

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA**

MARCOS WINICIUS PEZENTE SANCHES DE MORAES

**UNIVERSIDADE SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO TÉCNICO-
ECONÔMICO SOBRE A ADOÇÃO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO
SANTO**

**VITÓRIA
2016**

MARCOS WINICIUS PEZENTE SANCHES DE MORAES

**UNIVERSIDADE SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO SOBRE
A ADOÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Gestão Pública do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Dalcomuni.

VITÓRIA

2016

**UNIVERSIDADE SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO SOBRE
A ADOÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

MARCOS WINICIUS PEZENTE SANCHES DE MORAES

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Gestão Pública do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Aprovado em de novembro de 2016.

Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Dalcomuni.- Orientadora

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Rogério Antonio Monteiro.

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Marcos Tadeu D'azeredo Orlando

Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

À Deus,

À Waltair Sanches de Moraes e Rita de Cássia Pezente Sanches de Moraes,

Aos familiares pela compreensão, em especial vovó Emilia,

À instituição UFES que tão bem acolhe,

À orientadora Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Dalcomuni,

Aos amigos,

Aos colegas de mestrado,

A todos que desejaram o sucesso deste trabalho.

RESUMO

Esta dissertação focou a análise sobre as possibilidades de adoção da Energia Solar Fotovoltaica (ESFV) na Universidade Federal do Espírito Santo.

Velhas práticas de exploração e utilização dos recursos naturais cada vez mais são mal vistas, a sociedade tem passado por mudanças estruturais e mais e mais se repensa a manutenção da vida no planeta Terra, de forma a se garantir a existência futura com a mesma qualidade que é ofertada atualmente, ou melhor. Para tanto o Desenvolvimento Sustentável tem sido foco de inúmeros debates e se faz presente nas principais agendas internacionais. Um dos grandes problemas enfrentados hoje pela sociedade é a produção de uma energia limpa, capaz de substituir com viabilidade econômica as formas poluentes de produção, a energia solar figura dentre as alternativas energéticas de grande potencialidade de expansão.

Este trabalho foca na utilização da energia solar como substituta ou auxiliar das formas atuais. Na ESFV a microgeração de energia tem o potencial de suprir menores demandas diminuindo a demanda energética das formas tradicionais de produção de energia. Embora no Brasil a grande maioria da energia elétrica seja “limpa”, produzida por hidrelétricas. Este tipo de geração encontra-se esgotado no sul e sudeste do país, por inexistências de recursos hídricos necessários, está disponível atualmente apenas na região Amazônica, região que por sua complexidade e importância ecológica enfrenta a resistência dos ambientalistas contra investimentos deste tipo.

O trabalho provê detalhamentos técnicos da Energia Solar Fotovoltaica, num contexto de debate sobre a sustentabilidade, informações sobre a Universidade Federal do Espírito Santo e seu consumo de energia elétrica e por fim apresenta proposições para a melhoria da eficiência energética na instituição e o uso da energia solar.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento sustentável, Inovações tecnológicas, Energia solar fotovoltaica, UFES.

ABSTRACT

This thesis focused on the analysis of the adoption possibilities of Photovoltaic Solar Energy (ESFV) at the Federal University of Espirito Santo.

Old practices of exploitation and use of natural resources are increasingly frowned upon, society has undergone structural changes and more and more it rethinks the maintenance of life on planet Earth, in order to ensure the future existence with the same quality it is currently offered, or better. Therefore Sustainable Development has been the focus of numerous debates and is present in major international agendas. One of the major problems faced by society today is the production of clean energy, able to replace with economic viability the production polluting forms, solar energy figures among the alternative energy sources of great potential for expansion.

This work focuses on the use of solar energy as a substitute or auxiliary to the present forms. At Photovoltaic energy microgeneration has the potential to meet lower demand reducing the energy demand of traditional forms of energy production. Although in Brazil the vast majority of electricity is "clean", produced by hydropower. This type of generation is exhausted in the south and southeast of the country because of the absence of necessary water resources, it is currently available only in the Amazon region, a region that because of its complexity and ecological importance is facing resistance from environmentalists against such investments.

The work provides technical details of Photovoltaic Solar Energy in the context of debate on sustainability, information about the Federal University of Espirito Santo and its consumption of electricity and finally it presents proposals for improving energy efficiency in the institution and the use of solar energy.

Keywords: Sustainable development, Technological innovation, Solar photovoltaic energy, UFES.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Detalhamento para investimento mundial proposto para os dez setores fundamentais para a “economia verde”	34
Quadro 2 – Capacidade instalada de fontes alternativas no mundo – 10 maiores em 2011 (GW)	41
Quadro 3 – Capacidade instalada de geração elétrica no mundo	59
Quadro 4 – Consumo de energia elétrica no mundo - 10 Maiores (TWh)	61
Quadro 5 – Geração por fontes alternativas no mundo - 10 Maiores (TWh)	62
Quadro 6 – Emissões de GEE no mundo - 10 Maiores	63
Quadro 7 – Mecanismos institucionais FV	68
Quadro 8 – Mecanismos institucionais por país	71
Quadro 9 - Consumo (kWh) campus Goiabeiras	78
Quadro 10 - Consumo (R\$) campus Goiabeiras	78
Quadro 11 - Faturado (R\$) campus Goiabeiras	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eficiência final	29
Figura 2 - Economia como subsistema, à esquerda “mundo vazio” e à direita “mundo cheio”	30
Figura 3 – Variação da capacidade instalada no Brasil	46
Figura 4 – Célula de Silício Monocristalino	52
Figura 5 – Célula de Silício Policristalino	53
Figura 6 – Célula de Silício Amorfo	54
Figura 7 – Célula de Filmes finos	55
Figura 8 – Vantagens e desvantagens	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Geração elétrica mundial por fonte (%)	56
Gráfico 2 – Geração elétrica por fonte no Brasil (%).....	57
Gráfico 3 – Geração elétrica no mundo - 10 Maiores (%)	60
Gráfico 4 – Evolução Global da ESVF 2000-2014	66
Gráfico 5 – Projeção FV para 2019	67

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional De Energia Elétrica
BTUh	British thermal unit per hour
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
DASOL	Departamento Nacional de Aquecimento Solar
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FRE	Fontes Renováveis de Energia
FV	Fotovoltaica
GEE	Gases de Efeito Estufa
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	International Energy Agency
LABSOLAR	Laboratório de Energia Solar
LEPTEN	Laboratório de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia
MW	Megawatt
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PV	Photovoltaic
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UNEP	United Nations Environment Programme
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
Wp	Watt-pico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Apresentação Do Problema.....	13
1.2 Justificativa e relevância do trabalho.....	14
1.3 Objetivos.....	14
1.4 Estrutura Do Trabalho.....	15
2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ABORDAGEM TEÓRICO CONCEITUAL	16
2.1 Períodos da consciência ambiental.....	16
2.2 Evolução do conceito de desenvolvimento sustentável.....	18
2.3 Ecologização da economia.....	23
2.4 Economia verde e e de baixa emissão de Carbono	31
2.5 Energia e Desenvolvimento Sustentável.....	39
3. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: ASPECTOS TÉCNICOS, INSTITUCIONAIS E POSSIBILIDADE DE USO NA UFES	50
3.1 Sequência evolutiva das técnicas de produção da energia solar	50
3.1.1 Evolução	51
3.1.2 Tecnologias Disponíveis	52
3.1.3 Cenário de energia	55
3.1.4 A energia solar no mundo	63
3.2 Ameaças e oportunidades para energia fotovoltaica no Brasil: Condições técnicas, institucionais e econômicas	67
3.3 Universidade Federal do Espírito Santo – histórico, consumo de eletricidade e exemplos de outras instituições e reflexões para a adoção da energia solar na UFES.....	72
4. PLANO DE INTERVENÇÃO	81
5. REFERÊNCIAS CITADAS	85

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Historicamente a matriz energética mundial é altamente baseada nos combustíveis fósseis, que por um lado oferecem alto coeficiente energético, por outro lado alta capacidade poluidora de dissipar gases tóxicos que o planeta levou milhões de anos para agregar nessas estruturas denominadas de combustíveis. Problemas ambientais ligados à poluição têm sido percebidos ao redor do mundo, transformando paisagens e piorando a qualidade de vida de milhões de pessoas. O aumento da demanda energética somado ao fator de poluição tem despertado o interesse de pesquisadores ao redor do mundo para desenvolver sistemas de geração de energia não poluidores.

As fontes renováveis, ora chamadas de limpas ora de sustentáveis, possuem a vantagem de prover uma geração energética de baixos impactos ambientais. Esta não é mais apenas uma preocupação de ambientalistas de determinados grupos de pesquisa, atualmente é uma discussão internacional com agenda nas principais conferências internacionais. Dentre tais fontes a Energia Solar Fotovoltaica – ESFV demonstra grande potencial de geração energética de forma limpa, descentralizada e contínua. Outro aspecto a ser notado é a capacidade de produzir energia elétrica para atender à demanda local, aumentando a capacidade da rede de distribuição e reduzindo os “picos” de carga.

A Energia Solar Fotovoltaica, tema desta dissertação, tem o potencial de transformar empresas altamente consumidoras de energia elétrica em produtoras de energia elétrica. Em um primeiro contato parece algo extremamente revolucionário, caro, intangível, incabível para países em desenvolvimento ou até mesmo considerado um sonho distante da realidade, porém olhando um pouco mais de perto, percebe-se que na verdade já é um investimento palpável e em alguns casos, até se levanta a questão do porque ainda não esta sendo utilizado amplamente, visto a vantagem eminente proporcionada por esta tecnologia.

O atual quadro energético nacional não é muito favorável. Corriqueiramente surge a utilização por parte do governo de ligar termoeletricas alternando a “bandeira” na conta de luz dos brasileiros, assim aumentando o preço pago no fim do mês. Conforme o Plano Nacional de Energia - PNE 2030 (ANNEE, 2008), a demanda energética em 2030 deverá estar entre 950 e 1.250 TWh/ano, exigindo um aumento expressivo na oferta de energia elétrica no Brasil. Mesmo que havendo no futuro prioridade à construções de hidrelétricas, a instalação de novas usinas com capacidade de gerar 120 mil MW poderá não ser suficiente para as necessidades de energia. Então, necessita-se de fontes renováveis de energia limpa para auxiliar no atendimento desta demanda no Brasil.

Outros países, como Estados Unidos, China, Alemanha, Espanha, França, etc. têm investido cada vez mais na ESFV, esses investimentos proporcionam uma contribuição direta ao sistema energético do país. A China participa com 18,8% de toda capacidade instalada mundial de produção de energia de forma sustentável. Apesar de sua fama de país mais poluidor do mundo, ela aumentou em 102,3% sua matriz energética limpa de 2010 para 2011. Estima-se que em 2017 a China lance seu mercado interno de carbono que impõe limites sobre as emissões de carbono e abre mercados para que as empresas comprem e vendam o direito de produzir emissões.

Não muito atrás, os EUA detém 16,4%, seguido da Alemanha com 15,6%. O Brasil aparece em sétimo com 3,2%. Estes dados são 2011, acredita-se que o Brasil tenha subido neste *ranking* após investimentos mais recentes.

1.1 Apresentação Do Problema

É viável a implementação de um sistema de produção de energia solar Fotovoltaica na Universidade Federal do Espírito Santo? Em caso afirmativo, quais são as formas mais adequadas de fazê-la?

1.2 Justificativa e relevância do trabalho

O contexto global de busca da promoção da sustentabilidade tem também inserido os órgãos públicos. A eficiência no uso da energia e as energias renováveis são temas cadentes nesta agenda. Nesse sentido, o objeto desta dissertação é a análise da possibilidade de adoção da energia solar fotovoltaica na UFES, o qual mostra-se atual e relevante. Objetiva-se, neste trabalho, contribuir para a promoção da sustentabilidade na Universidade.

1.3 Objetivos

Objetivo Geral

Realizar um estudo técnico-econômico sobre a possibilidade de utilização de Energia Solar Fotovoltaica na Universidade Federal do Espírito Santo.

Objetivos específicos

1. Sistematizar sobre desenvolvimento sustentável, inovação tecnológica e energia solar fotovoltaica.
2. Sistematizar a discussão das fontes de energia limpa.
3. Examinar as questões críticas ao meio ambiente consoante à produção energética.
4. Sistematizar informações sobre uso/custo de energia na UFES – Campus Goiabeiras.
5. Identificar iniciativas de uso de energia solar fotovoltaica em Universidades Federais brasileiras.
6. Discutir opções para a adoção de ESFV na UFES.
7. Propor um plano de intervenção para a adoção de energia solar fotovoltaica na UFES.

1.4 Estrutura Do Trabalho

A dissertação está estruturada em três capítulos e um plano de intervenção.

O Capítulo 1 destina-se a introduzir o tema, apresentar problema de pesquisa, justificativa e os objetivos propostos.

No Capítulo 2 encontra-se o levantamento bibliográfico sobre o desenvolvimento sustentável. Dentro dele destacam-se a consciência ambiental, o desenvolvimento sustentável, a ecologização da economia, a economia verde e a discussão energética.

O Capítulo 3 apresenta os aspectos técnicos, institucionais e a possibilidade de adoção do uso da energia solar fotovoltaica na UFES. Ainda não trás o plano de intervenção, mas contém informações relevantes para a adoção da ESFV na UFES.

O “Plano de Intervenção” finaliza o trabalho com algumas sugestões relevantes para a universidade, no que tange à gestão energética da UFES e a adoção da energia solar fotovoltaica na instituição.

Capítulo 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ABORDAGEM TEÓRICO CONCEITUAL

A sustentabilidade do desenvolvimento é tema de crescente interesse público e privado nas últimas décadas, debate no qual a geração e o uso de energia sempre desempenharam papel crucial. No presente capítulo apresentamos uma cronologia deste debate, apresentando a importância dada a ele na produção mundial de trabalhos acadêmicos; a evolução do termo desenvolvimento sustentável no tempo, abordando sua criação e a “roupagem” que foi tomada com o passar dos anos; o processo de “ecologização” da economia; a economia verde e de baixa emissão de carbono; finalizando o capítulo com um breve debate das formas de se extrair energia de maneira sustentável na atualidade. Em linhas gerais, este capítulo sinaliza a “pegada ambientalista” que este trabalho se propõe a debater, apontando a importância da conscientização da relação economia x planeta. Este percurso trilhado pela sociedade saindo de uma “economia marrom” baseada no extrativismo ainda está em crescimento e não acaba aqui, provavelmente em alguns poucos anos este debate estará obsoleto e novas formas de extração de energia muito mais eficazes e menos poluidoras estarão no *core* das pesquisas buscando reduzir custos e flexibilizar a utilização destes.

2.1 Períodos da consciência ambiental

A partir da década de 1960, houve um incremento nas discussões econômicas, políticas e sociais somando aos debates a energia, os recursos naturais e o meio ambiente. Neste trabalho será utilizada a abordagem de Dalcomuni (1997) para construção dos argumentos aqui apresentados, visto o grau de congruência e convergência com o enfoque adotado nesta dissertação.

Para Dalcomuni (1997, p. 18; 2006, p. 49-56), houve quatro períodos de conscientização ambiental distintos, oscilando entre si com períodos de “vales e cumes” de conscientização ambiental nas discussões globais. Estes quatro

momentos são anos anteriores à década de 1960; da década de 1960 até início dos anos 1970; do início dos anos 1970 até meados dos anos 1980; e desde meados dos anos 1980 até meados de 1990.

No período anterior a 1960, caracteriza-se a atenção das ciências econômicas às questões concernentes ao crescimento econômico, De forma que as preocupações com questões ambientais eram mínimas ou inexistentes. Dalcomuni (1997, p. 18) alerta que durante a década de 1950, esse crescimento foi conduzido por uma rápida expansão industrial sem enfrentar preocupações ou pressões significativas do seu impacto sobre o meio ambiente. No segundo período analisado, entre 1960 e início de 1970, começa-se a observar uma atenção para questões ambientais, neste período surge a publicação do relatório “Limites ao Crescimento”.

A década de 1970 foi marcada pela crise do petróleo e assim mudou os rumos das discussões mundiais, que então partiram para geração de emprego e renda uma vez que a diminuição do crescimento econômico desestabilizou muitas economias no mundo. Com isso a conscientização ambiental foi passada ao segundo plano e teve um recomeço forte em meados dos anos 80, quando superados os problemas advindos dos choques do petróleo e reestabilização do crescimento econômico.

O acelerado crescimento econômico e industrial ocorrido nos anos anteriores à década de 1960 gerou um sentimento de sensibilidade da sociedade concernente aos efeitos negativos que a industrialização acelerada causara ao meio ambiente. Neste contexto foi percebido uma demanda social por regulação ambiental das operações industriais. Nos Estados Unidos, níveis elevados de atividades reguladoras por parte do Governo foram colocados em prática, de acordo com ROTHWELL (1992) apud DALCOMUNI (1997).

Dalcomuni (1997) dividiu a literatura da época em três grupos principais descritos a seguir:

- a) Um primeiro grupo de publicações de ambientalistas defensores da tese de crescimento zero, para eles o crescimento econômico seria causador da degradação ambiental, de forma que zerando o crescimento, provendo o “não crescimento”, o ambiente natural seria preservado. (JACOBS, 1991, apud DALCOMUNI, 1997).

- b) Um segundo grupo de publicações versa a respeito das influências da regulação sobre as empresas, dominadas publicações de firmas de consultoria, nesta vertente a ideia principal era um fundamento para a desregulação, indicando a influência negativa da regulação sobre a inovação das empresas. Houve foco especial na indústria farmacêutica e na indústria química uma série de dados foram apresentados sobre os efeitos nocivos da regulação sobre as atividades de inovação por parte das empresas.

- c) O terceiro grupo preocupou-se com o meio ambiente de forma a tratar o resultado do movimento ambientalista do fim dos anos 1960 e início dos anos 1970, uma análise mais sistemática dos problemas ambientais foi feita iniciando o domínio da economia ambiental ou verde (MARKANDYA, s.d., apud DALCOMUNI, 1997).

Apesar da importância dos três grupos para trilhar o caminho que foi feito até os dias atuais, este trabalho limita-se a averiguar melhor o processo da “ecologização” da economia, visto que trata de maneira mais abrangente e sistemática a controversa relação entre a economia e o meio ambiente. A economia ecológica dá uma ênfase maior ao planeta como progenitor da vida e tudo que faz parte dela e encaixa a economia como subsistema do meio ambiente, invertendo uma lógica que menosprezava as questões ambientais inserindo-as no sistema da economia.

2.2 Evolução do conceito de desenvolvimento sustentável

A partir da publicação do relatório “Limites ao Crescimento” em 1972 é que se entende como marco inicial rumo a um ideal de desenvolvimento sustentável. O referido relatório foi contratado por um grupo de debatedores do Clube de Roma que se reuniam para debater a respeito de política, economia internacional e meio ambiente, para tanto contrataram cientistas do Massachusetts Institute of Technology, que por sua vez, utilizando de sofisticados modelos quantitativos comprovaram os limites do progresso econômico americano, devido à pressão sobre

os recursos naturais e energéticos, mesmo considerando os avanços tecnológicos (MEADOWS, 1972 apud DALCOMUNI, 1997, p.18).

