

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

INVESTIMENTOS EM ENERGIA SOLAR NO BRASIL

João Victor Gomes Silva
Nº de matrícula: 0611147

Orientador: **Prof. Rogério Werneck**

Junho de 2010

“Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor”.

X _____
João Victor Gomes Silva

Termo de Responsabilidade

“As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor”

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, força e fé com as quais sigo até hoje.

Aos meus pais, pelo amor e dedicação incondicionais, sem os quais não poderia estar me formando.

Ao meu irmão, que do seu jeito sempre soube me dar conselhos e sempre esteve ao meu lado.

Aos meus amigos, pela amizade e pela força.

Ao professor Rogério Werneck, pela paciência e esforço com os quais me orientou no desenvolvimento desse trabalho.

A todos os outros professores do departamento de Economia da PUC-Rio, que tanto se esforçaram para me ensinarem tudo o que aprendi nos cursos da graduação.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a importância da geração de energia por fontes “limpas” e renováveis - com o foco na geração solar - como alternativa para a solução do aquecimento global e para a escassez de energia elétrica no Brasil. Pretende também identificar os porquês do sucesso desses investimentos em outros países e identificar alguns instrumentos de incentivos à geração solar. O estudo se inicia no reconhecimento do problema do aquecimento global e das condições do Brasil em relação às fontes renováveis. As seções dedicadas à caracterização dos custos de produção da energia solar e dos estudos sobre os investimentos nesse tipo de geração via programas federais mostram as dificuldades do desenvolvimento dessa geração. Em seguida serão estudados três instrumentos de incentivos à geração solar: (i) incentivos fiscais – subsídios e isenção de impostos; (ii) medidas regulatórias – a *feed-in tariff* e (iii) acordos voluntários, além de uma seção dedicada à análise do sucesso da Alemanha em relação à geração solar. O objetivo dessas duas últimas seções é demonstrar que apesar dos altos custos de produção, a geração solar ainda pode ser desenvolvida.

Palavras-chave: Aquecimento global, Energia Solar, *Feed-in Tariff* e Fontes Renováveis.

Sumário

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Introdução | 7 |
| II. | O Aquecimento Global e a geração de energia por fontes renováveis | 9 |
| III. | As condições brasileiras em relação a energias renováveis | 14 |
| IV. | Os custos de produção de energia por fontes renováveis | 19 |
| V. | Os investimentos em geração solar no Brasil | 21 |
| VI. | Possíveis Formas de incentivos à geração solar no Brasil | 25 |
| VII. | Análise do sucesso da geração solar na Europa: o exemplo da Alemanha | 30 |
| VIII. | Conclusão | 35 |
| IX. | Referências Bibliográficas | 36 |
| | ANEXO 1 – Tarifas instituídas pela feed-in tariff na Alemanha (hidroeletricidade e energia eólica) | 39 |
| | ANEXO 2 – Tarifas instituídas pela feed-in tariff na Alemanha (biomassa e energia solar fotovoltaica) | 40 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Capacidade Instalada de Geração elétrica no Brasil (2000 – 2008) | 17 |
| Tabela 2: Custos de Investimento Referenciais na Geração de Energia Elétrica | 19 |
| Tabela 3: Geração de energia elétrica por fontes renováveis na Alemanha (1990-2009) ... | 32 |
| Tabela 4: Capacidade Instalada para geração de energia elétrica por fontes renováveis na Alemanha (1990-2009) | 33 |

I. Introdução

Segundo o relatório da organização *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) o fenômeno do aquecimento global é consequência da ação do homem. O agravamento do efeito estufa é resultado da queima de combustíveis fósseis iniciada com a revolução industrial, além do desmatamento em escala planetária.¹

Grande parte desse problema advém da geração de energia, indispensável ao crescimento da economia de um país. Por isso, existe atualmente forte apelo pela geração de energia através de fontes renováveis e “limpas”, como eólica, biomassa, hidroeletricidade – via usina hidroelétrica (UHE) de grande porte ou pequena central hidroelétrica (PCH) - e solar.

