenas uma oval.*

Masculino.

Feminino.

3. **Renda Familiar:** \*

*Marcar apenas uma oval.*

Menos que 1 salário mínimo.

1 a 2 salários mínimos (R\$ 788,00 a R\$ 1.576,00).

2 a 4 salários mínimos (R\$ 1.576,00 a R\$ 3.152,00).

4 a 10 salários mínimos(R\$ 3.152,00 a R\$ 7.880,00).

10 a 20 salários mínimos(R\$ 7.880,00 a R\$ 15.760,00).

Acima de 20 salários mínimos(R\$ 15.760,00 ou mais).

4. **Você acha importante o uso de fontes de energias renováveis?** \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim.

Não.

20/01/2016

Pesquisa - Energia Solar Residencial em Fortaleza.

**5. Qual o seu conhecimento sobre energia solar residencial? \****Marcar apenas uma oval.*

- Alto.
- Intermediário.
- Baixo.
- Nenhum conhecimento.

**6. Você tem algum conhecimento sobre Energia Solar Fotovoltaica? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.

**7. Você tem algum conhecimento sobre Energia Solar Heliotérmica? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.

**8. Caso a sua resposta tenha sido positiva para alguma das três perguntas anteriores, de que forma você tomou conhecimento sobre o assunto?***Mais de uma opção pode ser marcada.**Marque todas que se aplicam.*

- Revista.
- Jomal.
- Internet.
- Televisão.
- Rádio.
- Cartaz/Folder.
- Outro: .....

**9. Você tem alguma instalação solar em sua residência? \****Painel Fotovoltaico, Coletor Solar, etc.**Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.

**10. Você tem interesse em investir em energia solar residencial para diminuir seus custos com energia elétrica? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.

20/01/2016

Pesquisa - Energia Solar Residencial em Fortaleza.

11. **Que vantagem você tem/teria com a utilização da energia solar residencial? \***

-----

-----

-----

-----

-----

12. **Quais seriam as maiores dificuldades para o aumento do uso de energia solar na cidade de Fortaleza? \***

-----

-----

-----

-----

-----

13. **Na sua opinião, o que pode ser feito para estimular a utilização da tecnologia de energia solar nas residências Fortalezenses? \***

\*Mais de uma opção pode ser assinalada.

*Marque todas que se aplicam.*

- Pressionar a prefeitura de Fortaleza a promover reuniões com a SPE(Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético) juntamente com o MME (Ministério de Minas e Energia) com o objetivo de formular projetos que incentivem o uso da energia solar residencial em Fortaleza.
- Promover a conscientização das camadas mais desinformadas da população que a energia solar traz benefícios e que a sua utilização a longo prazo pode diminuir custos com energia elétrica.
- Diminuir os custos de instalação da tecnologia.
- Divulgação da tecnologia nas mídias.
- Outro: .....

14. **Na sua opinião, o que tem impedido ou dificultado a utilização de painéis fotovoltaicos nas residências em Fortaleza? \***

\*Mais de uma opção pode ser assinalada.

*Marque todas que se aplicam.*

- Elevado custo.
- Falta de conhecimento da tecnologia por parte dos responsáveis por setores estratégicos do governo.
- A falta de divulgação das informações coletadas por especialistas na área.
- Falta de divulgação da tecnologia nas diversas mídias.
- Falta de conhecimento dessa fonte alternativa.
- Falta de interesse no assunto.
- Outro: .....

## Avalie em uma escala de 0 a 5 a importância do uso de

20/01/2016

Pesquisa - Energia Solar Residencial em Fortaleza.

**cada fonte de energia em Fortaleza, atribuindo 0 para o tipo de energia de menor importância e 5 para a mais importante.**

---

15. **Energia Eólica \***

*Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Menos importante.	<input type="radio"/>	Mais importante.					

16. **Energia Solar \***

*Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Menos importante.	<input type="radio"/>	Mais importante.					

17. **Energia Nuclear \***

*Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Menos importante.	<input type="radio"/>	Mais importante.					

18. **Energia Hidrelétrica \***

*Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Menos importante.	<input type="radio"/>	Mais importante.					