“Limites ao Crescimento” cristalizava as principais ideias presentes no debate a respeito do desenvolvimento daquele momento. Segundo o relatório o principal problema encarado como limitador econômico seria o esgotamento dos recursos não-renováveis, notavelmente os metais e combustíveis fósseis. A escassez de matéria-prima e a poluição levariam ao colapso do sistema inteiro em cinquenta anos, isso se fosse replicado para o globo o mesmo modelo e ritmo do desenvolvimento econômico ocorrido nos Estados Unidos nos cinquenta anos anteriores. (WARHURST, 1993; apud DALCOMUNI, 1997, p.18).

Notoriamente este relatório também teve a importante contribuição de evidenciar o descaso dos modelos econômicos com a questão ambiental, com isso adentrou esta temática ao círculo de debate dos economistas. Robert Solow acrescentou à tradicional função de produção - $Y = f(L, K)$ - a variável mudança tecnológica (A), assim formulando $Y = f(L, K, A)$. Contudo a natureza continuou excluída da função, até que Binswanger reformulou a proposta integrando-a de modo que a riqueza social passou a ser a soma do produto nacional e da qualidade do meio ambiente. A reformulação da função passa a ser entendida a partir da combinação entre capital, trabalho, natureza e mudança técnica, sendo expressa como $g(Y, E) = f(L, K, N, A)$ (DALCOMUNI, 2005, p. 57).

Com a grande repercussão deste relatório, ainda em 1972, foi suscitada a realização da conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, Conferência de Estocolmo, que reuniu chefes de 113 países sendo o primeiro grande encontro para se discutir problemas ambientais. Desde então uma série de eventos pertinentes foram criados colocando a sustentabilidade ambiental no centro dos debates das negociações globais.

Com o crescente interesse e desenvolvimento dos debates internacionais, em meados dos anos 1980, que até então não havia uma definição propriamente dita do que seria um desenvolvimento sustentável, o conceito finalmente apareceu a partir da publicação do Relatório de Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, e publicado sob o título “Nosso Futuro Comum”, no ano de 1987 (DALCOMUNI, 1997, p. 20). Então, a partir deste momento,

desenvolvimento sustentável é um conceito amplo para o progresso econômico e social, e definido como “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”¹⁴ (WCED, 1987).

De acordo com DALCOMUNI (2005), Esta definição exigia a incorporação da dimensão meio ambiente natural no desenvolvimento econômico, passando a formar três pilares básicos, quais sejam suas dimensões econômica, social e ambiental. O relatório suscitou muito mais críticas do que aceitações por transmitir uma ideia vaga e ambígua, deixando dúvidas sobre se exerceria a influência necessária nos valores e ações da sociedade.

Continuamente este debate foi tomando fôlego e em 1990 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, convocada pela Assembléia Geral das Nações Unidas, conhecida como Cúpula da Terra, conferência do RIO ou RIO-92. Lá foram discutidas e propostas políticas essenciais para alcançar um modelo básico de desenvolvimento sustentável, reconhecendo os limites do desenvolvimento econômico. Verificou-se como inexpressivos os avanços de implementação dos compromissos assumidos desde a Conferência de Estocolmo, visto que os esforços para se operacionalizar praticas baseadas no conceito proposto nas tomadas de decisão foram insuficientes.

Em um primeiro momento houve um certo desconforto com o termo “desenvolvimento” substituindo “crescimento”, a ideia do desenvolvimento questiona a aceitação do Produto Nacional Bruto (PNB) para medir o bem-estar social das nações, indicando limitações ao seu uso. O desenvolvimento amplia o rol de questões levando em consideração o aumento da renda real per capita; as melhorias na saúde e estado nutricional; o grau de escolaridade; o acesso a recursos; o aumento das liberdades fundamentais e uma equilibrada distribuição de renda (Feitosa, 2010, p. 37).

Com o suscitar de novas considerações e questionamentos, percebe-se que o PIB ou o PNB não são capazes de absorver indicadores sociais tais como redução da pobreza, melhor acesso a saúde pública, acesso a educação e cultura e prover a diminuição da concentração de renda.

Considerando que os citados indicadores são seriam capazes de absorver as necessidades de se mensurar e equiparar essas questões sociais, em 1990 a ONU sugeriu a criação de um novo índice que abarcasse questões de humanidade e econômicas, assim surge o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, que integraliza médias aritméticas de indicadores de saúde, educação e economia. Dalcomuni e Lube (2013) qualificaram o índice como obsoleto já no nascimento. Para os autores, é lógico que trouxe um importante avanço, porém não abordar questões ambientais o tornou incompleto e tendencioso, haja vista a precariedade dos indicadores de educação e saúde. Outro quesito é o fato de por ser uma média aritmética, um dos indicadores elevados esconderia distorções. Um exemplo disso seria que um PIB “per capita” muito elevado esconderia descaso com a miséria em um país com baixo nível de distribuição de renda.

Dalcomuni e Lube (2013) apontam a dificuldade de se construir mecanismos de mensuração da sustentabilidade que sejam legitimados em todo o mundo, existe uma dificuldade de integração dos fatores biofísicos, psicológicos, econômicos e socioculturais. O PIB como indicador de desempenho econômico e “social” é preocupante porque em sua concepção, o PIB mede a adição de bens e serviços na economia sem haver preocupação dos benefícios que isto pode causar na sociedade ou a efetivação da distribuição desse crescimento para todos, sendo utilizado para medir o crescimento econômico e não o bem estar ou a qualidade de vida. O Portal G1 define o PIB como um índice a medir a atividade econômica e o nível de riqueza de uma região, alertando para a não distribuição de renda.

A preocupação com a criação de um índice fez com que o Governo Francês criasse no início de 2008, a Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress – CMEPSP, a fim de identificar os limites da utilização do PIB como indicador do desempenho econômico e progresso social.

Para a criação da comissão, o Governo Frances convidou dois premiados em Nobel de economia, Joseph Stiglitz e Amartya Sen, coordenados por Jean-Paul Fitoussi, apelidada de “Comissão Stiglitz-Sen-Fitoussi” a comissão contava ainda com 22 especialistas de várias áreas, inclusive economia das mudanças climáticas (FEITOSA, 2010, p. 39).

A comissão foi dividida em 3 grupos de trabalho: questões clássicas do PIB; Qualidade de vida; sustentabilidade. Em junho de 2009, a Comissão apresentou a primeira versão de seu relatório de trabalho, disponível no “site” oficial, igualmente dividida em três partes e que não tem a pretensão de desenvolver um novo indicador.

A respeito das questões clássicas do PIB, foram sugeridos cinco ações: usar outros indicadores além do PIB nas contas nacionais; verificar o desempenho de setores básicos como saúde e educação; considerar atividades domésticas e levar em conta o padrão de vida das pessoas; acrescentar informações sobre distribuição de riqueza e renda e incluir atividades fora do mercado.¹

O relatório propôs ainda que a avaliação líquida das atividades econômicas seria mais interessante que a bruta, assim, extrações de recursos naturais, impactos ambientais gerados pela produção ou utilização de estoques seriam levadas em conta. A utilização da renda nacional seria mais propícia do que o produto interno, de forma que haveria uma inversão da lógica, alguns gastos prestados pelo governo como: saúde, educação, segurança, transporte, habitação e atividades desportivas, por exemplo, devem ser avaliados como investimentos e não como gastos. Outro apontamento foi a contabilização do serviço doméstico, apesar de não apresentada uma nova metodologia para isto. Dentre outros apontamentos, considerou a utilização da mediana à complementar a média nacional quanto a renda dos cidadãos, diferenciando os que pagam aluguel dos que possuem moradia própria.

Quanto ao grupo de trabalho sobre qualidade de vida, foram listados oito critérios: saúde; educação; condições de trabalho e vida (entre elas, lazer, deslocamento, atividades domésticas e condições de moradia); influência política e governança; conexões sociais (convívio); condições ambientais; insegurança pessoal (criminalidade, acidentes, desastres naturais); e insegurança econômica (desemprego, seguro-saúde, aposentadoria, pensões).

O terceiro capítulo do relatório trata da sustentabilidade. Nele, são discutidos os indicadores de poupança genuína e as pegadas ecológicas, que medem a pressão

¹ Mais informações pertinentes à comissão podem ser conferidas no site: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/comissao-stiglitz-sen-fitoussi-pib-489751.shtml>.

sofrida pelos recursos naturais por meio de consumo, degradação e falta de investimentos.

Para Feitosa (2010) A contribuição de toda a análise elaborada até aqui, especialmente os aportes da CMEPSP para o trabalho como um todo, caminha no sentido de admitir que apenas substituir a forma do recurso energético usado no desenvolvimento, não é a solução para se alcançar um modelo de desenvolvimento ambientalmente sustentável. O autor complementa que antes de indicadores operacionais mais precisos para monitorar o progresso social, é preciso definir quais são as condições mínimas de qualidade de vida requerida para o bem estar da sociedade, não apenas sendo resumida pela quantificação de sua capacidade de consumir bens e serviços.

O amadurecimento do que se pode chamar de desenvolvimento sustentável acarretou uma série de mudanças na forma de se trabalhar a questão economia x desenvolvimento, resultando um processo demorado que fora abordado e debatido em muitos trabalhos acadêmicos, estes debates conduziram ao que se pode chamar de “Ecologização da economia” que será melhor abordado a seguir.

2.3 Ecologização da economia

A “ecologização” da economia, em termos teórico-metodológicos, é um processo impulsionado por vários trabalhos em que se aborda o meio ambiente revestido de um caráter científico em pesquisas no meio acadêmico, acerca da interação do desenvolvimento econômico e meio ambiente. O avançar teórico-conceitual da temática do desenvolvimento sustentável tem progressivamente alimentado uma corrente de entendimento que entrelaça tais questões ao processo denominado de ecologização da economia.

Esta transição teve alguns autores que se destacaram, como por exemplo, Kennedy Boulding (1910-1993), Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994), e Herman Daly (1938–). Suas principais publicações foram “economics of coming spaceship earth”, “entropy law and the economic process” e “steady state” respectivamente (FEITOSA, 2010).

Kenneth Boulding, Inglês radicado nos Estados Unidos, contribuiu por intermédio de seus trabalhos para a criação de uma teoria geral dos sistemas, colocando a natureza como pilar sustentador. Em “The Economics of Coming Spaceship Earth” (1966), Boulding fez uma analogia da forma como o ser humano até então planejava o uso dos meios naturais para o próprio sustento e crescimento. Boulding percebeu que hábitos nômades de uso de recursos naturais eram apregoados e que conforme os recursos iriam se esgotando, o homem migrava para outras regiões deixando o rastro de destruição e abandono onde passava, esperando que a natureza desse conta do que acontecera ali, tanto para degradação ambiental quanto para degeneração social causada. Porém o autor apontou o caráter sistemático fechado do planeta, redondo, que é limitado e tem capacidade limitada de regeneração em escala humana de existência na Terra. À respeito do limite planetário o autor destaca:

Economists in particular, for the most part, have failed to come to grips with the ultimate consequences of the transition from the open to the closed earth. One hesitates to use the terms "open" and "closed" in this connection, as they have been used with so many different shades of meaning. Nevertheless, it is hard to find equivalents (BOULDING, 1966, p. 3).

Boulding comparou as duas formas de economia exemplificando a economia aberta como a “economia do *cowboy*” e a economia fechada como a “economia do astronauta” desta forma, o *cowboy* era expansivo, descobridor, agressivo e imprudente frente ao astronauta que vive em um ambiente limitado onde tudo deve ser reaproveitado e prima-se pelo desperdício zero. Uma economia baseada na ideia do “*cowboy*” pressupõe foco na produção e no consumo enquanto na economia do astronauta, por ser limitada foca uso racional e reaproveitamento gerando a continuidade do processo. Boulding aprofundou sua análise projetando quadros para o futuro. Para o autor, a economia, no futuro, deverá ser vista como um sistema cíclico, auto alimentado, aberto energeticamente. Para tanto o aproveitamento da energia solar será imprescindível, esta detém características renováveis de baixo impacto ambiental que potencializa a substituição das fontes convencionais que geram esgotamento. O autor ressalta o fator tecnológico como

aliado, visto que conforme a tecnologia avança, cada vez mais esse tipo de fonte de produção de energia vai se tornando mais vantajosa.

“From the point of view of the energy system, the econosphere involves inputs of available energy in the form, say, of water power, fossil fuels, or sunlight, which are necessary in order to create the material throughput and to move matter from the noneconomic set into the economic set or even out of it again; and energy itself is given off by the system in a less available form, mostly in the form of heat.

These inputs of available energy must come either from the sun (the energy supplied by other stars being assumed to be negligible) or it may come from the earth itself, either through its internal heat or through its energy of rotation or other motions, which generate, for instance, the energy of the tides. Agriculture, a few solar machines, and water power use the current available energy income. In advanced societies this is supplemented very extensively by the use of fossil fuels, which represent as it were a capital stock of stored-up sunshine.

Because of this capital stock of energy, we have been able to maintain an energy input into the system, particularly over the last two centuries, much larger than we would have been able to do with existing techniques if we had had to rely on the current input of available energy from the sun or the earth itself. This supplementary input, however, is by its very nature exhaustible” (BOULDING, 1966, p 3-4).”

Além disso Boulding (1966) fez uso das Leis da Termodinâmica em sua constatação, concluiu que todo o consumo gera a mesma quantidade de resíduos, porém em formas diferentes. De acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, Lei da conservação, a energia não pode ser criada nem destruída. A Segunda Lei da Termodinâmica, a energia não pode ser criada nem destruída, ela se transforma e uma vez dissipada, não pode ser inteiramente recuperada na sua forma original.

Veiga (2009) esclarece esse acontecimento na economia como um sistema aberto, assim há entrada de energia e saída de resíduos, em que se alimenta de matérias de baixa entropia e gera resíduos de alta entropia.

Nicholas Georgescu-Roegen, Romeno radicado nos Estados Unidos, publicou em 1966 uma coletânea de artigos científicos sobre a teoria do consumidor, “Analytical Economics”, em que demonstra que a abordagem tradicional da produção viola as leis da termodinâmica. (FEITOSA, 2010)

Poucos anos mais tarde, em 1971, o autor publicou a obra “The Entropy Law and the Economic Process”, relacionando as ciências físicas e econômicas, associando a termodinâmica ao processo econômico. O autor introduziu a ideia da irreversibilidade e dos limites na teoria econômica resultando da Lei da Entropia, contrapondo a teoria econômica tradicional baseada na Primeira Lei da Termodinâmica sobre a transformação da matéria (GEORGESCU-ROEGEN, 1999).

Desta forma, Georgescu-Roegen contestou o modelo neoclássico de análise econômica, que, até então, resumia o meio ambiente como uma alocação intertemporal de recursos entre consumo e investimento por meio de agentes econômicos dotados de racionalidade substantiva e que objetivam maximizar sua utilidade. Considerando-se os pressupostos do modelo convencional, os recursos ambientais não representam limite absoluto à expansão da economia no longo prazo.

As contradições apresentadas ensejaram uma série de questionamentos que a teoria neoclássica se propôs a responder, havendo assim dois argumentos principais. O primeiro argumento afirma que os recursos ambientais não se tornariam limites efetivos absolutos ao funcionamento do sistema econômico, de forma que a escassez crescente induziria inovações tecnológicas capazes de superar tais restrições. O segundo argumento defende que os danos ambientais deveriam ser considerados custos sociais efetivamente percebidos na forma de externalidades que deveriam ser internalizados no cálculo econômico do agente gerador do dano. Assim a teoria neoclássica reinventou a lógica da pauta da agenda ambiental, ao afirmar que não são os critérios científico-ambientais que regulam e determinam a atividade econômica, mas os critérios econômicos que devem orientar

a utilização dos recursos ambientais, através da valoração ambiental. (FEITOSA, 2010).

Considerando a natureza como único fator limitador do progresso econômico e o planeta como um sistema fechado e finito, Georgescu-Roegen concluiu que existe um limite, pois para crescimento constante ou mesmo a manter o tamanho, seria necessário que todos os minérios fossem recursos totalmente renováveis, na prática esta reciclagem total ainda não é possível. (GEORGESCU-ROEGEN, 1999).

Contudo o autor distingue duas fontes de baixa entropia acessíveis ao homem, levando em conta a hipótese do ciclo fechado, considera então o estoque de matéria e energia dos depósitos minerais terrestres e o fluxo de radiação solar. Ponderando que os estoques terrestres de energia são finitos, o uso da energia solar como força motriz se faz necessário e latente. Georgescu-Roegen (1975) sintetizou algumas considerações a respeito da energia solar, dentre elas:

- a) A energia solar é fluxo e não um estoque, sendo que sua intensidade está totalmente fora do nosso controle;
- b) Enquanto o uso atual dos estoques terrestres de energia compromete a sua igual utilização pelas gerações futuras, no caso da energia solar as gerações futuras ainda terão sua parte inalienável de utilização;
- c) Existe uma diferença astronômica entre o montante do fluxo de energia solar e o tamanho do estoque de energia livre terrestre, e o fato adicional de que o sol continuará a brilhar com praticamente a mesma intensidade por outros cinco bilhões de anos;
- d) Do ponto de vista da utilização industrial, a energia solar tem uma imensa desvantagem em comparação com a energia de origem terrestre. Esta última está disponível em uma forma concentrada, que nos permite obter quase instantaneamente uma enorme quantidade de trabalho. Em contraste, o fluxo de energia solar chega até nós com uma intensidade muito baixa, como uma chuva muito fina, quase uma névoa microscópica;
- e) A energia solar tem uma vantagem única e incomensurável, enquanto o uso de qualquer energia terrestre produz alguma poluição nociva, a utilização da energia solar é livre de poluição, visto que, se esta energia é utilizada ou não, o seu destino final é o mesmo, ou seja, tornar-se o calor dissipado que

mantém o equilíbrio termodinâmico entre o planeta e o espaço, a uma temperatura propícia.

- f) O fato elementar de o que a sobrevivência de cada espécie na Terra depende, direta ou indiretamente da radiação solar. Neste contexto só o homem também depende dos recursos minerais, que para sua utilização concorre como nenhuma outra espécie, colocando em risco outras muitas formas de vida, inclusive a própria.

Georgescu-Roegen concluiu que a entropia dos processos é um fenômeno inflexível, visto que o crescimento econômico corrói sua base física, não podendo se manter de forma sustentável, o máximo que se pode fazer é retardar esse colapso racionalizando o emprego dos recursos naturais. Portanto, o processo econômico será necessariamente declinante a partir de determinado momento, por mais remoto que possa estar o início desta tendência.

Complementarmente Herman Daly, um de seus alunos, resgata a ideia de John Stuart Mill de “stationary state”, em que capital e trabalho tenderiam a parar de crescer e se manteriam constantes. Este resgate foi causador de grande alvoroço, pois economistas neoclássicos redefiniram o termo entendendo que a tecnologia e as preferências são constantes, e que o capital e a população poderiam continuar crescendo. (FEITOSA, 2010).