O Brasil possui um elemento diferencial em sua matriz elétrica que é o perfil da geração, com uso preponderante de fontes hídricas (cerca de 85%), fazendo com que seja considerada uma das mais limpas do mundo. Além disso, possui grande potencial para todas as fontes renováveis, em função da sua localização geográfica e características climáticas. Assim sendo, o país tem uma oportunidade de liderar uma verdadeira revolução global em relação à geração de energia.

A geração de energia por fontes renováveis e “limpas” tem ainda outro ponto positivo para o Brasil: a garantia de segurança energética, da qual o país carece atualmente, com uma oferta insuficiente para suprir a demanda por energia necessária ao crescimento esperado da economia.

Ainda assim, em se tratando especificamente da geração solar, o país carece de incentivos e, portanto, de investimentos nesse setor. A inexistência de um marco regulatório, a falta de políticas públicas que visem baratear os altos custos dos bens de capital empregados na indústria são exemplos das dificuldades enfrentadas no país.

O presente estudo pretende demonstrar a importância da geração de energia por fontes renováveis e “limpas”, especificamente a geração solar, como solução para o problema do aquecimento global e do desenvolvimento sustentável da economia. Pretende também salientar a enorme vantagem do Brasil em relação à geração solar, além de

¹ Ver IPCC, 2007b, p.97

apresentar uma análise do caso de sucesso em um país modelo nessa geração - a Alemanha – e um estudo de alguns instrumentos políticos que poderiam incentivar a geração solar no Brasil, entre os quais: programas nacionais (LUZ PARA TODOS, PRODEEM e PROINFA), medidas regulatórias (especificamente a política da *feed-in tariff*), incentivos fiscais (política de subsídios e /ou isenção de impostos) e acordos voluntários (iniciativas privadas com apoio governamental).

II. O Aquecimento Global e a geração de energia por fontes renováveis

O efeito estufa é um fenômeno natural do planeta Terra, sem o qual a superfície do planeta não teria uma temperatura quente. E como funciona? O Sol fornece energia à Terra a partir de radiações. Aproximadamente um terço da energia solar que chega à atmosfera terrestre é refletida diretamente de volta para o espaço. O restante desta energia é absorvida pela superfície e pela atmosfera do planeta. Para contrabalançar essa energia, o planeta Terra precisa emitir a mesma quantidade de energia de volta para o espaço. Tudo na Terra emite energia continuamente, como o calor proveniente de uma fogueira, ou quanto mais quente for um objeto etc. O fenômeno do efeito estufa pode ser explicado como uma espécie de “efeito cobertor ou refletor”, na medida em que parte dessa energia refletida pelo planeta Terra é mantida na atmosfera e superfície terrestre. Ele acontece, pois as atividades naturais terrestres emitem os chamados Gases do Efeito Estufa (GEE), em inglês *Greenhouse Gases* – dióxido de carbono (CO₂), metano e óxido nitroso, principalmente - que servem como esses “refletores”. Resumindo, o Sol emite radiações para a Terra, que por sua vez, emite energia para o espaço. Os GEE servem como refletores para uma parte da energia que o planeta emite. A energia refletida pelos GEE aquece a atmosfera e superfície terrestre. Sem o efeito estufa a temperatura no planeta seria abaixo de zero graus Celsius (0°C) - o ponto de congelamento da água. Portanto, o fenômeno natural do efeito estufa do planeta Terra é exatamente o que torna possível a sobrevivência no mesmo. Vale notar que os dois mais abundantes gases constituintes da atmosfera terrestre – nitrogênio e oxigênio - não produzem tal efeito.

A atividade humana intensifica esse fenômeno, pois emite os gases causadores do mesmo, a partir da produção de energia, queima de combustíveis fósseis, desmatamento de grandes florestas etc. De acordo com relatório da organização *Intergovernmental Panel on Climate Change*, “... a quantidade de CO₂ na atmosfera aumentou em cerca de 35% desde o início da era industrial” (IPCC, 2007b, p.97). Esse aumento não natural do efeito estufa, causado pela ação do homem, traz graves conseqüências para o clima. A mais preocupante e relevante é o chamado aquecimento global.