19. **Biocombustíveis \***

*Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Menos importante.	<input type="radio"/>	Mais importante.					

20. **Petróleo \***

*Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Menos importante.	<input type="radio"/>	Mais importante.					



**ANEXO 1 – USINAS FOTOVOLTAICAS EM OPERAÇÃO NO BRASIL DE  
ACORDO COM A ANEEL**

USINAS do tipo UFV em Operação							
CEG	Usina	Data Operação	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Destino da Energia	Proprietário	Município
<a href="#">UFV.RS.RO.028222-7.01</a>	<a href="#">Araras - RO</a>	05-06-2001	20,48	20,48	REG	100% para <a href="#">Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária</a>	Nova Mamoré - RO
<a href="#">UFV.RS.CE.030060-8.01</a>	<a href="#">Tauá</a>	01-07-2011	5.000	1.000	REG	100% para <a href="#">MPX Tauá Energia Solar Ltda.</a>	Tauá - CE
<a href="#">UFV.RS.SP.030345-3.01</a>	<a href="#">IEE</a>	15-06-2001	12,26	12,26	REG	não identificado	São Paulo - SP
<a href="#">UFV.RS.SP.030346-1.01</a>	<a href="#">UFV IEE/Estacionamento</a>	15-06-2001	3	3	REG	não identificado	São Paulo - SP
<a href="#">UFV.RS.SP.030442-5.01</a>	<a href="#">PV Beta Test Site</a>	-	1,70	1,70	REG	100% para <a href="#">DuPont do Brasil S.A</a>	Barueri - SP
<a href="#">UFV.RS.BA.030730-0.01</a>	<a href="#">Pituaçu Solar</a>	-	404,80	404,80	REG	100% para <a href="#">Superintendência dos Esportes do Estado da Bahia</a>	Salvador - BA
<a href="#">UFV.RS.SP.030977-0.01</a>	<a href="#">Tanquinho</a>	-	1.082	1.082	REG	100% para <a href="#">SPE CPFL Solar 1 Energia S.A.</a>	Campinas - SP
<a href="#">UFV.RS.SC.030978-8.01</a>	<a href="#">Silva Neto I</a>	10-10-2012	1,70	1,70	REG	100% para <a href="#">João Bento da Silva Neto</a>	Florianópolis - SC
<a href="#">UFV.RS.SP.031066-2.01</a>	<a href="#">Solaris</a>	-	1,04	1,04	REG	100% para <a href="#">Solaris Tecnologia Fotovoltaica Indústria Comercio e Serviço Ltda. - EPP</a>	Leme - SP
<a href="#">UFV.RS.MA.031085-9.01</a>	<a href="#">Ilha Grande</a>	-	30,87	30,87	REG	100% para <a href="#">Companhia Energética do Maranhão</a>	Humberto de Campos - MA
<a href="#">UFV.RS.PR.031167-7.01</a>	<a href="#">Volpato</a>	01-10-2011	0,46	0,46	REG	100% para <a href="#">Guilherme Volpato Melo</a>	Curitiba - PR
<a href="#">UFV.RS.MA.031239-8.01</a>	<a href="#">Sistema Híbrido de Geração de Energia Elétrica da Ilha dos Lençóis Parte 2</a>	19-07-2008	21,06	21,06	REG	100% para <a href="#">Companhia Energética do Maranhão</a>	Cururupu - MA
<a href="#">UFV.RS.BA.031285-1.01</a>	<a href="#">Sol Moradas Salitre e Rodeadouro</a>	12-02-2014	2.103	2.103	REG	100% para <a href="#">Brasil Solair Energias Renováveis Comércio e Indústria S.A</a>	Juazeiro - BA
<a href="#">UFV.RS.SP.031328-9.01</a>	<a href="#">IMT Sistema Híbrido Parte 2</a>	30-01-2012	0,26	0,26	REG	100% para <a href="#">Electra Power Geração de Energia S.A</a>	Boituva - SP
<a href="#">UFV.RS.SC.031430-7.01</a>	<a href="#">Nova Aurora</a>	31-03-2014	3.068,23	3.068,23	REG	100% para <a href="#">Tractebel Energia S/A</a>	Tubarão - SC
<a href="#">UFV.RS.PR.031622-9.01</a>	<a href="#">Cobertura Estacionamento P1 - Renault</a>	25-02-2014	19,60	19,60	REG	100% para <a href="#">Renault do Brasil S.A.</a>	São José dos Pinhais - PR
<a href="#">UFV.RS.SC.031635-0.01</a>	<a href="#">MEGAWATT SOLAR</a>	24-06-2014	930	930	REG	100% para <a href="#">Eletrosul Centrais Elétricas S.A</a>	Florianópolis - SC
<a href="#">UFV.RS.RN.031656-3.01</a>	<a href="#">Juliano Carvalho Dantas</a>	09-04-2014	5,04	5,04	REG	100% para <a href="#">Juliano Carvalho Dantas.</a>	Natal - RN