A fim de dirimir desentendimentos, Daly adotou o termo “steady state” para o autor, “steady state” é o estado em que a quantidade de recursos da natureza utilizada seria suficiente apenas para manter constante o capital e a população, logo a utilização dos recursos primários seria destinada unicamente à melhoria qualitativa dos bens de capital.

A steady-state economy is defined by constant stocks of physical wealth (artifacts) and a constant population, each maintained at some chosen, desirable level by a low rate of throughput-i.e., by low birth rates equal to low death rates and by low physical production rates equal to low physical depreciation rates, so that longevity of people and durability of physical stocks are high (DALY, 1974, p. 15).

Se for analisado que o custo de manter os estoques tem seu início a partir do momento em que há a extração dos recursos de baixa entropia (recursos naturais) e termina com a mesma quantidade de resíduos com alta entropia (poluição), o fluxo de throughput é o custo de manter os estoques de pessoas e riquezas físicas (artefato). Como se trata de custos, estes devem ser minimizados com a adoção de um nível de estoque desejado (FEITOSA, 2010, p. 32).

Os serviços que são gerados pelas ações das riquezas físicas e das pessoas atuam para beneficiar a atividade econômica. Já o estoque de riqueza física trata-se de um fluxo acumulado de rendimento (throughput) que como visto também se trata de um custo (FEITOSA, 2010, p. 32). A equação é expressa na Figura 1.

Figura 1 – Eficiência final

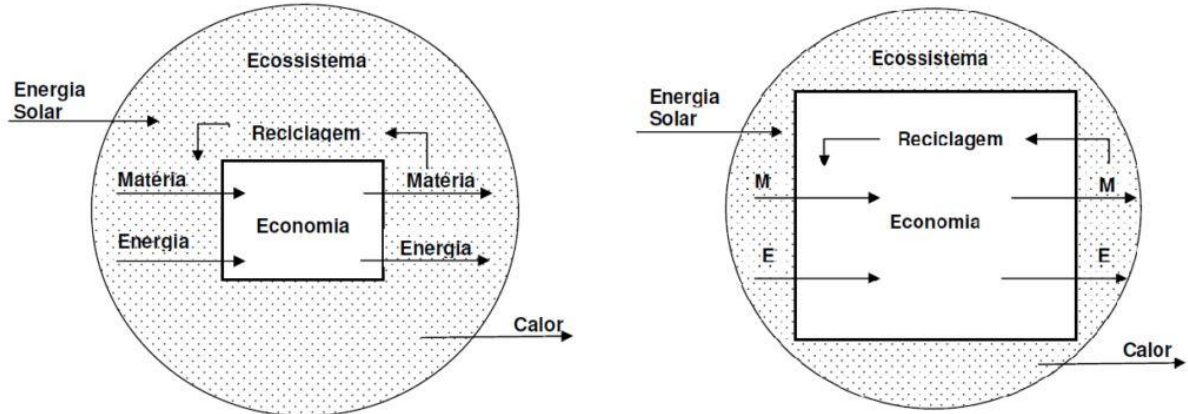
$$Eficiência\ Final = \frac{\overset{(1)}{Serviço}}{Throughput} = \frac{\overset{(2)}{Serviço}}{Estoque} \times \frac{\overset{(3)}{Estoque}}{Throughput}$$

Fonte: FEITOSA (2010).

De acordo com Daly (1974) o estado de equilíbrio pretende aumentar a eficiência final de duas maneiras, pela manutenção do estoque de rendimento “throughput” (eficiência de manutenção) ou aumentando o serviço por unidade de tempo, dado o mesmo estoque (eficiência dos serviços).

Daly definiu a economia do estado estacionário (steady-state), como a economia sendo subsistema do planeta que cresce em dimensões físicas assimilando uma quantidade cada vez maior de energia do ecossistema. Desta forma, converte-se o espaço destinado para a expansão da população em um espaço econômico. Então o sistema deve adaptar-se ao padrão de “Desenvolvimento sem crescimento” (DALY, 1993 p.813).

Figura 2 - Economia como subsistema, à esquerda “mundo vazio” e à direita “mundo cheio”.



Fonte: Daly, 1993. Apud Feitosa (2010).

Apesar de Georgescu-Roegen ter criticado Daly classificando esta interpretação como “mito da salvação ecológica”, visto que a gera uma impressão de que o fim do crescimento resultaria numa vitória sobre a entropia, manter constantes estoques de capital manufaturado e o tamanho da população enseja um elemento ignorado pela análise econômica convencional que é questão da escala (VEIGA, 2009, p. 66).

Portanto, foi inserido, assim, o conceito de escala nos mecanismos de alocação e distribuição, que são aceitos pela economia tradicional. Neste viés, uma escala sustentável garante que a capacidade de suporte se mantenha constante, desde que haja adaptações gradativas e inovações tecnológicas que garantam isso (MAY, 1996, p.56).

Partindo da análise “stricto sensu” baseada na Lei de Entropia, toda forma de crescimento tende a ser insustentável. Esta peculiaridade faz com que sustentabilidade não possa ser apenas entendida do ponto de vista físico, necessita-se incluir outras dimensões, o que exige um aprofundamento do processo de constituição deste conceito. Para tanto, Freeman e Soete (1997) Podem ajudar ao reconhecerem que alguma redução de recursos e algum dano ao meio ambiente são inevitáveis. Entretanto utilizar a reciclagem de materiais e políticas contenciosas ou compensatórias podem minimizar características insustentáveis.

Trilhando neste caminho, dois critérios devem ser satisfeitos: Inicialmente eliminar ou reduzir resíduos não recicláveis danosos ao meio ambiente; e conseqüentemente utilizar de tecnologias que sejam capazes de cada vez mais usar recursos renováveis ou que se descubram substitutos para os recursos não renováveis (FREEMAN & SOETE, 1997, p. 414).

Mesmo que o modelo capitalista e o crescimento econômico tendam a ser entendidos como insustentáveis, Cabe uma discussão acerca do desenvolvimento sustentável objetivando o entendimento das reais condições para se alcançar um desenvolvimento sustentável.

Em linhas gerais acontece uma inversão de valores, os recursos naturais que outrora completavam o sistema da Economia, passam a vigorar como o sistema maior que detém o subsistema Economia. Tais trabalhos aqui abordados implementaram uma nova roupagem acadêmica na relação com o meio ambiente, eles apresentaram argumentações e embasamentos para transformar a lógica como a economia se relaciona com o planeta.

Este processo de “Ecologização da Economia” se desenrola invertendo os valores fundamentais de como a sociedade encara a problematização da relação Meio Ambiente x Economia. “A priori” esta relação enquadrava o Meio Ambiente como parte da economia, ou seja, um subsistema dela, o referido processo reenquadrou colocando a Economia como subsistema do Meio Ambiente que entra como o grande sistema. O caminho percorrido leva ao desenvolvimento de novas abordagens, como por exemplo, a economia verde que será melhor tratada a seguir.

2.4 Economia verde e de baixa emissão de Carbono

Este debate guia em torno das definições máximas e do “*modus operandi*” das interações economia x planeta Terra. Nesse contexto inserem-se as discussões referentes ao novo conceito de economia verde e economia de baixa emissão de carbono.

Questões concernentes ao aumento da relevância ambiental como norteadora de uma compreensão de sustentabilidade do planeta ao longo de anos, foram inseridas

nas agendas de debates internacionais e se tornando intrínsecas as políticas governamentais ao redor do mundo. De um lado existem previsões nada animadoras ao planeta e a sociedade e de outro lado previsões, que tomando algumas providências, tendem a enxergar um futuro menos catastrófico e que permite a continuação da vida na Terra, vivendo com qualidade. Esta sustentabilidade visa alcançar esferas econômicas, políticas e sociais, ambientais e geográficas.

Neste contexto de sustentabilidade e previsões nasce o conceito de “economia verde”, definido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA como “aquela que resulta na melhoria do bem estar humano e da igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica” (UNEP, 2011).

Em um primeiro momento de análise pode-se imaginar que este conceito venha substituir o desenvolvimento sustentável outrora defendido, mas não é isto. A economia verde reformula reforçando o desenvolvimento sustentável, de forma que o DS passa a ter uma realização tangível via a economia verde. A UNEP (2011) alerta que a economia tem vivido momentos de uma “economia marrom” que pouco importa o esgotamento de recursos ou mesmo a marginalização social, que este “enverdamento” da economia visa atingir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, num perspectiva de longo prazo.

A “economia verde” é um esforço que não depende apenas de um setor da economia, mas sim de todos os segmentos da sociedade como governo e setor privado. De acordo com Lube e Dalcomuni (2013) a “economia verde” tem muito a agregar ao Brasil, visto que o país esta entre os piores do mundo em distribuição de renda. E a “economia verde” trabalha este viés. Em termos conceituais, entende-se o conceito de “economia verde” como um aprofundamento do pilar econômico do conceito de desenvolvimento sustentável.

Em 2008 o PNUD ou UNEP – sigla em inglês – lançou a iniciativa “economia verde” (GEI, na sigla em inglês), como o objetivo de apoiar o desenvolvimento global atentando à uma economia capaz de crescer economicamente, reduzindo a demanda sobre recursos naturais e eliminando a pobreza, e possui três estratégias:

a redução das emissões de carbono; aumento da eficiência energética e no uso de recursos e; a prevenção da perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Para Dalcomuni (2012) a “economia verde” é a economia que resulta em melhoria do bem estar humano e equidade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a demanda sobre recursos escassos do ecossistema. Assim, ela representa um novo paradigma de crescimento econômico que alcança os ecossistemas terrestres e que também contribui para a mitigação da pobreza.

Uma importante publicação do UNEP foi o relatório “Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication”. Neste documento de 2011 foram analisados aspectos macroeconômicos, as questões de sustentabilidade e a redução da pobreza.

Este relatório veio defender a “economia verde” frente à questões que foram levantadas. A “economia verde” não implicaria necessariamente redução do crescimento e do nível de emprego. Pelo contrário, o relatório defende que pode haver crescimento econômico, de forma que este crescimento esteja alicerçado na geração de empregos decentes e na erradicação da pobreza. Isto garantiria a continuidade da economia com expansão e equidade social.

Este estudo enseja que tomadores de decisão desenvolvam condições favoráveis para o aumento dos investimentos rumo à uma “economia verde”, baseada em três estratégias principais: 1) Estimular a mudança dos investimentos públicos e privados, incentivando setores críticos para a transição em direção à “economia verde”. 2) Demonstrar como a “economia verde” pode reduzir a pobreza persistente através de alguns setores como agricultura, florestas, pesca, água e energia. 3) Orientar sobre políticas que permitem essa mudança através da eliminação de subsídios perversos; identificação de falhas de mercado; estabelecimento de marcos regulatório ou; estímulos de investimentos sustentáveis.

Como exposto, este estudo buscou desmistificar a ideia de que há uma troca inevitável entre sustentabilidade ambiental e progresso econômico. De acordo com o relatório, há evidências substanciais de que o “esverdeamento” da economia não inibe a criação de riqueza ou a geração de oportunidades de emprego.

Outro mito é a crença que a “economia verde” é um luxo, realidade apenas aos países desenvolvidos. A principal mensagem destacada no documento é que um “investimento de apenas 2% do PIB global em dez setores chave podem combater a pobreza e gerar um crescimento mais verde e eficiente”. Tal investimento pode ser o início rumo à uma “economia verde” de baixo carbono e uso eficiente de recursos naturais. Esse valor corresponde a US\$ 1,3 trilhão anuais, que seria responsável por fomentar a economia global a níveis muito provavelmente superiores se comparado com os atuais modelos econômicos (UNEP, 2011).

Os dez setores chave para tornar a economia global mais verde são: agricultura, construção, pesca, silvicultura, abastecimento de energia, indústria, turismo, transporte, manejo de resíduos e água. Este relatório propõe ainda a alocação de recursos conforme Quadro 1:

Setor	Alocação de recursos
Agricultura	US\$ 108 bilhões, incluindo as pequenas explorações.
Construção	US\$ 134 bilhões, destinado a programas de eficiência energética.
Pesca	US\$ 110 bilhões, incluindo a redução da capacidade da frota mundial.
Silvicultura	US\$15 bilhões para combate as mudanças climáticas
Energia	Mais de US\$ 360 bilhões
Indústria	US\$ 75 bilhões
Turismo	US\$ 135 bilhões
Transportes	US\$ 190 bilhões
Manejo de resíduos	US\$ 110 bilhões incluindo a reciclagem
Água	US\$ 110 bilhões, incluindo saneamento básico.
Total	US\$ 1,3 trilhão

QUADRO 1 - DETALHAMENTO PARA INVESTIMENTO MUNDIAL PROPOSTO PARA OS DEZ SETORES FUNDAMENTAIS PARA A “ECONOMIA VERDE”

Fonte: Lube e Dalcomuni (2013)

Os resultados e recomendações apresentados neste relatório direcionam-se a setores específicos, apresenta as oportunidades geradas pela “economia verde”,

como por exemplo, a redução da pobreza, geração de emprego, fortalecimento da equidade social e manutenção e restauração do capital natural.

Na agricultura por exemplo, apresenta que a redução do desmatamento e o aumento no reflorestamento gerariam benefícios para as comunidades rurais, a exemplo da certificação da madeira entre outros. Uma agricultura mais verde irá assegurar alimento para a crescente população mundial, contudo sem causar prejuízos aos recursos naturais (UNEP, 2011).

Consoante à escassez de água, o relatório aborda que investimentos na melhoria do fornecimento e o uso racional poderiam mitigar a escassez, aliados com a provisão de água potável e o saneamento poderão acelerar a transição para a “economia verde”. principalmente nos países em desenvolvimento (UNEP, 2011).

Segundo estatísticas do UNEP (2011) um investimento anual da ordem de 1% do PIB global alocado em ganho de eficiência energética e expansão da utilização de fontes renováveis de energia acarretaria novos postos de trabalho e produção mais competitiva de energia, e para um investimento de 1,25% do PIB poderia reduzir a demanda por energia primária em até 9% em 2020 atingindo até 40% em 2050.

Focando o turismo, a expectativa é que economias locais sejam fortalecidas e assim contribuindo para a redução da pobreza. A pesca sofreria uma pressão inicial causada pela criação de áreas de proteção marinha, porém no longo prazo haveria retorno satisfatório. A estimativa é que retorne 3 a 5 vezes o valor investido para “esverdear”.

Para o transporte, investimentos da ordem de 0,34% do PIB global poderiam reduzir em 80% a necessidade do petróleo e elevar empregos em 6%. Considerando-se os custos sociais e ambientais, o transporte acarreta custo de 10% do PIB de um país ou região, a solução para promover um “esverdeamento” seria fomentar o uso de transportes públicos, transportes não poluentes, não motorizados, eficiência de combustíveis e desenvolvimento de veículos menos poluentes (UNEP, 2011).

Desta forma, a “economia verde” tem o potencial de promover o desenvolvimento sustentável, condicionando o crescimento com geração de emprego e renda. Os investimentos necessários são retornados no médio ou longo prazo, mantendo condições de continuidade da atividade “verde”. Os investimentos “verdes” têm

capacidade de fortalecer setores e tecnologias que serão os promotores do desenvolvimento econômico e social no futuro, tecnologias de energia limpa e renovável, construções com eficiência energética e sistemas de transporte com baixa emissão de carbono (UNEP, 2011).

Economia de baixa emissão de carbono é outra abordagem adotada para o enfoque do esverdeamento da economia focando, especialmente, emissão dos gases de Efeito Estufa.

Os Gases de Efeito Estufa – GEE - são os gases responsáveis por um fenômeno natural de aquecimento térmico do planeta, embora quase sempre que este efeito é mencionado na mídia seja relacionado ao aquecimento Global e tratado de forma negativa, o Efeito Estufa é necessário para se manter a vida na Terra em condições ideais.² Os raios solares que chegam a Terra são absorvidos mas não na totalidade, parte deles reflete nesse gases e volta ao espaço, por outro lado os gases que são absorvidos e o calor gerado no Planeta são retidos por esses mesmo gases que mantem o calor, servindo de um isolante que não deixa o Planeta esfriar. Os principais gases causadores do Efeito Estufa são: dióxido de carbono (CO₂); óxido nitroso (N₂O); metano (CH₄); cloro-fluor-carboneto (CFC).

Tais gases são oriundos, principalmente, da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento. Conforme vai aumentando este efeito ocorre um superaquecimento que provoca consequências desastrosas, como o derretimento de parte das calotas polares; mudanças climáticas; elevação do nível dos oceanos; maior incidência de fenômenos como, por exemplo furacões, tufões, ciclones; secas; extinção de espécies; destruição de ecossistemas e ondas de calor.

Em 1997, a ONU convocou vários países para assinar um tratado, o Protocolo de Kyoto, que visava uma diminuição em 5,2% das emissões dos GEE's entre 2008 a 2012 da média emitida em 1990, porem os Estados Unidos não assinou o documento.

O Brasil, que já foi quarto maior poluidor, desceu para sétimo em 2012, considerando-se a União Europeia inteira como uma entidade em terceiro lugar. No

² O Efeito Estufa e sua relação com a sobrevivência das espécies pode ser melhor compreendido como explicado aqui: <http://www.infoescola.com/geografia/efeito-estufa/>

Brasil foi criada a Lei nº 12.187, de 2009, que instituía a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC – oficializando-se assim o compromisso nacional, voluntário, de diminuir as emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Para tanto o Brasil realiza medições desde 1990, a cada cinco anos, nos setores de: uso da terra e florestas; agropecuária; processos industriais; tratamento de resíduos; energia.³ Apesar dos esforços e resultados brasileiros, no mundo os resultados não foram parecidos, com uma média anual de aumento nas emissões de GEE de 2,2% entre os anos 2000 e 2010.⁴ Nos últimos 50 anos, a concentração de CO₂ na atmosfera era cerca de 315 ppmv (parte por milhão em volume – porque se trata de ar), e houve um aumento de cerca de 16%. Esse aumento tão rápido e tão intenso nunca foi observado na história do planeta.⁵ A respeito das emissões dos GEE, Kemp (1996 apud Lube e Dalcomuni, 2013, p. 46) enumera três formas de políticas de intervenção para lidar com o efeito estufa:

- a) Opções que podem eliminar ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa;
- b) Opções em que as emissões são compensadas pela remoção de GEE da atmosfera, bloqueando a radiação solar incidente, ou então alterando a reflexão ou as propriedades de absorção da radiação solar pela superfície da Terra;
- c) Opções que podem ajudar os sistemas humanos e ecológicos a se ajustarem ou adaptarem às novas condições climáticas.

Para Lube e Dalcomuni (2013) as duas primeiras opções seriam mitigatórias e a última adaptativa. Enquanto a opção “a” tem caráter preventivo, se preocupando em diminuir o consumo de energia, deter o desmatamento e defender a utilização de combustíveis “limpos”, a opção “b” pode ser entendida como políticas de engenharia de clima ou geo-engenharia, uma vez que tenta mudar características de absorção da radiação solar.