A crescente preocupação com a questão do aquecimento global e as conseqüências catastróficas que podem dele surgir, como secas, derretimento das calotas polares com conseqüente aumento do nível do mar, furacões e queimadas, fez com que os líderes mundiais se reunissem em conferências para discutirem formas de redução da emissão de GEE, como por exemplo, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, mais conhecida como ECO-92, realizada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, em 1992, com 192 chefes de Estado de todo o mundo, que originou a elaboração de alguns documentos oficiais, dentre os quais a Agenda 21. Esse último documento por sua vez, introduziu o conceito de “Desenvolvimento Sustentável” que ficou definido pela *World Commission on Environment and Development* como “... desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (IPCC, 2007a, p.122). Além disso, a ECO-92 contribuiu para o reconhecimento de que as mudanças climáticas são e foram majoritariamente causadas por países desenvolvidos enquanto que os países em desenvolvimento necessitam de apoio financeiro e tecnológico para conseguirem um desenvolvimento sustentável. Nesta conferência, porém, não foram assinados tratados que fixavam metas ou limites mandatários para as emissões de GEE, mas sim disposições para atualizações que teriam exatamente este objetivo. O Protocolo de Kyoto é exatamente uma dessas atualizações e, pode ser visto como a complementação da ECO-92. Discutido e assinado na cidade de Kyoto, Japão, em 1997 e ratificado em 2005, é um tratado com compromissos mais claros e rígidos para a redução da emissão de GEE. Por ele, 37 países industrializados - fora o Estados Unidos da América (EUA) - e a Comunidade Européia (CE) se comprometeram em reduzir suas emissões de GEE em uma média de 5% até 2012 em relação aos níveis de 1990 (UNFCCC, 1998, p.3). O Protocolo também permite que esses países atendam a essas demandas a partir da criação e/ou compra de créditos de carbono ou Redução Certificada de Emissão (RCE), em inglês *Certified Emission Reduction* - cada crédito equivale a uma tonelada de CO₂ emitida.

Esse mercado de crédito de carbono funciona da seguinte maneira: agências de proteção ambiental de um país estabelecem metas de emissão de GEE para indústrias operantes nesse mesmo país. Se uma indústria qualquer necessita de um nível maior de emissão para viabilizar suas operações, pode adquirir neste mercado, os certificados de

emissão – créditos de carbono - através de outras indústrias que conseguiram ficar abaixo de suas metas de emissão de GEE. Assim, o “superávit” das emissões de uma indústria contrabalançam os “déficits” de outra a partir de operações no mercado de créditos de carbono, deixando o nível de emissões no equilíbrio estabelecido pelo órgão ambiental nacional. Os créditos de carbono são também originados quando se investe em projetos de desenvolvimento sustentável que reduzem emissões de GEE em países em desenvolvimento.

O processo de geração de energia, indispensável ao crescimento de um país é grande parte do problema do aquecimento global, pois a energia advém da queima de combustíveis fósseis, e, portanto, a mitigação de emissões de GEE é uma questão central desse problema. A mitigação ocorre necessariamente através da intervenção humana via projetos “*climate/environmental friendly*”, como por exemplo, o desenvolvimento das chamadas tecnologias verdes ou o reflorestamento de grandes áreas, que reabsorveriam o CO₂ (principal GEE). Um exemplo para as tecnologias verdes se encontra nas gerações de energia por fontes renováveis e “limpas”, isto é, que não contaminem a atmosfera terrestre com GEE, como por exemplo, eólica, biomassa, hidroeletricidade e solar. Existe atualmente um forte apelo para que os países em desenvolvimento tenham sua economia sustentada por uma matriz energética renovável e “limpa”.