<a href="#">UFV.RS.RN.031694-6.01</a>	<a href="#">Solar Alto do Rodrigues</a>	14-05-2014	1,100	1,100	REG	100% para <a href="#">Petróleo Brasileiro S.A</a>	Alto do Rodrigues - RN
<a href="#">UFV.RS.MG.031760-8.01</a>	<a href="#">Central Mineirão</a>	25-04-2014	1.418,40	1.418,40	REG	100% para <a href="#">CEMIG Geração e Transmissão S.A</a>	Belo Horizonte - MG
<a href="#">UFV.RS.MS.032055-2.01</a>	<a href="#">CENTRAL PARTICULAR ISOLADA FALLUH</a>	01-12-2012	1,38	1,38	REG	100% para <a href="#">Milton Falluh Rodrigues</a>	Corumbá - MS
<a href="#">UFV.RS.PE.032372-1.01</a>	<a href="#">Fontes Solar I</a>	02-09-2015	5.000	5.000	REG	100% para <a href="#">Enel Soluções Energéticas Ltda.</a>	Tacaratu - PE
<a href="#">UFV.RS.PE.032373-0.01</a>	<a href="#">Fontes Solar II</a>	08-09-2015	5.000	5.000	REG	100% para <a href="#">Enel Soluções Energéticas Ltda.</a>	Tacaratu - PE
<a href="#">UFV.RS.MG.033900-8.01</a>	<a href="#">POUSADA SAO RAFAEL</a>	10-04-2015	6	6	REG	100% para <a href="#">Cesar Saullo</a>	Passa Quatro - MG
<a href="#">UFV.RS.AM.035153-9.01</a>	<a href="#">Miniusina de Nossa Senhora de Nazaré</a>	07-05-2011	10,80	10,80	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Maués - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035287-0.01</a>	<a href="#">Miniusina de Santa Luzia</a>	14-05-2011	16,20	16,20	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Maués - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035294-2.01</a>	<a href="#">Miniusina de São José</a>	26-05-2011	13,50	13,50	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Maués - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035306-0.01</a>	<a href="#">Miniusina de Aracari</a>	14-02-2011	10,80	10,80	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Novo Airão - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035326-4.01</a>	<a href="#">Miniusina de Sobrado</a>	23-01-2011	13,50	13,50	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Novo Airão - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035329-9.01</a>	<a href="#">Miniusina de São Sebastião do Rio Preto</a>	30-04-2011	10,80	10,80	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Autazes - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035330-2.01</a>	<a href="#">Miniusina de Santo Antônio</a>	03-06-2011	10,80	10,80	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Eirunepé - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035338-8.01</a>	<a href="#">Miniusina de Mourão</a>	08-04-2011	13,50	13,50	REG	100% para <a href="#">Amazonas Distribuidora de Energia S.A</a>	Eirunepé - AM
<a href="#">UFV.RS.AM.035341-8.01</a>	<a href="#">Microusinha da Bemol</a>	04-07-2015	4,32	4,32	REG	100% para <a href="#">BENCHIMOL IRMAO &amp; CIA LTDA</a>	Manaus - AM
Total:33 Usina(s)		Total Potência Outorgada:25.335,50 kW					

Legenda	
APE	Autoprodução de Energia
PIE	Produção Independente de Energia
REG	Registro
REG-RN482	Registro mini micro Geradores RN482/2012
SP	Serviço Público