³ Essas informações são provenientes do portal do Ministério do Meio Ambiente, disponível em: <http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/emiss%C3%B5es-de-gee>

⁴ Fatores responsáveis por estes resultados podem ser encontrados aqui: <http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/blog-do-clima/2014/04/page/2/>

⁵ Esta matéria publicada no site da USP chama atenção para pontos de reflexão <http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>

Segundo a Environmental Protection Agency – EPA, através de seu site, 25% da emissão de CO₂ por combustíveis fósseis se deram por atividades ligadas a eletricidade; 24% advindos de atividades agropecuárias; 21% causada pela indústria; 14% foram ocasionadas por atividades de transporte; 6% das emissões por residências e comércio; e 10% outros que não podem ser bem associados⁶. Ainda segundo o EPA, a emissão dos GEEs em 2014 ocorreu da seguinte forma: 76% dióxido de carbono; 16% metano; 6% óxido nitroso; 2% gases fluorados.

Os compromissos mundiais para diminuir as emissões de GEE continuam a se desenvolver, em novembro de 2015 foi realizada em Paris mais uma conferência, a COP21⁷, que resultou em um novo acordo com novas propostas de frear o aquecimento global e as emissões de GEE. Segundo o Acordo de Paris, a meta é manter o aquecimento abaixo de 2°C até 2030 e reduzir a projeção de emissão de CO₂ de 55 gigatoneladas em 2030 para 40 gigatoneladas. O texto também traz que cada país desenvolvido deve investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudanças climáticas.

Nesse mesmo andamento McKinsey (2010, apud Lube e Dalcomuni, 2013, p. 49) afirma que até 2030 existe um potencial para reduzir as emissões de GEE em 35% comparados a 1990, ou até 70% das projeções de 2030 caso nada fosse feito. Para o autor, um atraso de 10 anos tornaria o alcance da meta impossível.

O principal link que se pode formular entre a Economia Verde e Baixa Emissão de carbono com a questão energética é a produção de energia por fonte sustentáveis. No próximo capítulo será feita um levantamento das principais fontes de energia limpa. Pode-se classificar energia limpa como aquela que não libera, durante seu processo de produção ou consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global. Entretanto as fontes energéticas que emitem quantidades muito baixas destes gases ou resíduos podem também serem consideradas fontes de energia limpa. Será apresentado formas de energia limpa e discutido sobre a capacidade das mesmas de influenciar no modo de transportar o uso

⁶ Pode ser melhor compreendido acessando o site:
<https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>

⁷ O conteúdo da reunião está disponível no site das Nações Unidas disponível em:
<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>

de fontes poluidoras. Alguns países no mundo tem investido pesado em pesquisa e desenvolvimento sobre fontes alternativas e isto será tratado aqui.

2.5 Energia e Desenvolvimento Sustentável

O debate sobre energias sustentáveis se torna necessário através do atual panorama do uso de energias, em caráter global, que está paradigmado à emissão de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa no clima planetário. O cenário atual de uso energético se mostra prejudicial, no longo prazo, para a humanidade, uma vez que os sistemas naturais essenciais e que sustentam a vida humana, estão em risco por conta da alteração climática causada pelo efeito estufa.

Olhando para a atual dinâmica de utilização de energia observa-se uma alta demanda, nos países industrializados; do crescimento contínuo da população; da rápida industrialização em países em desenvolvimento; da infraestrutura energética bem estabelecida, capital-intensiva e de longo prazo; e crescente demanda por serviços e amenidades relacionados à energia em todo o mundo (FAPESP, 2010).

Surge assim a necessidade de mudança iminente dos modelos tradicionais de negócios, que estão fortemente baseados no atual panorama de uso energético e que se sustentam em infraestruturas com expectativa de vida de várias décadas, assim tornando lento o processo de mudança das perspectivas energéticas. Consideráveis esforços globais para passar a um novo cenário, tem que começar dentro dos próximos anos, para que se diminua o efeito de ajustes que tem de ser tomados, como também da gravidade de gerenciar os problemas gerados pela atual estrutura energética.

O atual “mix” mundial de fornecimento de energia é dominado pelos combustíveis fósseis (cerca de 80% da demanda), sendo grande parte do restante representado pela biomassa tradicional e energia hidrelétrica de larga escala. É notável a importância da energia proveniente de combustíveis fósseis continua considerável, mesmo com a diminuição de reservas de petróleo pelo mundo e tem a capacidade real de fornecimento de energia por muito tempo. Isso se traduz pelas inúmeras jazidas de carvão mineral que sozinhas estão aptas a fornecer vários séculos de consumo de energia nos níveis atuais. Porém, sabe-se do grande impacto que o

uso, nas mesmas proporções, dessa fonte de energia causa clima planetário (FAPESP, 2010).

Para que se mude esse quadro, são necessárias mudanças significativas do “mix” de recursos atuais, visando a maior participação de tecnologias de baixo teor de carbono e fontes de energia renovável, como pensar na utilização de combustíveis de biomassa como uma opção de substituição em relação aos combustíveis tradicionais de transporte à base de Petróleo, isso diminuiria os impactos ambientais desse tipo de combustível.

É importante o desenvolvimento de tecnologias para utilização de combustíveis de base fóssil com menor emissão de carbono, como é o caso de gás natural, que tem um papel crítico na transição para o uso de energias mais sustentáveis (FAPESP, 2010). Assim como, também é preciso atentar-se à utilização mais consciente de carvão mineral (combustível fóssil mais abundante da Terra) de modo que diminua os riscos ambientais associados a ele. Como não é possível cessar de vez a utilização do carvão é necessário investir em novas tecnologias que incorporem a captura e armazenagem de carbono, minimizando os impactos do uso deste recurso.

As fontes renováveis de energia – biomassa, eólica, solar, hidrelétrica, geotérmica e oceânica – têm capacidade de satisfazer as necessidades energéticas mundiais, seus benefícios vão além do fato de não serem esgotadas, gerando benefícios ambientais, de saúde pública, de segurança energética* (Recursos renováveis reduzem a exposição à escassez de oferta e à volatilidade dos preços nos mercados de combustíveis convencionais; também oferecem um meio para muitos países diversificarem os seus suprimentos de combustível e para reduzir a dependência das fontes estrangeiras de energia, incluindo a dependência do petróleo importado (FAPESP, 2010).

O Quadro 2 mostra como se tem aumentado a capacidade instalada por fontes alternativas nos 10 maiores países em produção elétrica por fontes alternativas.

Quadro 2 – Capacidade instalada de fontes alternativas no mundo – 10 maiores em 2011 (GW)

	2007	2008	2009	2010	2011	$\Delta\%$ (2011/2010)	Part. %
Mundo	160,5	197,4	237,7	293,3	392,2	33,7	100
China	8,2	15	19,3	36,4	73,7	102,3	18,8
EUA	30,9	39,4	49,4	54,7	64,3	17,5	16,4
Alemanha	30,9	34,3	41,6	51,3	61,3	19,4	15,6
Espanha	16,3	20,8	23,7	26,3	27	2,9	6,9
Itália	4,7	6,1	8,6	12,2	23,2	89,7	5,9
Índia	9,3	11,8	13,2	15,7	20	27,8	5,1
Brasil	6,6	7,4	6,7	8,8	12,4	41,2	3,2
França	3,6	5	6,3	8,5	11,5	34,5	2,9
Reino Unido	4,3	5,2	6,4	7,7	10,8	39,7	2,8
Japão	5,5	5,9	6,7	8	9,5	19,3	2,4
Outros	40,2	46,5	55,6	63,8	78,7	23,4	20,1

Fonte: EPE (2014).

A Biomassa é constituída de qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. Pode ser florestal, (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e de rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo).

De acordo com A ANEEL (2008) existem várias rotas tecnológicas para produção da energia elétrica a partir da biomassa. Todas prevêm a conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica.

A biomassa pode ser utilizada de varias formas distintas, as mais apregoadas, de acordo com ANNEL (2008) são:

- a) Ciclo a vapor com turbinas de contrapressão;
- b) Ciclo a vapor com turbinas de condensação e extração;

c) Ciclo combinado integrado à gaseificação da biomassa.

Na primeira a biomassa é queimada diretamente em caldeiras e a energia térmica resultante é utilizada na produção do vapor. Este vapor pode acionar as turbinas usadas no trabalho mecânico requerido nas unidades de produção e as turbinas para geração de energia elétrica. Além disso, o vapor que seria liberado na atmosfera após a realização desses processos.

A segunda consiste na condensação total ou parcial do vapor ao final da realização do trabalho na turbina para atendimento às atividades mecânicas ou térmicas do processo produtivo. Esta energia a ser condensada, quando inserida em um processo de cogeração, é retirada em um ponto intermediário da expansão do vapor que irá movimentar as turbinas. A diferença fundamental desta rota em relação à contrapressão é a existência de um condensador na exaustão da turbina e de níveis determinados para aquecimento da água que alimentará a caldeira.

Na última é gerada gaseificação da biomassa, em gás energético por meio da oxidação parcial em temperatura elevada. Esta conversão, realizada em gaseificadores, produz um gás combustível que pode ser utilizado em usinas térmicas movidas a gás para a produção de energia elétrica.

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis, visto que dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina.

Segundo a ANEEL⁸, em 2005, na geração de energia elétrica a partir da biomassa, o líder mundial foi os Estados Unidos, que produziu 56,3 TWh (terawatts-hora), respondendo por 30,7% do total mundial. Na seqüência estão Alemanha e Brasil, ambos com 13,4 TWh no ano e participação de 7,3% na produção total.

⁸ As informações podem ser encontradas em:
<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoGeracaoTipo.asp?tipo=13&ger=Combustivel&principal=Biomassa>. Os dados atualizados podem ser encontrados em:
<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

Desde 2004, a atividade de produção do Biodiesel a partir da biomassa é beneficiada pelo estímulo proveniente do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), implantado em dezembro de 2003 pelo Governo Federal.

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água", esta é a definição dada pela ANEEL. Vale ressaltar que a energia eólica é indiretamente ligada ao sol, visto que os ventos são gerados pelo aquecimento desigual da superfície da Terra pelos raios solares. Outra importante ponderação a respeito da energia eólica se dá pelo fato dela ser totalmente renovável e limpa.

A energia eólica vem sendo utilizada há milhares de anos para bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial (ANEEL, 2005).

Para se avaliar o potencial eólico de uma região é necessário que se realize trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto de aproveitamento da energia eólica.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993 apud ANEEL, 2005). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental e apenas 10% na América Latina.

Os países líderes no desenvolvimento da energia eólica são a Alemanha (18,4 gigawatts), Espanha (10 gigawatts), Estados Unidos (9,1 gigawatts), Índia (4,4 gigawatts) e Dinamarca (3,1 gigawatts). (FAPESP, 2010).

No Brasil, os primeiros anemógrafos - aparelho destinado a registrar todas as variações de direção e de velocidade dos ventos - computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha, no início dos anos 1990. Os resultados dessas primeiras medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil.

De acordo com a EPE (2014) a capacidade instalada de geração elétrica por aerogeradores no Brasil era de 2202 MW em 2011, isso representou 1,7% da capacidade instalada total do Brasil, quatro anos antes, em 2007, a capacidade instalada era de 602 MW o que significou um aumento de 265% em apenas quatro anos. De acordo com o site oficial do Brasil, a capacidade instalada de 2014 era de 3106 MW e foi aumentada para 6183 MW em 2015, causando assim o dobramento da capacidade em apenas um ano. As previsões⁹ são boas e trabalham com estimativas de crescimento da ordem de 3100 MW em 2016 e para 2017 cerca de 1985 MW, contribuindo assim para ampliação da fonte eólica e a diversificação da matriz de energia elétrica brasileira.

A Energia solar, tema desta dissertação, será bem melhor detalhada no próximo capítulo, na seção que trata a sequência evolutiva das técnicas de energia solar. Aqui será provida apenas uma introdução do que é a energia solar como uma fonte de energia sustentável, ponderando seu papel crucial como alternativa ao modo tradicional de produção energética principalmente se tratando de energia elétricas.

Energia solar é toda aquela diretamente produzida a partir dos raios solares. Geralmente é captada de duas formas, ou termicamente pelo aquecimento que os raios geram ou através do efeito fotovoltaico que transforma em energia elétrica os fotóns.

⁹ Esta e outras previsões podem ser encontradas em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/08/em-2015-brasil-duplica-sua-producao-de-energia-eolica>.

A energia solar térmica pode ser usada para produzir eletricidade, mas é mais comum que seja utilizada para produzir calor propriamente dito, esse calor pode ser aplicado em caixas d'água formando assim um sistema de aquecimento de água ou para aquecimento de ambientes. O método de captação envolve arquitetura e utilização de espelhos ou outro material capaz de potencializar o calor solar. Além da utilização em residências, também é bem útil em processos industriais, como secagens e dessalinização por exemplo.

Segundo o Departamento Nacional de Aquecimento Solar - DASOL - (2014) sistemas solares térmicos já instalados já atingem a marca de 1,03% da matriz elétrica brasileira, número esse muito próximo ao que representa a energia eólica. Ainda segundo o DASOL cada m² de coletor solar instalado é capaz de economizar 56 m² de inundação para geração elétrica; ou o consumo de 215 kg de lenha/ano; ou 67 m³ de gás natural; ou 55 kg de GLP ao ano; ou 73 litros de gasolina/ano; ou 223 m³ de gás natural em termoelétricas; 227 litros de diesel para termoelétricas; ou 66 litros de diesel/ano.

Segundo o DASOL (2014) o tempo médio de pay-back de um investimento para um sistema simples uma casa com quatro moradores é de aproximadamente dois anos.

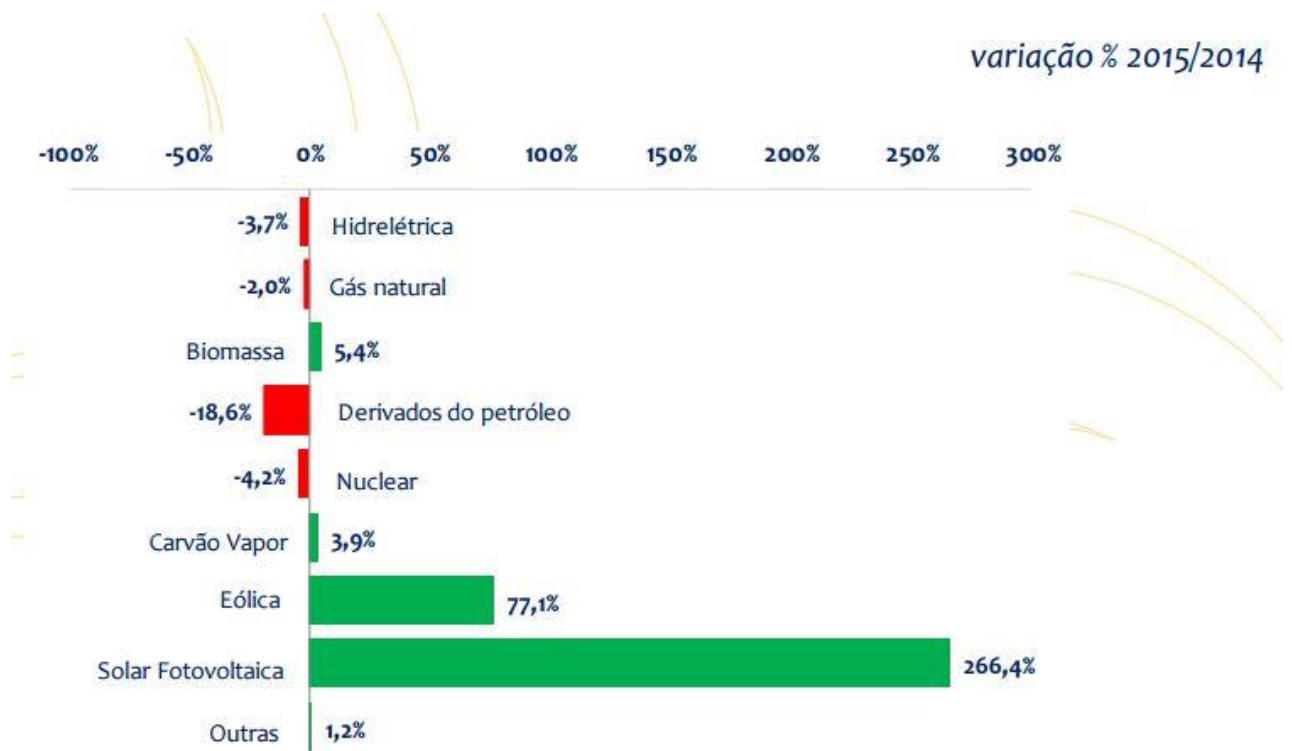
A energia solar fotovoltaica tem sido uma aposta mundial, presente em projetos da NASA¹⁰ por exemplo, e muitas outras empresas de tecnologia de ponta, O grande desafio da ESFV é o custo de produção da celular x o fator de conversão fotovoltaico. Isso será melhor abordado no próximo capítulo.

Segundo a EPE (2014) a capacidade instalada de geração elétrica no Brasil era de menos de 1 GW em 2007 e de 5MW em 2011. A EPE lançou em 2016 o relatório síntese do ano base 2015, neste aponta uma capacidade instalada de 13,3GW, o que demonstra investimento e aposta no setor.

Na Figura 3 percebe-se a grande variação da energia solar fotovoltaica no Brasil e a notável evolução dos investimentos em capacidade instalada da energia eólica.

¹⁰ Esse e outras artigos da NASA podem ser encontrados em:
https://www.nasa.gov/spacetechnology/2013_johnson.html#.V7vKd5grLIU.

Figura 3 – Variação da capacidade instalada no Brasil



Fonte: EPE (2016)

A energia hidrelétrica continua a ser o recurso renovável mais desenvolvido em todo o mundo: respondia, pela maior parte (85%) da produção de eletricidade renovável e é uma das tecnologias disponíveis de geração de custo mais baixo em 2010. Mundialmente, a capacidade das grandes centrais hidrelétricas totalizava cerca de 772 gigawatts em 2004 e representava cerca de 16% da produção total de eletricidade, o que significava 2 809 terawatts-hora, de um total de 17 408 terawatts-hora em 2004 (IEA, 2006).

Segundo a EPE (2015) potencial hidrelétrico é o potencial possível de ser técnica e economicamente aproveitado nas condições atuais de tecnologia. Desta forma, o potencial hidrelétrico é medido em termos de energia firme, que é a geração máxima contínua na hipótese de repetição futura do período hidrológico crítico. O potencial hidrelétrico inventariado abrange usinas em operação ou construção e os aproveitamentos disponíveis estudados nos níveis de inventário, viabilidade e projeto básico.

Ainda segundo o EPE (2015) a capacidade instalada mundial de geração hidrelétrica em 2012 estava na ordem dos 1025 GW, sendo a China a principal com 194 GW, seguida dos EUA com 101 GW e em terceiro o Brasil com 84GW.