A energia eólica é aquela proveniente dos ventos e vem se destacando nos últimos tempos. De acordo com dados da *World Wind Energy Association (WWEA)*, a capacidade instalada mundial da energia eólica aumentou 1.520% entre 1997 e 2008, passando de 7,48 para 121,188 GW (WWEA, 2009, p.4). Os grandes argumentos favoráveis a esse tipo de geração são: o fato de ser renovável, limpa, ter grande disponibilidade e custo zero para obtenção de suprimento (ao contrário do que ocorre com as fontes fósseis). O principal argumento contrário é o custo que, embora seja decrescente, ainda é elevado na comparação com outras fontes - somente como exemplo, de acordo com a última edição do Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2008 (AEEB 2008) – última tiragem -, “... em 2008, no Brasil, considerando-se também os impostos embutidos, o custo era de cerca de R\$ 230,00 por MWh, enquanto o custo da energia hidrelétrica estava em torno dos R\$ 100,00 por MWh” (ANEEL, 2008, p.80) – além de ser muito volátil, já que depende da incidência dos ventos.

Segundo o AEEB 2008 biomassa é “... qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica (...). De acordo com a sua origem, pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo). Os derivados obtidos dependem tanto da matéria-prima utilizada (cujo potencial energético varia de tipo para tipo) quanto da tecnologia de processamento para obtenção dos energéticos” (ANEEL, 2008, p.67). A biomassa é uma das fontes renováveis e “limpas” de geração de energia considerada uma das melhores alternativas para a diversificação da matriz energética e conseqüente redução da dependência de combustíveis. Dela, além de energia elétrica, é possível se obter biocombustíveis, como o álcool, biodiesel e o etanol, que são substitutos de derivados de petróleo como óleo diesel, gasolina e querosene. Pode-se também dizer que, além de contribuir para a não emissão de GEE, a biomassa contribui para a redução desses mesmos gases na atmosfera. Uma vez que é produzida a partir de cana-de-açúcar e milho, principalmente, a fotossíntese realizada por essas duas plantas necessita de CO₂, e da energia solar, para o início do processo e, tem como resultado a liberação de oxigênio para a atmosfera. Assim, o próprio insumo considerado como biomassa já é um agente redutor de GEE.

A energia hidroelétrica se origina a partir do aproveitamento dos fluxos das águas e, a água é o recurso natural mais abundante no planeta Terra. De acordo com AEEB o 2008 “... um volume estimado de 1,36 bilhão de quilômetros cúbicos (km³) recobre $\frac{2}{3}$ da superfície do planeta sob a forma de oceanos, calotas polares, rios e lagos. Além disso, pode ser encontrada em aquíferos subterrâneos, como o Guarani, no Sudeste brasileiro” (ANEEL, 2008, p.51). Assim como a energia eólica, a hidroeletricidade é também uma das poucas fontes para produção de energia que não agrava o problema do aquecimento global – por não liberar GEE em seu processo de produção -, sendo também renovável, sem custos de suprimento e como já mencionado, com enorme disponibilidade. Há, porém, um grande argumento contrário a esse tipo de geração, que é o fato de o aproveitamento ser feito em grandes UHE`s, como Itaipu, no Brasil e Três Gargantas, na China, o que geralmente implica no alagamento obrigatório de uma enorme área (que serviria como reservatório da usina) com grande perda ambiental e ainda podendo gerar problemas de ordem social, a partir da remoção de comunidades da área de alagamento. Por isso, vê-se ultimamente, um

menor apelo por esse tipo de geração. Ainda segundo o AEEB 2008 “... a participação da água na matriz energética mundial é pouco expressiva e, na matriz da energia elétrica, decrescente” (ANEEL, 2008, p.51).

Quase todas as fontes de energia, renováveis - hidroelétrica, biomassa, eólica etc – e não-renováveis – combustíveis fósseis - são consideradas formas indiretas de energia solar. Afinal, a radiação solar pode ser captada e transformada em uma das duas formas de energia utilizadas pelo homem: térmica ou elétrica. A primeira forma de energia se obtém a partir da concentração de energia solar em um ponto específico. É usado geralmente em aquecedores de água. Existe ainda, a possibilidade de se obter energia elétrica a partir do aproveitamento térmico da radiação solar, quando se esquentar a água até que a mesma ferva e vire vapor d'água. Com o auxílio de uma turbina mecânica, o vapor pode ser transformado em eletricidade. A segunda forma de energia pode ser obtida a partir de dois sistemas: o heliotérmico e o fotovoltaico. No sistema heliotérmico, “... a irradiação solar é transformada em calor que é utilizado em usinas termoelétricas para a produção de eletricidade. O processo completo compreende quatro fases: coleta da radiação, conversão em calor, transporte e armazenamento e, conversão em eletricidade” (ANEEL, 2008, p.84). Para que o aproveitamento da energia solar, a partir do sistema heliotérmico, seja viável, um local com alta incidência de radiação solar direta, o que implica em pouca ocorrência de nuvens e chuvas, se faz necessário. Com o sistema fotovoltaico, a transformação da radiação solar em eletricidade é direta e para que ela ocorra “... é necessário adaptar um material semicondutor (geralmente o silício) para que, na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas). Segundo o Plano Nacional 2030, todas as células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico existente permite o estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua. Quanto maior a intensidade de luz, maior o fluxo de energia elétrica” (ANEEL, 2008, p.84). Isto é feito a partir de painéis fotovoltaicos. Quanto maior for a intensidade de luz, maior será esse fluxo. Um sistema fotovoltaico não precisa da luz direta do sol para operar, podendo gerar eletricidade em dias nublados e chuvosos.

III. As condições brasileiras em relação a energias renováveis

A grande relevância que vem sendo atribuída à questão do aquecimento global e, conseqüentemente, à necessidade de redução das emissões de GEE, representa um desafio importante para a expansão da oferta de energia no Brasil. O Brasil é um dos países signatários da ECO-92 e do Protocolo de Kyoto. O país compartilha dos compromissos estabelecidos nesses dois documentos quanto aos esforços de redução de emissões de GEE. Portanto, sob uma perspectiva de desenvolvimento sustentável, é de se esperar um grande aumento na demanda por energia renovável e “limpa” no país.

O Brasil é a maior economia da América do Sul e possui o maior mercado de energia elétrica do continente, com um elemento diferencial em sua matriz energética, que é o perfil da geração, com uso preponderante de fontes hídricas (cerca de 85%), fazendo com que seja considerada uma das mais “limpas” do mundo. Além disso, “... em todo o mundo, o Brasil é o país com maior potencial hidrelétrico: um total de 260 mil MW, segundo o Plano 2015 da Eletrobrás, último inventário produzido no país em 1992. (...) De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a aproveitar é de cerca de 126.000 MW. Desse total, mais de 70% estão nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia” (ANEEL, 2008, p. 57). Apesar desse grande potencial hidroelétrico, e também do fato dessa geração ser renovável e “limpa”, existem pontos negativos que envolvem esse tipo de geração no país: (i) mais de 70% das emissões de GEE do país estão relacionadas ao desmatamento e às queimadas; (ii) o país é altamente dependente da geração hidroelétrica, necessitando diversificar sua matriz de geração. Nesse sentido, e sabendo do fato de o aproveitamento hídrico ocorrer via grandes UHE`s, gerando enormes lagos onde outrora havia uma extensa área verde, esse tipo de geração não apresenta uma boa solução ao problema do aquecimento global e ao desafio do desenvolvimento sustentável. Ainda assim, a energia hidroelétrica tem sido uma importante alavanca do desenvolvimento do país. Como visto o Brasil possui alto potencial hidroelétrico e os custos de produção são baixos. Além disso, as UHE`s tem uma grande longevidade, sendo que cerca de 75% dos investimentos são representados pela construção da estrutura, o que

leva a custos de produção decrescentes ao longo do tempo e conseqüentes reduções nas tarifas e maior vantagem competitiva para o país.