De acordo com a FAPESP (2010) o investimento de capital financeiro necessário é geralmente viável, tempo de construção é curto e centrais modernas são altamente automatizadas e não demandam pessoal operacional permanente. Contudo enfrenta obstáculos sociais e econômicos. Os investimentos em P&D têm sido concentrados na busca de tecnologias capazes de minimizar efeitos dos impactos exercidos sobre a flora e a fauna.

Energia geotérmica ou energia geotermal é o nome dado ao processo de obtenção de energia decorrente do calor proveniente do interior do planeta. O termo refere-se à busca de fontes de energia que residem no interior do nosso planeta, relacionados a fontes de calor. O magma encontrado mais ao centro do planeta Terra emite um calor forte constante que pode ser utilizado para produção energética. Além de ser utilizado em aquecimento residencial e industrial, pode ser utilizado em estufas e produção de energia elétrica.

No Brasil, ainda são incipientes os estudos referentes a utilização do recurso geotérmico. No entanto, segundo Lund, Freeston e Boyd (2011, apud Kemerich et. Al. 2013), muitos países vêm realizando estudos do potencial de utilização de energia geotérmica, resultados apontam que esta já pode ser desenvolvida praticamente em todo lugar, mesmo em países em que não existe atividade vulcânica, recursos geotérmicos de temperatura baixa ou moderada também podem ser executados através de uso direto, os quais estão demonstrando boa eficiência.

Segundo Kemerich et. Al. (2013) um número considerável de países está produzindo energia elétrica a partir do recurso geotérmico, porém no Brasil as coisas vão mais devagar, sendo aproveitada principalmente para fins de lazer e recreação. Embora no Brasil não haja estudos experimentais que visem a exploração da energia geotérmica para produção de eletricidade, a utilização da energia geotérmica para usos diretos tem se mostrado promissora, destacando-se o aproveitamento do Aquífero Guarani para atividades agroindustriais, como integrante de processos industriais e como meio de desenvolver o turismo e também a utilização de bombas

de calor geotérmicas, tanto para utilização industrial quanto para aquecimento de espaços Kemerich et. Al. (2013).

Também conhecida como maremotriz, a energia oceânica é uma fonte renovável e limpa de energia que utiliza dos desníveis da maré para geração elétrica. Para que essa energia seja revertida em eletricidade é necessária a construção de barragens, eclusas (permitindo a entrada e saída de água) e unidades geradoras de energia.

A força das marés tem sido aproveitada desde o século XI, quando franceses e ingleses a utilizavam para a movimentação de pequenos moinhos. O primeiro grande projeto para a geração de eletricidade foi realizado em 1967, quando franceses construíram uma barragem de 710 metros no rio Rance, aproveitando o potencial energético das marés¹¹.

São muitas as formas de se produzir energia elétrica a partir de fontes renováveis e limpas, apesar de algumas delas dependerem de situações ideais, elas são bem diversificadas e em cada pedaço do mundo uma vai te tornando mais vantajosa que a outra, assim aproveitando as potencialidades geográficas de cada região.

Para atingir os objetivos de sustentabilidade, não só mudanças em relação às fontes de energia são necessárias, mas também é preciso mudar a maneira como ela é usada. O investimento cada vez maior em aparelhos mais eficientes energeticamente, ou seja, que ofereçam o mesmo bem-estar (ou até maior), que produtos de mesma categoria, mas que utilizem menos energia em seu uso é a forma de se conseguir tal mudança.

É importante destacar que existem exemplos práticos de políticas adotadas em algumas situações e que de fato contribuíram para uma melhoria na eficiência energética de produtos. Como é o caso das melhorias tecnológicas de aparelhos eletro domésticos nos Estados Unidos traduzidos em eficiência energética, fornecendo um exemplo prático de como é possível atingir ganhos em eficiência, ao mesmo tempo em que se mantém ou melhora a qualidade de produtos oferecidos.

Para que todas essas mudanças ocorram é necessária a intervenção dos governos na questão, criando possibilidades de um futuro mais sustentável, a partir do: apoio

¹¹ Informações disponíveis em: <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-das-mares.htm>

a investimentos de longo prazo em nova infraestrutura energética, pesquisa e desenvolvimento em energia e tecnologias de alto risco/retorno.

O papel da ciência e tecnologia (C&T) também é fundamental no sentido de maximizar o potencial e reduzir o custo das opções de energia existentes, ao mesmo tempo em que desenvolvem novas opções. Para isso, é necessário que os investimentos em C&T cresçam de sobremaneira para que sejam adequadas as demandas futuras por energias renováveis (FAPESP, 2010).

O desenvolvimento sustentável combinado com o debate das energias menos poluentes gera um portfólio de perspectivas para o que o PNUMA descreveu como capacidade de se manter as condições favoráveis para as gerações futuras. Como foco desta dissertação a ESFV permite que energia elétrica seja gerada proveniente de raios solares que, aproveitados ou não, se dissipam na atmosfera. Para compreender melhor sobre a ESFV é necessário um apanhado de como ela funciona, seu histórico e as perspectivas futuras de desenvolvimento da mesma.

Até aqui, foram trabalhadas as discussões teóricas sobre o desenvolvimento, sobre a economia e sobre a energia. Agora esta dissertação se aprofunda em aspectos mais técnicos e mais voltados ao mercado. Dentre esses aspectos podemos citar a evolução da energia solar; fatores relacionados ao Brasil quanto condições técnicas e institucionais de aplicabilidade; a instituição pesquisada e fatores intrínsecos à adoção da ESFV.

Este caminho percorrido pode ajudar na construção de um plano de intervenção capaz de transformar a realidade da UFES e permitir que ela tenha seu papel de responsável sócio-ambientalmente sem precisar se sacrificar financeiramente.

Capítulo 3

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ASPECTOS TÉCNICOS, INSTITUCIONAIS E POSSIBILIDADE DE USO NA UFES

3.1 Sequência evolutiva das técnicas de energia solar e tecnologia disponível

Conceitualmente, a energia solar é definida como qualquer forma de energia captada proveniente dos raios solares, hoje se divide em térmica e luminosa. O Sol é o responsável pelas condições ideais de vida no planeta e também responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia disponíveis, sendo assim, as demais fontes de energia são derivadas da energia solar. O sol é responsável pela evaporação da água e pelos ciclos das águas, assim possibilitando o represamento levando a geração de eletricidade por hidroelétricas, além de ser responsável por induzir a circulação atmosférica causando os ventos. Os combustíveis fósseis foram gerados a partir de resíduos de plantas e animais que dependeram do sol pra existir.

A disponibilidade da energia solar em escala terrestre é inesgotável, tanto como fonte de calor como de luz, classificada como a alternativa energética mais promissora para os desafios do novo milênio (CRESESB, 2016).

O potencial energético anual proveniente do sol atinge cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia emitida à atmosfera terrestre, isto corresponde a 10000 vezes o consumo mundial de energia neste período. De certo além de manter a vida na Terra, a radiação solar ainda é uma fonte inesgotável de energia disponível que pode ser captada e convertida de várias formas (CRESESB, 2016).

Dentre as possíveis formas de captação e utilização da energia solar encontra-se o efeito fotovoltaico, que ocorre em detrimento de células chamadas de *células fotovoltaicas*. Tal tecnologia advém de materiais semicondutores, que em componentes optoeletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade.

O efeito fotovoltaico foi relatado por Edmond Becquerel, em 1839. Este efeito consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma

estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão. (CRESESB, 2016). O desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações buscando fontes de energia para localidades remotas. Mas o real impulsionador foi a “corrida espacial”. A célula solar sempre foi o meio mais adequado que somava menor custo e peso para fornecer a quantidade de energia necessária em longos períodos de permanência no espaço. A necessidade de energia para satélites foi outro uso espacial que impulsionou o desenvolvimento das células solares.

3.1.1 Evolução

Descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, o efeito fotovoltaico permitiu a conversão de energia solar em energia elétrica. A partir de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto à luz. Em 1876 foi montado o primeiro aparato fotovoltaico resultante dos estudos das estruturas no estado sólido, e apenas em 1956 iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microeletrônica. (CRESESB, 2016).

Combinado com a corrida espacial nesta época, houve um impulso gerador de avanço significativo na tecnologia fotovoltaica, afetando o peso e a eficiência de conversão. A primeira célula fotovoltaica em 1876 apresentava eficiência de 1% e em 1954 já se conseguia 6%.

As primeiras células que foram produzidas para o programa espacial chegaram a custar US\$600/W. Ampliando mercados e diversificando empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço tem reduzido ao longo dos anos podendo ser encontrado atualmente, para grandes escalas, ao custo médio de US\$ 8,00/W. (CRESESB, 2016).

3.1.2 Tecnologias Disponíveis

As células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

Figura 4 – Célula de Silício Monocristalino



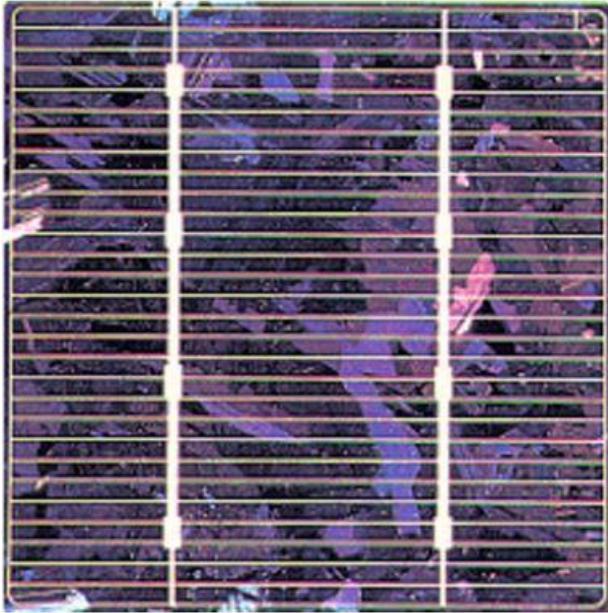
A célula de silício monocristalino, Figura 4, é a mais usada e comercializada como conversor direto de energia solar em eletricidade e a tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído. Esta célula é fabricada a partir da extração do cristal de dióxido de silício. O dióxido de silício é desoxidado purificado e solidificado, este processo atinge grau de pureza na ordem de 98%. Para então funcionar como célula fotovoltaica necessita de outros dispositivos semicondutores devendo chegar na faixa de 99,9999%.

Para se alcançar as qualificações desejadas, o material deve ter uma estrutura monocristalina e de baixa densidade, o processo mais utilizado é o "processo Czochralski". O silício fundido com uma pequena quantidade de dopante, normalmente boro que é do tipo p. O material é fundido em um grande cilindro de silício monocristalino levemente dopado. Este cilindro obtido é cortado em fatias finas. Cortando-se as fatias, deve-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção.

As células monocristalinas são, dentre as células fotovoltaicas que utilizam do silício como material base, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. As

fotocélulas comerciais obtidas com o processo descrito atingem uma eficiência de até 15% podendo chegar em 18% em células feitas em laboratórios.

Figura 5 – Célula de Silício Policristalino



As células de silício policristalino, Figura 5, são mais baratas que as de silício monocristalino, pois exigem um processo de preparação das células menos rigoroso, em contrapartida, a eficiência fica comprometida, caindo um pouco em comparação as células de silício monocristalino. Apesar das técnicas de fabricação das células policristalinas serem as mesmas na fabricação das células monocristalinas, os rigores de controle são menores.

O processo de fabricação pode ser por corte de um lingote, de fias ou depositando um filme num substrato, por transporte de vapor ou por imersão. Atualmente, em escalas industriais, têm-se alcançado eficiência máxima de 12,5%.

Figura 6 – Célula de Silício Amorfo



A célula de silício amorfo, Figura 6, faz parte de um grupo, os filmes finos, a grande diferença desta célula para as demais estruturas cristalinas do silício é apresentar alto grau de desordem na estrutura atômica. Esta célula traz grande vantagem frente às demais por apresentar uma absorção da radiação solar na faixa do visível e podendo ser fabricado mediante deposição de diversos tipos de substratos, o baixo custo tem sido o diferencial do silício amorfo. Pode-se elencar também duas grandes desvantagens: a primeira é a baixa eficiência de conversão que gira em torno de 7%; em segundo, estas celular sofrem um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, comprometendo a eficiência no longo prazo.

Figura 7 – Célula de Filmes finos



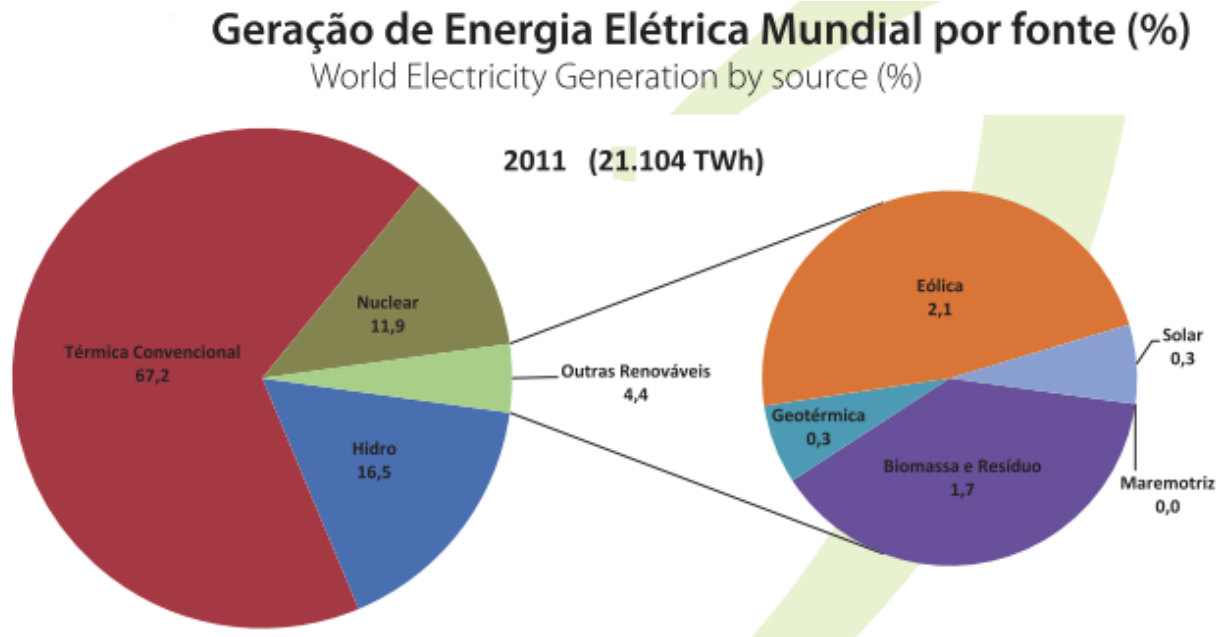
Os filmes finos ou *Thin-films* são células produzidas a partir de um material semicondutor depositado na forma de um filme fino em um substrato como aço, alumínio ou vidro. Podem apresentar varias formas diferentes, tem baixo custo e, em regra, baixa eficiência de conversão que gira em torno dos 7%.

3.1.3 Cenário de energia

De acordo com o EIA (2015) a energia solar fotovoltaica tem crescido em torno de 6,8% ao ano e é a que cresce mais rápido dentre as fontes renováveis de energia. Em 2011, a energia solar já alcançava 0,3% de toda energia produzida no mundo (AEEE, 2014).

De acordo com o EIA (2015) a geração de energia Elétrica mundial de 2011 por fonte apresenta 67,2% para a energia térmica convencional, 16,5% de hidroelétrica, 11,9% advinda de fontes nucleares, e apenas 4,4% de fontes renováveis, assim como descrito no Gráfico 1.

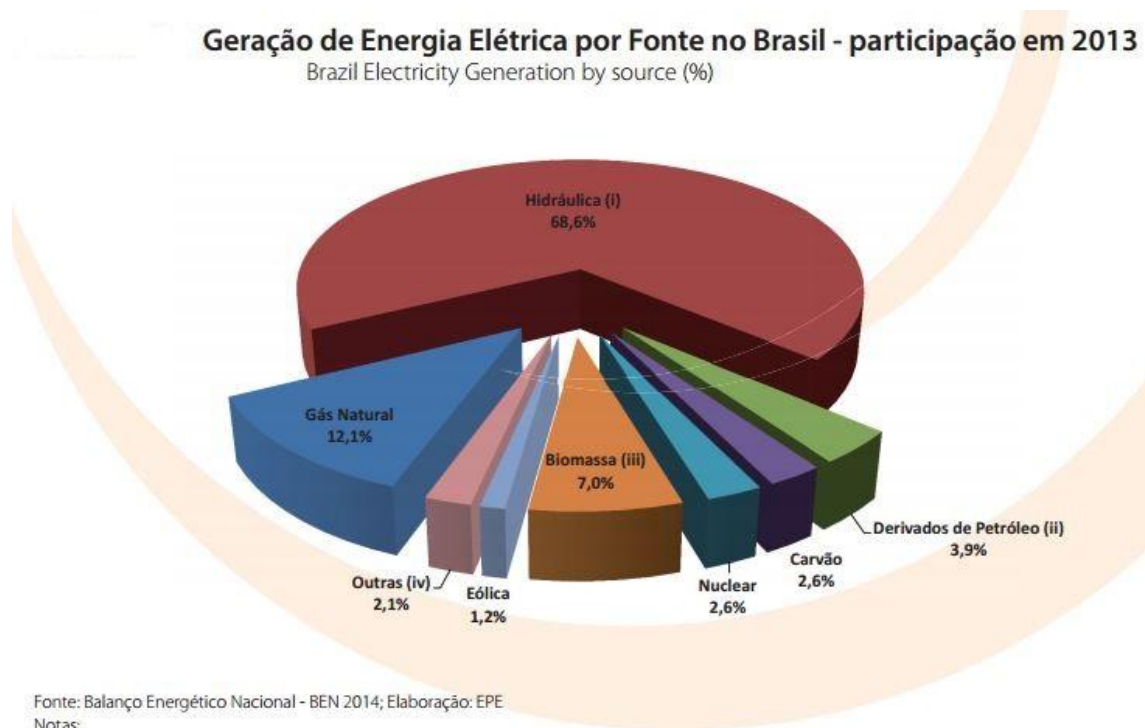
Gráfico 1 – Geração elétrica mundial por fonte (%)



Fonte: U.S. Energy Information Administration (EIA); Elaboração EPE

No Brasil, a produção de energia elétrica sequer apresenta a energia solar, o que demonstra o atraso tecnológico e a grande dependência da energia hidroelétrica.

Gráfico 2 – Geração elétrica por fonte no Brasil (%)



Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN 2014; Elaboração: EPE

Notas:

- i) Inclui autoprodução
- ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível
- iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixívia
- iv) Outras: recuperações, gás de coqueria e outros secundários

As tecnologias existentes no mercado são bem diversificadas, o silício ainda é a principal matéria prima para materiais semicondutores. Hoje, aproximadamente 80% dos painéis fotovoltaicos no mundo são baseados em alguma variação do silício (si). Este numero já foi maior, em 2014, por exemplo, essa proporção era de 85%, considerados tecnologias instaladas em casas e em empresas no mundo todo. A eficiência dos painéis é diretamente proporcional à pureza do silício, que também interfere diretamente no preço da tecnologia. Para escolher uma tecnologia a ser utilizada devem ser levados em consideração alguns fatores como: a eficiência de conversão do efeito fotovoltaico em energia elétrica; espaço disponível; tempo de vida dos painéis; os custos. (Portal Solar, 2016)

Os painéis baseados em filmes finos detém, atualmente, 20% do mercado de painéis fotovoltaicos.

Tecnologia	SILÍCIO MONO-CRISTALINO	SILÍCIO POLI-CRISTALINO	SILÍCIO AMORFO (a-Si)	TELURETO DE CÁDMIO (CdTe)	SELENETO DE COBRE, ÍNDIO E GÁLIO (CIS / CIGS)
Eficiência de conversão	14 – 21%	13 – 16.5%	6-9%	9-11%	10-12%

A EPIA prevê que até 2020, 1% da eletricidade consumida mundialmente será de origem fotovoltaica, crescendo gradualmente até cerca de 26% em 2040 (Ambientebrasil, 2016).

A demanda internacional por energia não é muito distribuída, a sozinha China foi responsável por mais de 21% da produção mundial de energia em 2011, acompanhada dos Estados Unidos que foram responsáveis por quase outros 20%, o terceiro lugar, o Japão, foi responsável por apenas quase 5%, o Brasil produziu 2,5% da energia mundial naquele ano. (EPE, 2014).

A baixo o Quadro 3 descreve a capacidade instalada de geração elétrica mundial:

Quadro 3 – Capacidade instalada de geração elétrica no mundo

Capacidade instalada de geração elétrica no mundo - 10 maiores países em 2011 (GW)
World electricity generation installed capacity - top ten countries (GW)

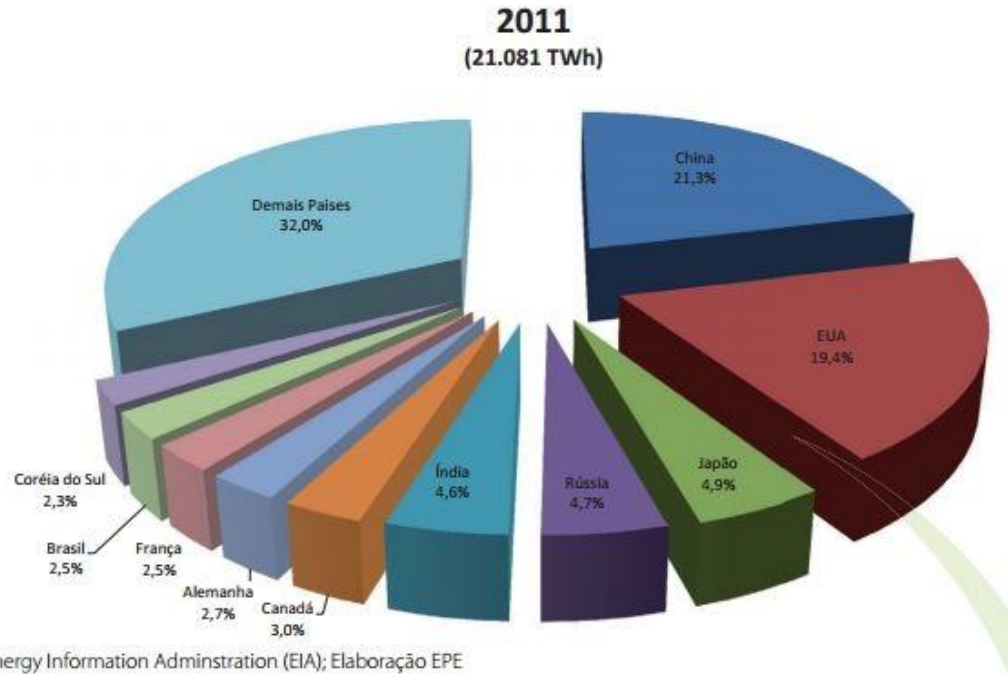
	2007	2008	2009	2010	2011	Δ% (2011/2010)	Part. % (2011)	
Mundo	4.362,5	4.529,5	4.727,7	4.964,5	5.204,7	4,8	100,0	World
China	716,5	796,2	876,7	972,7	1.082,5	11,3	20,8	China
Estados Unidos	973,0	988,3	1.003,2	1.016,9	1.030,6	1,3	19,8	United States
Japão	251,7	254,4	257,0	259,5	261,2	0,6	5,0	Japan
Índia	165,2	173,0	185,2	203,5	233,5	14,7	4,5	India
Alemanha	124,2	129,3	136,2	142,2	147,9	4,0	2,8	Germany
Brasil	100,4	102,9	106,6	112,4	117,1	4,2	2,3	Brazil
Itália	72,2	77,0	79,8	84,7	96,5	14,0	1,9	Italy
França	84,9	86,3	87,8	90,0	92,9	3,3	1,8	France
Reino Unido	79,3	80,5	82,5	88,7	88,7	0,0	1,7	United Kingdom
Espanha	16,3	20,8	23,7	26,3	27,0	2,9	0,5	Spain
Outros	1.779,0	1.820,7	1.889,1	1.967,7	2.026,7	3,0	38,9	Other

Fonte: U.S. Energy Information Administration (EIA); Elaboração: EPE.
Para o Brasil, dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2014; Elaboração EPE.

A baixo o Gráfico 3 da geração mundial de energia elétrica, em 2011:

Gráfico 3 – Geração elétrica no mundo - 10 Maiores (%)

Geração de Energia Elétrica - 10 maiores(%)
World Electricity Generation - top ten countries (%)



Em se tratando de consumo, China consumiu quase 22% de toda energia que fora consumida naquele ano, seguida dos EUA com pouco mais de 20%. O que chama mais atenção foi o fato da China ter aumentado de 2010 para 2011 seu consumo de energia elétrica em 15,8%.

Quadro 4 – Consumo de energia elétrica no mundo - 10 Maiores (TWh)

Consumo de energia elétrica no mundo - 10 maiores países (TWh)

World electricity consumption - top ten countries in 2011 (TWh)

	2007	2008	2009	2010	2011	Δ% (2011/2010)	Part. % (2011)	
Mundo	17.149,4	17.410,0	17.316,8	18.501,4	19.298,5	4,3	100,0	World
China	2.870,8	3.054,1	3.270,3	3.634,5	4.207,7	15,8	21,8	China
Estados Unidos	3.890,2	3.865,2	3.723,8	3.886,4	3.882,6	-0,1	20,1	United States
Japão	1.027,2	961,9	935,4	995,2	983,1	-1,2	5,1	Japan
Rússia	840,7	855,6	816,1	858,5	869,3	1,3	4,5	Russia
Índia	589,2	622,0	651,8	698,9	757,9	8,4	3,9	India
Canadá	536,0	528,1	492,9	534,8	551,6	3,1	2,9	Canada
Alemanha	550,6	548,0	514,5	544,3	537,9	-1,2	2,8	Germany
Brasil	412,1	428,2	426,0	464,7	481,0	3,5	2,5	Brazil
Coreia do Sul	387,0	403,0	409,2	450,2	472,2	4,9	2,4	Korea, South
França	450,1	462,5	446,7	474,0	447,1	-5,7	2,3	France
Outros	5.595,5	5.681,4	5.629,9	5.959,8	6.108,2	2,5	31,7	Other

Fonte: U.S. Energy Information Administration (EIA).

Para o Brasil, dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2014; Elaboração: EPE

Alguns países tem investido pesado em geração de energia por fontes alternativas, os EUA encabeçam a lista com 22,4% da produção mundial de energia por essas fontes, o que significou 5,1% de toda energia consumida lá, naquele ano. A China teve uma produção total, por fontes alternativas, de 11,9% de toda energia que produziu. Frente aos EUA é pouco, mas a variação da quantidade de energia produzida de 2010-2011 foi de incríveis 93,2%, em apenas um ano. Os EUA tiveram apenas variação de 15,6%. Como pode ser visto na tabela a seguir:

Quadro 5 – Geração por fontes alternativas no mundo - 10 Maiores (TWh)

Geração por fontes alternativas no mundo - 10 maiores países em 2011 (TWh)
World alternative sources generation - top ten countries in 2011 (TWh)

	2007	2008	2009	2010	2011	Δ% (2011/2010)	Part. % (2011)	
Mundo	495,2	560,4	646,6	764,9	930,8	21,7	100,0	World
Estados Unidos	117,5	137,9	156,2	180,0	208,1	15,6	22,4	United States
China	8,3	17,5	29,8	57,1	110,4	93,2	11,9	China
Alemanha	71,9	74,2	80,8	89,4	109,1	22,1	11,7	Germany
Espanha	31,7	39,6	48,4	55,9	56,7	1,4	6,1	Spain
Itália	16,6	18,2	21,9	28,0	39,9	42,5	4,3	Italy
Brasil1	18,7	20,4	23,8	33,7	35,0	3,9	3,8	Brazil1
Japão	30,7	30,4	30,7	33,8	33,9	0,3	3,6	Japan
Índia	13,8	15,7	19,9	22,0	31,0	41,0	3,3	India
Reino Unido	16,4	18,2	21,7	23,6	30,6	29,9	3,3	United Kingdom
Canadá	11,5	10,9	14,5	18,5	26,5	43,8	2,9	Canada
Outros	158,2	177,4	199,0	222,9	249,5	11,9	26,8	Other

Nota: Fontes alternativas: geotérmica, eólica, solar, das marés, das ondas, biomassa e resíduos

(1) Para o Brasil, apenas biomassa (lenha, bagaço de cana e lúxiva) e eólica

Para o Brasil, dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2014; Elaboração: EPE

Se por um lado a produção elétrica gera condições de crescimento e melhoria da qualidade de vida, por outro lado da produção energética gera poluentes e emissão de gases causadores do efeito estufa, os GEE. Os grandes vilões da poluição por GEE não poderiam ser outros, a China responsável por quase 30% da poluição mundial seguida pelos EUA com 17%. O Brasil tem um índice baixo de poluição, visto que sua maior produção de energia vem de uma fonte limpa, a energia hidráulica.

Quadro 6 – Emissões de GEE no mundo - 10 Maiores

Emissões de GEE⁽¹⁾ na Geração Elétrica em 2011 - 10 maiores

Electricity generation GHG emissions in 2011 - top ten Countries

	Emissões (Mt.CO ₂)	Emissões per capita (tCO ₂ /hab)	
Mundo	14.609,6	2,1	World
China	4.266,0	3,2	China
Estados Unidos	2.478,0	8,0	United States
União Européia (27)	1.494,3	3,0	European Union (27)
Rússia	1.000,2	7,0	Russian Federation
Índia	963,5	0,8	India
Japão	561,2	4,4	Japan
Alemanha	350,5	4,3	Germany
Coreia do Sul	338,7	6,8	Korea, Rep. (South)
Austrália	241,7	10,8	Australia
Arábia Saudita	241,3	8,7	Saudi Arabia
Brasil (48 ^o)	32,1	0,2	Brazil
Outros	2642,0	-	Other

Fontes: CAIT 2.0 - WRI's climate data explorer - acessado em Setembro de 2014
População Brasil: IBGE; Elaboração: EPE
Nota:⁽¹⁾ Considerados Eletricidade e aquecimento

3.1.4 A energia solar no mundo

A energia solar foi a fonte que mais recebeu investimentos no ano de 2012, com cerca de 1,5 bilhão de dólares. Europa, Ásia e América do Norte são os continentes que mais apostaram neste setor.

Segundo o portal Terra¹² em 2013 a energia solar representava 26% da energia renovável instalada no planeta, sendo a terceira principal fonte de geração de eletricidade. Ainda segundo o portal, a EPIA fez um estudo em que constatou que em 2012 a capacidade instalada de geração de energia solar fotovoltaica alcançou 102 gigawatts (GW), assim estas instalações pouparam quase 53 milhões de

¹² Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/ciencia/sustentabilidade/energia-solar-veja-paises-com-maior-capacidade-instalada,bdde94fdabe30410VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html>

toneladas de gás carbônico (CO²) de serem emitidos a atmosfera em geração de energia por outras fontes poluentes.

A Europa concentrou cerca de 55% do mercado global de energia solar fotovoltaica naquele ano, porém à expectativas que o cenário mude nos próximos anos com a descentralização do mercado pelo resto do mundo. Apenas 5 países foram responsáveis por dois terços dos investimentos no mercado fotovoltaico mundial em 2012.

A Alemanha, maior economia da Europa, foi crucial na geração de energia fotovoltaica em 2012. 44% da energia FV produzida na Europa veio da Alemanha, o que, em termos globais, representou 31% da produção mundial. Segundo o PNUMA 7,6 GW foram aportados à rede elétrica alemã naquele ano provenientes de energia FV, isto significa um total de 5,5% da energia total consumida lá em 2012 (Portal Terra, 2013).

A China, maior investidor no setor em 2012, investiu 24,7 bilhões de dólares neste mercado, sendo que o investimento total chinês em energia foi de 67 bilhões. A produção FV chinesa em 2012 bateu a casa dos 5,5 GW de potência gerada, com 8% do mercado. A estratégia chinesa foi subsidiar investimentos em sistemas de pequeno porte (até 1 MW) viabilizando e objetivando diminuir a dependência do carvão. Esta estratégia foi responsável por viabilizar 300 MW em projetos de pequena escala.

A Itália, responsável por 16% da produção da energia solar mundial, foi o terceiro país em capacidade de geração a partir de novas instalações fotovoltaicas em 2012. A capacidade instalada é de 16,3 GW da produção global. O país é o segundo do continente em desenvolvimento deste tipo de energia e responde por 20% da produção europeia. O investimento no setor atingiu 14,1 bilhões de dólares.

Os Estados Unidos são um dos precursores na implantação da tecnologia fotovoltaica para geração de energia solar. Porém, o país foi o quarto colocado em investimentos no setor, a capacidade instalada gerada no país ficou em 3,3 GW, ou seja, 7% do mercado global com 7,7 GW de potência instalada.

O Japão, quinto maior investidor em energia solar de 2012, aumentou em 56% os investimentos em projetos de pequeno porte, somando 13,1 bilhões de dólares.

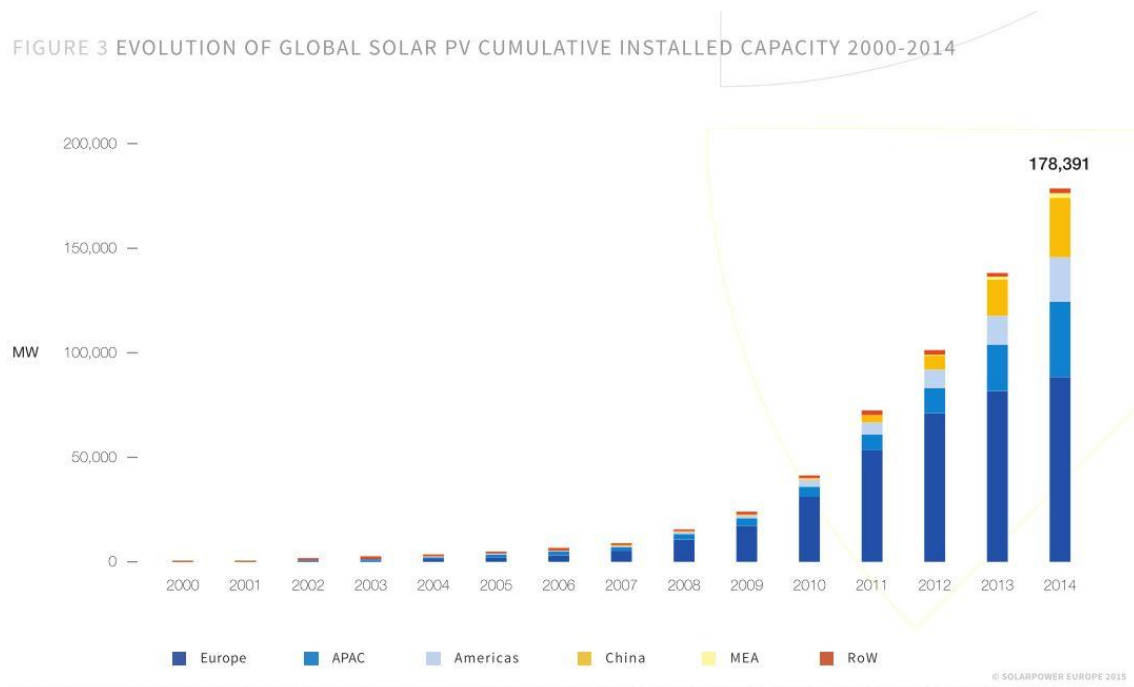
Segundo o Pnuma, o aporte total, incluindo grandes projetos, foi 16 bilhões de dólares, 73% de aumento em relação ao ano anterior. O Japão responde por 7% do mercado mundial de energia solar, com capacidade para gerar quase 7 GW de potência. Segundo a Epia, o aumento de 2012 foi impulsionado pela necessidade de incentivar o investimento em energia renovável. Após o terremoto e o tsunami que atingiram a usina nuclear de Fukushima, em março 2011, o país passou a apostar em novas fontes de energia, visando superar a crise nuclear. Segundo a Epia, o apoio do governo japonês para a implementação destes sistemas é cerca de três vezes maior do que o oferecido pela Alemanha ou pela China. (Portal Terra, 2013).

De acordo com informações do SolarPower Europe¹³, em 2014, a capacidade instalada alcançou 178 GW, embora a Alemanha ainda esteja na ponta da corrente dos que mais produzem energia solar fotovoltaica, a China, o Japão e os Estados Unidos são os mercados mais crescentes na atualidade.

Como pode-se perceber, no Gráfico 4, historicamente a Europa é e sempre foi a principal detentora da tecnologia fotovoltaica, seguida dos países da APAC (leste da Ásia, sul da Ásia, sudeste da Ásia e Oceania), as Américas impulsionadas pelos Estados Unidos, China, MEA (África e Oriente Médio) e Row (restante do mundo). A partir de 2013 a China começou a ganhar mercado e sozinha já desponta como potencial nova líder mundial em tecnologia FV.