Já a biomassa, como já mencionado na seção II, é uma das fontes para produção de energia considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e conseqüente redução da dependência de fontes fósseis. No Brasil, sua utilização é crescente e já representa, a segunda principal fonte de energia elétrica depois da hidroeletricidade e também segunda principal fonte de (bio)combustíveis, depois do petróleo e derivados, de acordo com dados de AEEB 2008.² Soma-se a isso, o fato de, no mercado internacional, o Brasil se destacar como o segundo maior produtor de etanol, obtido a partir da cana-de-açúcar, sendo superado apenas pelo EUA – com produção de etanol a partir do milho. O país apresenta condições verdadeiramente boas em relação à biomassa, principalmente em se tratando do etanol, por incorrer em custos muito menores graças a uma eficiência agrícola e alta tecnologia utilizada na produção e, conseqüentemente, um potencial energético superior ao de países como EUA.

Similarmente com o que ocorre com outras fontes, como a hídrica e a solar, a geração de energia eólica também exige a existência de condições naturais específicas e favoráveis. Pode-se dizer que o Brasil é beneficiado em termos de potencial eólico – cerca de 143 GW segundo estimativas do Atlas do Potencial Eólico de 2001 (APE 2001) -, apresentando, de acordo com o AEEB 2008 “... ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido (...) As regiões do país com maior potencial medido são: Nordeste, principalmente no litoral (75 GW); Sudeste, particularmente no Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e Sul (22,8 GW), região em que está instalado o maior parque eólico do país, o de Osório, no Rio Grande do Sul, com 150 MW de potência” (ANEEL, 2008, p.81). As vantagens e desvantagens em relação a esse tipo de geração já foram apresentadas na seção II, porém, existe ainda outra observação a ser feita. Como a demanda por energia elétrica brasileira é suprida majoritariamente por hidroeletricidade, quando em épocas de estiagem – períodos sem ou com muito pouca ocorrência de chuvas –, a geração eólica poderia servir como uma espécie

² Ver ANEEL, 2008, p. 66

de reservatório para as UHE's, uma vez que essas poderiam preservar seus reservatórios e a demanda energética poderia ser suprida pela geração eólica. Criaria-se então uma espécie de operação conjunta entre as gerações hidroelétrica e eólica, de estocagem de energia elétrica, onde a última serviria como reservatório de energia para a primeira em tempos de estiagem.

A irradiação de energia solar na superfície terrestre anualmente é "... suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo" (ANEEL, 2008, p.83). Porém, nem toda energia solar irradiada ao planeta Terra pode ser convertida nas energias térmica e elétrica utilizadas pelo homem. Isso porque as radiações solares não atingem a superfície terrestre de forma uniforme e por isso existem regiões com maior incidência de radiação solar e, conseqüentemente maior potencial para a geração solar, que outras. De acordo com dados do Atlas Solarimétrico do Brasil (ASmB), introduzidos no PNE 2030, o Brasil, devido a sua localização predominantemente tropical, possui uma grande disponibilidade de recursos de energia solar em todo o seu território.³ O "... Nordeste possui radiação comparável às melhores regiões do mundo nessa variável, como a cidade de Dongola, no deserto do Sudão, e a região de Dagget, no Deserto de Mojave, Califórnia. O que, porém, não ocorre com outras localidades mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste" (ANEEL, 2008, p.85) - os pólos econômico-financeiros do Brasil. Como já visto na seção II, esse tipo de energia pode ser transformada tanto em energia térmica quanto em energia elétrica sem a produção de qualquer tipo de efeito colateral que possa agravar o problema do aquecimento global, e, portanto representa uma solução para tal, e também para as dificuldades de se ter um desenvolvimento sustentável, porém, os custos desse investimento são altíssimos (serão discutidos na próxima seção) e o fator de conversão – o quanto do "insumo", no caso as radiações solares, pode ser convertido em energia elétrica – é por sua vez muito baixo – de acordo com a *International Energy Association* (IEA), os valores variam entre 10% e 25% (IEA, 2010, p.24). Tanto isso é verdadeiro, que no Brasil, apesar do enorme potencial, a participação da energia solar na matriz energética nacional é insignificante, não chegando a ser sequer considerada na relação de fontes integrantes do Balanço Energético Nacional 2009 (BEN 2009).