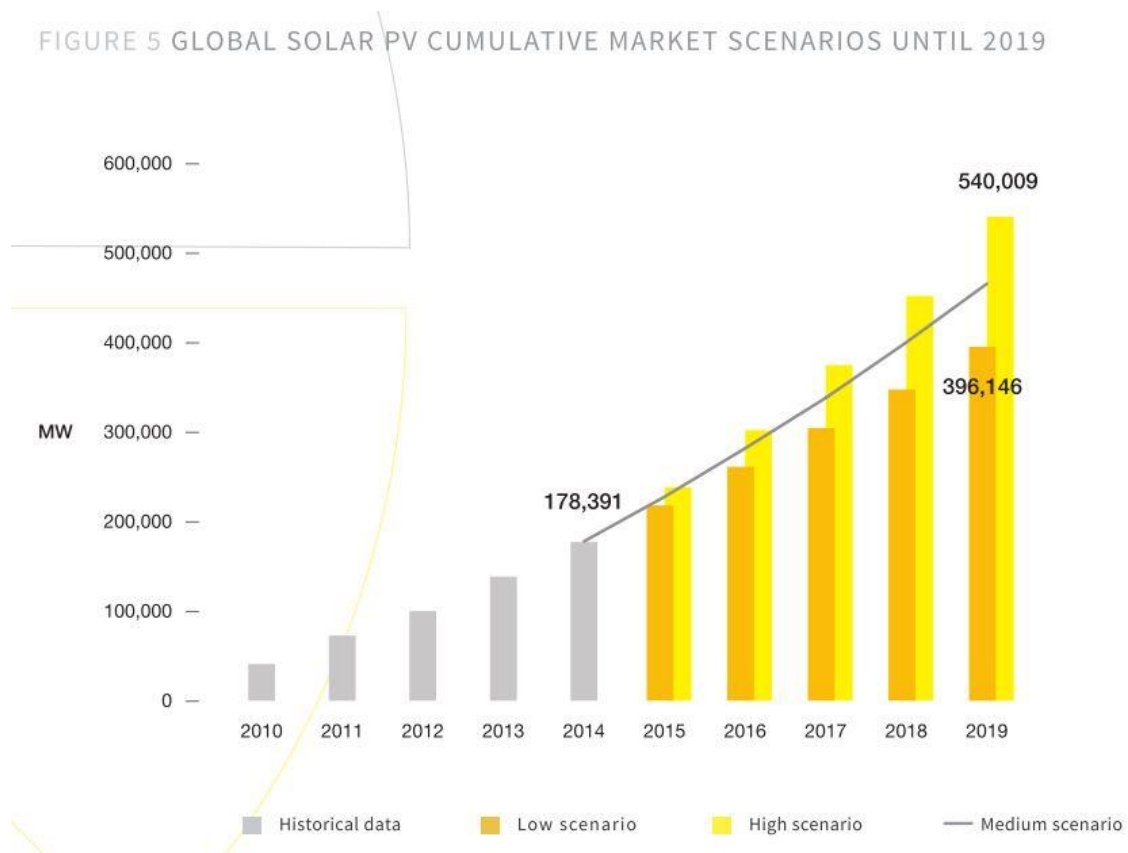
¹³ Estudos realizados podem ser conferidos em: <http://www.solarpowereurope.org/media/downloads/>

Grafico 4 – Evolução Global da ESVF 2000-2014



A projeção do mercado se divide em duas linhas, a primeira de um mercado aquecido e a segunda de um mercado em baixa. Para um mercado aquecido a organização SolarPower Europe acredita que em 2019 o mundo baterá a marca de 540 GW de capacidade instalada oscilando até cerca de 400 GW em baixo investimento, vide Grafico 5. A organização aposta em pelo menos 450 GW. Para ela 2017 será um ano de estagnação para os Estados Unidos e Japão, porem esta especulação não levou em consideração a retomada diplomática entre os Estados Unidos e Cuba, por exemplo.

Grafico 5 – Projeção FV para 2019



3.2 Ameaças e oportunidades para energia fotovoltaica no Brasil: Condições técnicas, institucionais e econômicas

De acordo com Feitosa (2010) as institucionalidades, como mecanismos, desempenham papel crucial ao direcionar, determinar, condicionar e selecionar inovações tecnológicas. Bem geridos, estes mecanismos possibilitam queda de custo e aperfeiçoamentos adicionais que garantem melhor difusão e novas possibilidades de aplicações tecnológicas.

Feitosa trabalhou a questão institucional voltada para o setor fotovoltaico, sendo aqui, por este motivo, melhor explorado. Segundo Feitosa, a utilização de mecanismos institucionais não é unanimidade na academia, dita o trabalho de Rivers e Jaccard (2006, apud. Feitosa, 2010) que apontam que o governo deve procurar corrigir externalidades do mercado ao invés de forçar uma difusão utilizando regulamentação. Eles defendem a ideia de que a regulamentação tem um custo muito elevado por levar em conta muitos fatores, como políticos.

Uma primeira classificação feita para distinção das institucionalidades seria para Costa (2006, apud. Feitosa, 2010) separá-las entre diretas e indiretas, em que as diretas promoveriam as fontes de energia renovável como a FV, por exemplo, e as indiretas voltadas para promover políticas “fora” do setor de energia renovável, porém impactantes positivamente na promoção, por exemplo sobretaxar emissões de GEE nas indústrias.

Feitosa (2010) levantou, nos últimos anos, as decisões políticas voltadas ao mercado FV que foram colocadas em prática ao redor do mundo, estes “mecanismos de apoio a energia FV”, como definido pelo autor, são elencados no quadro 7.

Quadro 7 – Mecanismos institucionais FV

1. Feed-in tariff	Estabelecimento de um preço por parte dos governos, para que as concessionárias de distribuição de energia elétrica paguem por cada kWh produzido através tecnologias baseadas em fontes renováveis.
2. Subsídio de capital	Subsídios financeiros diretos destinados a combater a barreira de custo, tanto para equipamentos específicos ou custos totais de instalações de sistemas fotovoltaicos.
3. Esquemas e eletricidade verde	Permite que clientes comprem eletricidade verde baseada em energia renovável a partir da companhia de eletricidade, geralmente, a um preço diferenciado
4. Regimes específicos de eletricidade verde-FV	Permite que clientes comprem eletricidade verde baseada em energia fotovoltaica a partir da companhia de eletricidade, geralmente, a um preço diferenciado.

5. Portfólio padrão de renováveis (RPS)	Estabelece que a empresa pública de eletricidade mantenha parte do fornecimento de eletricidade a partir de renováveis.
6. Exigência fotovoltaica em RPS	Estabelece que a empresa pública de eletricidade mantenha parte do fornecimento de eletricidade partir de energia fotovoltaica (muitas vezes chamado de set-aside).
7. Fundos de investimento para FV	Ofertas de ações em fundos de investimentos privados, acrescido de outros regimes que se concentram na criação de haveres e sucesso do negócio, usando energia FV como um veículo para atingir estes fins.
8. Créditos de imposto de renda	Permita que algumas ou todas as despesas associadas com a instalação do PV seja deduzido de rendimentos tributáveis.
9. Net metering	O proprietário do sistema recebe valor de varejo para qualquer excesso de eletricidade alimentada na rede, registrado por um contador de eletricidade bidirecional e compensado durante o período de faturamento.
10. Net billing	As tomadas de eletricidade da rede e alimentadores de eletricidade para a rede são controladas separadamente, e a eletricidade que alimenta a rede é avaliada em um determinado preço.
11. Atividades de banco comercial	Inclui atividades como termos de hipoteca de casas, incluindo sistemas

	de PV e empréstimos verdes preferenciais para a instalação de sistemas fotovoltaicos.
12. Atividades de utilidade elétrica	Inclui os regimes de “energia verde”, permitindo aos clientes comprar a eletricidade verde em várias opções de financiamento com os clientes escolhendo o modelo de aquisição de energia.
13. Exigências de construção sustentável	Inclui requisitos relativos à construção de novos empreendimentos (residenciais e comerciais) e também em alguns casos, em propriedades à venda, onde a energia fotovoltaica pode ser incluída como uma opção para reduzir o impacto energético da construção do edifício ou pode ser encomendado especificamente como uma inclusão no desenvolvimento da construção.

Fonte: Feitosa (2010)

O autor ainda fez um apanhado dos mecanismos utilizados por cada país, voltado à assegurar o impulso nas instalações FV nas últimas décadas. Observou que no Japão predomina o programa de incentivo para o uso residencial enquanto na Europa predominam os *feed-in tariffs* e Na China e EUA as Políticas Regulatórias de Concessionárias. A seguir no Quadro 8.

Quadro 8 – Mecanismos institucionais por país

	AUS	AUT	CAN	CHE	DNK	DEU	ESP	FRA	GBR	ISR	ITA	JPN	KOR	MEX	MYS	NLD	NOR	PRT	SWE	USA	
1	•	•	•	•		•	•	•		•	•		•			•		•		•	
2	•	•		•		•		•	•		•	•	•		•					•	•
3	•	•	•	•		•	•		•		•	•									•
4	•	•		•																	•
5	•								•											•	•
6																					•
7			•			•	•														•
8			•	•				•	•						•			•			•
9	•	•	•	•	•				•		•	•		•	•						•
10			•	•		•			•	•		•			•						•
11	•					•			•			•				•					•
12	•		•	•	•	•	•		•	•		•									•
13	•		•	•		•	•		•				•						•		•

Fonte: Feitosa (2010)

Observa-se então, a partir do Quadro 8, A aplicação do *feed-in tariff* colocando-o como principal mecanismo de promoção do desenvolvimento das tecnologias de geração de energia a partir de fontes renováveis. O autor também chama atenção para a diversidade de mecanismos adotados pelos EUA para promover a energia solar fotovoltaica.

De acordo com o relatório “*Supporting Solar Photovoltaic Electricity*” da EPIA o *feed-in tariff* acumula uma série de benefícios definidos pelos seguintes critérios: segurança para investidores, simplicidade e facilidade de implementação, custo efetividade e a capacidade de provocar o crescimento de uma variedade de tecnologias. Como pode ser visto no Figura 8.

Figura 8 – Vantagens e desvantagens

	Segurança do investidor	Simplicidade	Sucesso comprovado	Custo efetividade	Garantia de um mix de tecnologias
<i>Feed-in Tariff</i>	☺☺☺☺	☺☺☺☺	☺☺☺☺	☺☺☺☺	☺☺☺☺
Sistemas de quotas	☹☹☹☹	☹☹☹☹	☹☹☹☹	☹☹☹☹	☹☹☹☹
Investimentos subsidiados	☺	☺☺	☺	☺	☺
Demanda voluntária	☹	☺☺	☹	☺☺☺☺	☹☹☹☹

Fonte: EPIA (2008^a, adaptação Feitosa (2010)).

3.3 Universidade Federal do Espírito Santo – histórico, consumo de eletricidade e reflexões para a adoção da energia solar na UFES

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) é uma instituição autárquica vinculada ao Ministério da Educação (MEC), com autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, e que atua com base no princípio da indissociabilidade entre o ensino, a pesquisa e a extensão, com vocação para atuar em todas as áreas do saber.

Fundada em 5 de maio de 1954, a UFES possui quatro “campi” universitários – em Goiabeiras e Maruípe, na capital; e nos municípios de Alegre, no sul do Estado; e São Mateus, no norte capixaba – com uma área territorial total de 4,3 milhões de metros quadrados. Sua infraestrutura física global é de 298.835 mil metros quadrados de área construída.

A UFES oferece 101 cursos de graduação, com um total de 5.157 vagas anuais. Na pós-graduação possui 53 cursos de mestrado e 22 de doutorado. Possui um quadro de 1.630 professores, 2.200 técnico-administrativos, 19 mil estudantes matriculados na graduação e 2.680 na pós-graduação. Sua sede administrativa central está localizada no campus universitário de Goiabeiras, em Vitória.

Na pesquisa científica e tecnológica a UFES possui cerca de 1.100 projetos em andamento, e na extensão universitária desenvolve 840 projetos e programas com

abrangência em todos os municípios capixabas, contemplando cerca de 800 mil pessoas.

A UFES também presta diversos serviços ao público acadêmico e à comunidade, como teatro, cinema, galerias de arte, centro de ensino de idiomas, bibliotecas, planetário e observatório astronômico, auditórios, ginásio de esportes e outras instalações esportivas.

Oferece também serviços na área de saúde por meio do Hospital Universitário Cassiano Antonio Moraes (HUCAM), com atendimento em dezenas de especialidades médicas, sendo referência em atendimentos de média e alta complexidade.

A UFES está organizada administrativamente da seguinte forma: Reitoria, seis pró-reitorias, 10 centros de ensino, três conselhos superiores, uma superintendência, três secretarias, e 11 órgãos suplementares.

A Reitoria é o órgão executivo máximo da universidade, e é responsável por planejar, administrar, coordenar e fiscalizar todas as atividades da instituição, além de firmar convênios e parcerias para viabilizar projetos relacionados à política universitária, de modo que possam garantir o desenvolvimento e a visibilidade das atividades acadêmicas. O gerenciamento administrativo da UFES é executado pela Reitoria e operacionalizado pelas pró-reitorias – Administração; Extensão; Gestão de Pessoas e Assistência Estudantil; Graduação; Pesquisa e Pós-Graduação; e Planejamento e Desenvolvimento Institucional –, pela Superintendência de Cultura e Comunicação, além das secretarias Comunicação, Cultura e de Relações Internacionais.

As pró-reitorias operacionalizam a gestão da universidade, dando suporte administrativo e acadêmico à Reitoria, cada qual em sua respectiva área e com atribuições específicas. As pró-reitorias da UFES são as seguintes: Administração; Assuntos Estudantis e Cidadania; Extensão; Gestão de Pessoas; Graduação; Planejamento e Desenvolvimento Institucional; Pesquisa e Pós-Graduação.

Os centros de ensino são unidades acadêmico-administrativas que reúnem cursos e departamentos de uma mesma área do conhecimento. Cada centro possui um diretor e um vice-diretor – com mandatos de quatro anos – além do Conselho

Departamental, que é composto pelos chefes de cada departamento. Cabe aos centros de ensino o desenvolvimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão, em articulação com os cursos de graduação e as coordenações dos programas de pós-graduação.

A UFES possui as seguintes unidades de ensino, pesquisa e extensão: Centro de Artes (CAr); Centro de Ciências Agrárias (CCA); Centro de Ciências Exatas (CCE); Centro de Ciências Humanas e Naturais (CCHN); Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas (CCJE); Centro de Ciências da Saúde (CCS); Centro de Educação (CE); Centro de Educação Física e Desportos (CEFD); Centro Tecnológico (CT); Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES).

O departamento é a base da estrutura acadêmica da universidade. Ele reúne os professores por área de conhecimento e atividades-fim, seja no ensino, na pesquisa e na extensão. Os estudantes participam da administração do departamento por meio de representantes eleitos na proporção de um quinto do total de seus membros. A eleição do chefe de departamento é realizada em uma reunião em que cada membro tem um voto, inclusive a representação estudantil. O mandato do chefe de departamento é de dois anos. Todos os departamentos estão vinculados, por afinidade temática, a um Centro de Ensino.

Cada curso de graduação da UFES é coordenado por um Colegiado que reúne professores de cada departamento e representantes estudantis matriculados no respectivo curso. O responsável pelo Colegiado é o coordenador, a quem compete, dentre várias atividades, programar semestralmente a oferta de disciplinas para o curso, além de orientar o aluno nas questões relacionadas à sua vida acadêmica.

Há na UFES três Conselhos Superiores:

- 1) O Conselho Universitário (Consuni) – Consuni é o órgão superior deliberativo e consultivo da UFES em matéria de política universitária, administrativa, financeira e de planejamento. Ele é composto pelo reitor, que o preside, pela vice-reitora, pelos diretores dos centros de ensino, pelos pró-reitores de Administração e de Planejamento e Desenvolvimento Institucional, pelo diretor do Hospital Universitário Cassiano Antonio Moraes, e por representantes do corpo docente, técnico-administrativo e estudantes da universidade. Os membros do Conselho se reúnem

em sessões ordinárias, em datas pré-fixadas, uma vez por mês. Para cada membro do conselho há um suplente.

2) O Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão (Cepe) – Cepe é o órgão central da UFES para atuar em questões de supervisão de ensino, de pesquisa e de extensão, com funções deliberativas e consultivas. Ele é formado por 33 membros e seus respectivos suplentes. Os membros do Cepe se reúnem, ordinariamente, duas vezes por mês. O Cepe é presidido pelo reitor; e é também composto pela vice-reitora; por dois representantes dos professores de cada centro de ensino; pelos pró-reitores de graduação, de extensão, e de pesquisa e pós-graduação; por dois representantes do corpo técnico-administrativo e por seis dos estudantes.

3) O Conselho de Curadores (CUr) – CUr é o órgão deliberativo e consultivo em matéria de fiscalização econômico-financeira. Acompanha e fiscaliza a execução orçamentária da Universidade por meio de documentação a ele encaminhada pelo Departamento de Contabilidade e Finanças (DCF) e pelas Unidades Descentralizadas (Centros de Ensino). Tem a responsabilidade de aprovar os balancetes financeiros mensais e a prestação anual de contas da Universidade apresentada pelo reitor, para que ao fim seja enviada à Secretaria Federal de Controle da Controladoria Geral da União (CGU). O conselho é formado por um presidente, um vice-presidente e por representantes dos professores da UFES – eleitos pelo Consuni e pelo Cepe – um representante do Ministério da Educação (MEC), um da comunidade, um do corpo técnico-administrativo, e um dos estudantes.

Na estrutura da UFES há ainda uma Superintendência de Cultura e Comunicação; Secretarias e Órgãos Suplementares.

1) A Superintendência de Cultura e Comunicação – Supecc é um órgão vinculado à Administração Central com a função de articular, propor, coordenar, executar e supervisionar as ações desenvolvidas pela universidade nas áreas de cultura e de comunicação. A Supecc está localizada no primeiro andar do prédio da Administração Central (Reitoria), no campus de Goiabeiras, Vitória. A superintendente de Comunicação e Cultura é a professora doutora Ruth Reis, do Departamento de Comunicação Social, do Centro de Artes da UFES. Vinculadas à Supecc estão as secretarias de Cultura e a de Comunicação.

2) Secretarias – São unidades administrativas vinculadas à Administração Central que executam atividades específicas em uma determinada área considerada relevante para a vida acadêmica. A UFES possui cinco secretarias: Avaliação Institucional; Comunicação; Cultura; Ensino a Distância; Relações Internacionais

3) Órgãos Suplementares – As atividades da Universidade são complementadas pelos seguintes órgãos suplementares: Biblioteca Central; Instituto de Odontologia (Ioufes); Instituto Tecnológico (Itufes); Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI); Prefeitura Universitária

A UFES possui quatro “campi” universitários: Goiabeiras e Maruípe, em Vitória; e em Alegre, sul do Estado; e São Mateus, ao norte. São 1.696 professores, sendo 343 mestres e 1.218 doutores; 2.072 servidores técnico-administrativos; 18.559 estudantes nos cursos de graduação presencial e 1.852 na modalidade a distância; na pós-graduação são 792 estudantes matriculados nos cursos de doutorado e 2.384 nos cursos de mestrado.

Possui ainda o Hospital Universitário Cassiano Antonio Moraes (HUCAM), com 218 leitos e 1.598 profissionais, sendo 290 médicos, 266 enfermeiros, 390 técnicos de enfermagem, 130 auxiliares de enfermagem, um atendente de enfermagem, 266 em funções assistenciais, e 190 em cargos administrativos. O HUCAM realiza, anualmente, 10.700 internações, 8.300 cirurgias, 1.400 partos, 180 mil consultas, 13.990 atendimentos de urgência e emergência, e 580 mil exames laboratoriais.

O Sistema Integrado de Bibliotecas da UFES possui oito unidades distribuídas nos quatro campi universitários, com um acervo de 359.284 exemplares e 157.274 títulos.

A UFES mantém 105 cursos de graduação, com a oferta de 4.670 vagas. Possui 58 cursos de mestrado e 26 de doutorado. Na extensão universitária a UFES desenvolve 765 programas e projetos, contemplando 1.395.644 atendimentos à comunidade. Sua área construída total nos quatro campi é de 301.244 metros quadrados.

No tocante consumo de energia elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo, em 2015, houve um gasto de R\$ 13.046.256,37 com energia elétrica. Destes, R\$ 8.607.245,46, isso representa mais de 65% do total, foram apenas do campus

Goiabeiras, maior e mais importante campus da universidade, visto que é o que tem mais alunos, servidores, professores e concentra a gestão da Universidade como um todo através da Reitoria e da Prefeitura Universitária.

A estimativa era de R\$ 17.373.600,00 para 2016, porém com uma política de redução de custos, a universidade adotou uma jornada especial em janeiro e meados de fevereiro que contribuíram em muito para a redução no consumo. O consumo de 2016 está menor que o de 2015 com essa política.

A título de histórico e formulando uma perspectiva de consumo, em 2014 a universidade, no campus de Goiabeiras, teve uma média de consumo mensal de 916.192 kWh somando-se 10.994.305 kWh ao final daquele ano, resultando um consumo médio de R\$ 250.241,04 e faturamento médio de R\$ 412.137,71 resultando um gasto de R\$ 0,2731 por kWh de consumo e R\$ 0,4498 por kWh faturado. Em 2015 houve um incremento no consumo e o gasto médio mensal alcançou 1.000.525,08 kWh, desta forma o custo acabou sendo maior visto que se extrapolou mais a demanda contratada, o custo médio mensal foi de R\$ 422.994,77 por sua vez o custo total médio mensal foi de R\$ 717.270,46, resultando assim em R\$ 0,4227 por kWh e R\$ 0,7168 por kWh faturado. Em 2016 a média mensal até julho é 928.669,29 kWh, sendo o consumo pago de R\$ 395.257,62 e o faturamento médio de R\$ 701.962,69.

A partir destes dados pode-se concluir que houve um aumento de 9,2% no consumo médio de 2014 para 2015 e diminuição de 7,3% de 2015 para 2016. No geral, de 2014 para 2016 houve aumento de 1,3% no consumo, esta oscilação provavelmente foi influenciada pela decisão do reitor de implementar meia jornada de trabalho dos servidores durante o recesso escolar, em janeiro de 2016 o consumo foi 20% menor que o consumo de 2015 no mesmo mês.

Analisando os dados financeiros, o preço por kWh no consumo direto em reais teve um aumento de 54,7% de 2014 para 2015 e aumentou 0,6% de 2015 para 2016. No faturamento, por sua vez, o preço por kWh teve um aumento de 44,9% de 2014 para 2015 e de 5,4% de 2015 para 2016.

Desta forma, identifica-se uma crescente demanda por energia elétrica no campus de Goiabeiras alinhada com aumento do preço cobrado por kWh. Segue no Quadro 9 o resumo dos dados apresentados.

Quadro 9 - Consumo (kWh) campus Goiabeiras

Ano	2014	2015	2016
Média mensal	916.192,08	1.000.525,08	928.669,29*
Total Anual	10.994.305	12.006.301	6.500.685*

Fonte: UFES (*dados até julho)

Os valores pagos em energia elétrica podem ser melhor visualizados no Quadro 10 e no Quadro 11.

Quadro 10 - Consumo (R\$) campus Goiabeiras

Ano	2014	2015	2016
Média mensal	R\$ 250.241,04	R\$ 422.994,77	R\$ 395.257,62*
Total Anual	R\$ 3.000.892,51	R\$ 5.075.937,24	R\$ 2.766.803,37*

Fonte: UFES (*dados até julho)

Quadro 11 - Faturado (R\$) campus Goiabeiras

Ano	2014	2015	2016
Média mensal	R\$ 412.137,71	R\$ 717.270,46	R\$ 701.962,69*
Total Anual	R\$ 4.945.652,54	R\$ 8.607.245,46	R\$ 4.913.738,82*

Fonte: UFES (*dados até julho)

Partindo dos dados da UFES para o mercado temos que acontecimentos no Brasil ajudam a criar um ambiente favorável, como exemplos dados por outras instituições e o crescente mercado fotovoltaico, que não mais depende de uma mão de obra superqualificada e escassa.

Quanto a questões relativas aos exemplos dados por outras universidades, pode-se destacar a FUCAPE no estado do Espírito Santo e a UFRJ em ambiente nacional.

De acordo com o Portal Solar já são 1250 empresas que trabalham com energia solar no Brasil que estão cadastradas no portal, isso representaria, segundo eles, pelo menos 80% do total das empresas que trabalham com energia solar no Brasil.

A crescente necessidade de demanda de energia somada ao aumento do preço praticado por Kwh tem gerado um aumento significativo das empresas que trabalham com painéis solares.

A Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE) lançou em 2016 o “Projeto Fotovoltaico da FUCAPE” que propõe o funcionamento da faculdade com energia integralmente proveniente da energia solar. Denominado de Estacionamento Verde, o parque de produção elétrico conta com uma potência instalada de 100 kWp, sendo assim, atualmente a maior e primeira usina de mini geração fotovoltaica do Estado do Espírito Santo. Um investimento que mitiga a utilização de energia da Faculdade gerando economia no longo prazo sobre a conta de energia elétrica. A expectativa é que o parque produza ainda um sobressalente de 20% da demanda da FUCAPE, assim garantido que com o aumento de demanda a faculdade ainda tenha o consumo total suprido.

De acordo com Carlos Delpupo¹⁴, diretor da SSE Energias Renováveis (empresa contratada para o construção da usina) e engenheiro do projeto, o projeto se pagará com 6 ou 7 anos tendo vida útil de 30 anos.

O investimento foi da ordem de R\$ 780.000,00¹⁵ a estimativa de geração anual chega a 159.000 kWh por ano. Este valor de investimento agrega a estrutura de produção fotovoltaica e o estacionamento juntos.

Voltando para o caso da UFES, este trabalho focou um produção bem menor que necessitaria de um espaço físico bem menor, aqui não se trata de uma apresentação de todas as possibilidades inerentes a UFES sobre este investimento, trata-se de uma análise de implementação e demonstração de viabilidade técnica e financeira.

A UFRJ foi a pioneira dentre as universidades públicas ao inaugurar o maior estacionamento solar do Brasil, até então, capaz de gerar uma economia de R\$ 63 mil por ano na conta de luz da universidade. O projeto conta com o potencial de gerar 140.000 kWh por ano. O investimento do projeto foi de R\$ 1,6 milhões.

¹⁴ A entrevista esta disponível na integra em:
http://www.eshoje.jor.br/_conteudo/2016/09/noticias/geral/43919-faculdade-de-vitoria-funcionara-com-energia-solar.html.

¹⁵ Segundo a acessória da empresa por em contato por e-mail.

Para além da questão econômica deve-se levar ainda em consideração a questão ambiental, esse projeto da UFRJ permite que cerca de 70 toneladas de dióxido de carbono (CO₂)¹⁶ deixem de ser emitidas por ano na atmosfera, ajudando na redução do aquecimento global.

A formulação de um plano de intervenção que contempla fatores inerentes à UFES pode ser encontrada no próximo capítulo, observadas a necessidade da universidade e as condições que a mesma apresenta para a implementação da energia solar fotovoltaica.

¹⁶ Matéria que trata os dados: <http://solarenergy.com.br/2015/08/tenha-seu-proprio-estacionamento-solar-e-economize-energia/>

PLANO DE INTERVENÇÃO

PLANO DE INTERVENÇÃO – Racionalização do uso da energia elétrica e substituição gradativa por energia solar

A formulação de um plano de intervenção depende primeiramente de uma estratégia de inserção do objeto proposto ao objetivo visado. Houve, então, uma pesquisa de mercado buscando empresas atuantes no mercado de ESFV no Brasil com disponibilidade pela internet. Foram dois orçamentos reais de 1000 kWh/mês para criar um portfólio de estimativa do custo e do retorno esperado. Outros orçamentos foram pedidos, porém sem resposta, entretanto uma ferramenta de especulação de preço do investimento está disponível no Portal Solar, a especulação do investimento financeiro necessário para um equipamento com capacidade de produção de 1000 kWh/mês ficou na mesma faixa de preço do que foi orçado, variando na verdade 5% a mais do que foi cotado, de forma que o orçamento ficou mais barato do que a estimativa do site gerando assim confiança de que o valor especulado esteja dentro do praticado pelo mercado.

Dentro das perspectivas de implementação da energia solar na UFES temos quatro opções:

- a) 0,1% do gasto da UFES em energia, o que seria um projeto piloto;
- b) 2% do gasto energético da UFES;
- c) um projeto maior com 10% do gasto da UFES em energia;
- d) um projeto audacioso que abrange 100% da demanda energética da UFES.

A primeira opção são os orçamentos de 1000 kWh/mês que representam um total de 0,1% da energia total demandada pela universidade na média de consumo de 2015. Esse investimento financeiro seria de R\$ 50.878,31 por uma empresa ou R\$ 53.898,36 pela outra. Esta minigeração seria capaz de, mantendo-se valores de 2015, economizar R\$ 422,99 por mês na conta da universidade se considerado o valor pago por kWh/mês ou até R\$ 717,27 se considerados os valores totais pagos pela universidade com despesas em eletricidade.

Esta economia mensal revertida ao pagamento do investimento permitiria o retorno completo em exatos dez anos, caso considerados os custos totais com energia, o retorno aconteceria em menos de seis anos. Ainda os equipamentos dotam de garantia de 10 anos e vida útil estimada em 25 anos, sendo assim não há de se discutir a viabilidade técnica x econômica do investimento, ela é real, tangível e segura.

Uma outra opção seria o investimento em 2% da demanda, este numero foi considerado para 50 investimentos iguais terem a totalidade do consumo da UFES. Com um investimento da ordem de R\$ 1.298.320,00 a economia gerada alcança R\$ 8.459,90 mensais para o consumo e R\$ 14.345,41 para o faturamento, o payback é de 12 anos e dez meses para o consumo e de sete anos e meio para o faturamento.

Na terceira opção, foi levantado o custo de implementação de uma geração de 100052 kWh/mês, ou seja, 10% do consumo mensal da universidade. Não obtivemos resposta quanto aos orçamentos, talvez as empresas consultadas não tinham aporte para realizar tal empreendimento. O custo estimado varia entre R\$ 4.868.640,00 até R\$ 6.491.520,00. Seria capaz de gerar uma economia de R\$ 42.299,47 no consumo e de R\$ 71.727,04 no faturado. tomando-se por base o pior cenário de custo, podemos concluir que o investimento teria um payback de doze anos e dez meses para o consumo e de sete anos e meio no faturado. Ou seja, dentro do supracitado período de garantia e muito antes do tempo de vida estimado do produto.

Na ultima opção apresentamos um megainvestimento capaz de zerar a conta de luz da universidade. Mais uma vez houve uma faixa de preço que tomaremos por base o valor mais alto que foi de R\$ 56.800.800,00, a título de curiosidade o menor valor corresponde a 82% deste valor e não esta fora da realidade do mercado como já exposto aqui. O payback esperado é de doze anos e dois meses para o valor de consumo e de seis anos e meio para o valor faturado.

Conclusão

É possível que estas informações estejam dentro da realidade do mercado hoje, as tecnologias tem ficado cada vez mais baratas e mais produtivas, não há mais motivos pra se esperar que a tecnologia se desenvolva, pois a mesma já esta no

patamar aceitável gerando condições favoráveis para sua implementação, visto o custo reduzido e viabilidade técnica.

Aproveitando a oportunidade este trabalho traz certas recomendações a seguir que poderiam ser adotadas para uma melhor gerencia da eletricidade no campus:

- a) Utilização de padrões de energia elétrica nos prédios;
- b) Medidas de racionalização do uso da energia elétrica;
- c) Medidas para se evitar gastos com multas e juros;
- d) Substituição gradativa da energia convencional pela solar.

A utilização dos padrões poderia ajudar no controle do gasto, identificar possíveis problemas elétricos e criar um histórico de utilização por determinado prédio ou área. Essa informação cairia como uma ferramenta de gestão auxiliando na administração energética do campus. Não se pode administrar o que não se pode medir¹⁷.

Medidas de racionalização deveriam ser implementadas em toda a universidade, até mesmo conscientizando usuários a respeito do elevado custo que determinados aparelhos como ar condicionados geram, no prédio do ED7, por exemplo, os equipamentos são de 46000 BTUh gerando um consumo de 115,7 kWh por hora caso os 26 estejam ligados ao mesmo tempo.

O gasto com juros e multas apesar de ser uma parcela do que acaba transformando o faturamento, deve ser evitado a fim de diminuir esta lacuna de 70% a mais pago do que é consumido.

Já a substituição gradativa que pode ser tanto de 1000 kWh, quanto de 2% ou 10% é uma medida que em média se paga em sete anos, deixando o legado por quase vinte a mais depois que se paga. Um investimento que pode ser desde pequeno até médio, trazendo resultado garantido.

A gestão de uma universidade ou de um órgão público em geral não pode ficar refém de políticas de mandatos. É necessário que investimentos sejam feitos em

¹⁷ Peter Drucker é considerado o pai da administração moderna, ele afirmava que "não se gerencia o que não se pode medir".

longo prazo buscando melhoria no serviço prestado e economia de dinheiro público. Um investimento fotovoltaico garantiria que em pouco tempo a universidade deixasse de pagar conta de luz, ou pagasse quantidades bem menores e pudesse realocar este dinheiro para o melhor funcionamento da instituição.

REFERÊNCIAS

Ambiente Brasil (2016). Histórico das Células Fotovoltaicas e a Evolução da Utilização de Energia Solar. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia_solar/historico_das_celulas_fotovoltaicas_e_a_evolucao_da_utilizacao_de_energia_solar.html. Acesso em: 15 de jun. 2016.

ANEEL (2005) Agencia Nacional De Energia Elétrica. Atlas De Energia elétrica Do Brasil. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Brasília. 2005.

ANEEL (2008) Agencia Nacional De Energia Elétrica. Atlas De Energia elétrica Do Brasil. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>. Brasília. 2008

BOULDING, Kenneth Ewart. The economics of the coming spaceship Earth, in H. Jarrett (ed.) Environmental Quality in a Growing Economy, Baltimore: John Hopkins Press, 1966.

CRESESB (2014). Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014). Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Rio de Janeiro. 2014

CRESESB (2016). Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014). Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>. Acesso em 15 de jun. 2016.

DALCOMUNI, S. M. (2012). Sustentabilidade, Economia Verde e pagamento por Prestação de Serviços Ambientais (PSAs): O Projeto Produtores de Água no Espírito Santo. 2012 (Obra inédita submetida ao 50º Congresso da SOBER em Vitória – julho de 2012).

DALCOMUNI, Sonia Maria. Dynamic capabilities for cleaner production innovation: the case of the market export pulp in Brazil. Tese (Doutorado em Economia) – University of Sussex, UK, 1997.

DALY, Herman E. The Economics of the Steady State. The American Economic Review, Vol. 64, No. 2, Papers and Proceedings of the Eighty-sixth Annual Meeting of the American Economic Association, 1974, p. 15-21.

DASOL (2014). Departamento Nacional de Aquecimento Solar. Energia Solar Térmica. Disponível em: http://media.wix.com/ugd/94ebc2_699c82e7b9674fd58e4c9ba1ec247355.pdf. São Paulo. 2014.

EPE (2014) Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>. Rio de Janeiro. 2014.

EPE (2015) Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>. Rio de Janeiro. 2015.

EPE (2016) Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf. Rio de Janeiro. 2016.

FAPESP (2010) Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Um Futuro Com Energia Sustentável: Iluminando O Caminho. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf>. São Paulo. 2010.

FEITOSA, Paulo Henrique. (2010). A transição tecnologica rumo à economia do baixo carbono: o papel da energia solar fotovoltaica. Dissertação de mestrado. Vitória: UFES.

FREEMAN, Chris and SOETE, Luc. The economics of industrial innovation. Third Edition. First Edited by Penguin Books, 1974. London: Pinter, 1997.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. Energy and economic myths. Southern Economic Journal. 41, n°. 3, January 1975.

Georgescu-Roegen, Nicholas. The Entropy law and the economic process in retrospect. Estern Economic Journal. Volume XII, n°. I, January-march 1986.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. The Entropy law and the economic process. Cambridge, Mass: Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1999.

IEA (2006) Energy Information Administration .Annual Energy Outlook. Disponível em: <http://www.eia.gov/>. Washington. 2006.

IEA (2015). Energy Information Administration .Annual Energy Outlook. Disponível em: [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf). Washington. 2015.

Kemerich et. Al. Potencialidade De Utilização Da Energia Geotérmica No Brasil – Uma Revisão De Literatura . Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 26 (2013), p. 155-168.

Lube, Felipe; Dalcomuni, Sonia Maria. Energia Do Hidrogênio Para Uma “Economia Verde”: Reflexões sobre o Brasil. Alemanha: Editora NEA. 2013.

MARCOVITCH, Jacques (Org.). A redução de emissões de gases de efeito estufa e a legislação brasileira. São Paulo: FEA/USP, 2010-2011. Disponível em: <http://www.usp.br/mudarfuturo/cms>

MAY, Peter H. e LUSTOSA, Maria Cecília e Vinha, Valéria da. Economia do Meio Ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

Portal Solar (2016). Energia Fotovoltaica. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>. Acesso em: 15 de jun. 2016.

Santos, Isis Portolan dos. Integração De Painéis Solares Fotovoltaicos Em Edificações Residenciais E Sua Contribuição Em Um Alimentador De Energia De Zona Urbana Mista. Florianópolis: UFSC. 2009.

Takenaka, Fátima Oliveira. Avaliação do Potencial de Geração de Energia Solar Fotovoltaica na Cobertura Das Edificações Do Campus I - Cefet- MG, Interligado À Rede Elétrica. Florianópolis: UFSC. 2010.

U.S. EPA. 2014. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2012. EPA 430–R–14–003. Disponível em: <https://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/ghgemissions/US-GHG-Inventory-2014-Main-Text.pdf>. Washington. 2014. Acesso em: 15 de jun. 2016.

UFES (2016) Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <http://www.ufes.br/>. Acesso em: 15 de jun. 2016.

UNEP - United Nations Environment Programme. (fevereiro de 2011). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Disponível em UNEP: http://web.unep.org/greeneconomy/sites/unep.org.greeneconomy/files/field/image/green_economyreport_final_dec2011.pdf

VEIGA, José Eli da. Mundo em transe: do aquecimento global ao ecodesenvolvimento. Campinas: Editora Autores Associados LTDA, 2009.