³ Ver MME, 2007, p. 143

| | Hidroelétrica | Térmica | Eólica | Nuclear | TOTAL |
|------|----------------------|----------------|---------------|----------------|--------------|
| | MW | MW | MW | MW | MW |
| 2000 | 61.603 | 10.642 | - | 2.007 | 74.252 |
| 2001 | 62.523 | 11.725 | - | 2.007 | 76.255 |
| 2002 | 65.311 | 15.140 | - | 2.007 | 82.458 |
| 2003 | 67.793 | 16.705 | - | 2.007 | 86.505 |
| 2004 | 68.999 | 19.727 | - | 2.007 | 90.733 |
| 2005 | 70.858 | 20.264 | 29 | 2.007 | 93.158 |
| 2006 | 73.434 | 20.957 | 237 | 2.007 | 96.635 |
| 2007 | 76.971 | 21.324 | 247 | 2.007 | 100.549 |
| 2008 | 78.288 | 23.252 | 414 | 2.007 | 103.961 |

Tabela 1: Capacidade Instalada de Geração elétrica no Brasil (2000 – 2008)

Fonte: EPE, 2009

No Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) consta apenas uma usina solar fotovoltaica – Araras, no Estado de Rondônia, região Norte (N) do país.

Nesta seção, foi possível discorrer sobre o fato de o Brasil apresentar condições bastante favoráveis para o desenvolvimento de projetos de geração de energia por fontes renováveis e “limpas” – no caso, hidroelétrica, biomassa, eólica e solar. Todos os tipos de geração comentados, à exceção da hidroelétrica, se apresentam como formas de solução ao problema do aquecimento global e ao desafio do desenvolvimento sustentável e mais, especificamente no caso do Brasil, como espécies de garantias para a segurança energética – da qual o país carece atualmente -, além de alternativas para a diversificação da matriz energética.

Em relação à questão da escassez nacional de energia, é tão evidente e grave este fato, que a atual oferta brasileira de energia não conseguiria suprir ao eventual aumento da demanda, conseqüência das expectativas de crescimento da economia – 5,3% do PIB para 2010 e, 4,5% para 2011, segundo primeiro Relatório Focus com expectativas para os anos de 2010 e 2011 divulgado pelo Banco Central (BACEN) em 15/01/2010 -, que investimentos na geração de energia por fontes renováveis, dadas as condições brasileiras já apresentadas, representam a melhor das soluções a esse problema. No extremo, poderiam também representar uma verdadeira revolução energética e a possível solução para as questões das mudanças climáticas e do desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o

problema da falta de segurança energética do Brasil pode ser visto como uma enorme oportunidade para fomentar investimentos em geração de energia por fontes renováveis e “limpas” e um exemplo de como se atingir um desenvolvimento sustentável.

IV. Os custos de produção de energia por fontes renováveis

De acordo com HEAL (2009), as fontes renováveis capazes de gerar energia elétrica – hidroelétrica, eólica, biomassa, solar etc – têm certas características econômicas em comum: alto custo fixo e baixo ou zero custo variável e, conseqüentemente uma média de custos que é altamente dependente dos níveis de produção. Essas fontes requerem pesados investimentos iniciais antes que qualquer energia seja gerada, porém não apresentam custos de suprimento, ao contrário das fontes fósseis, uma vez que o insumo é abundante e livre. Seus únicos custos são de Operação e Manutenção (O&M)⁴.

Ainda que a geração solar não apresente custos de suprimento, seus custos de produção são maiores do que os de fontes fósseis e outras fontes renováveis.

| Fonte de Geração | Custo |
|--|--------|
| | USD/KW |
| Térmicas a carvão mineral | 1.600 |
| Térmicas a gás natural | 750 |
| Centrais nucleares | 2.200 |
| Centrais eólicas | 1.200 |
| PCH | 1.200 |
| UHE | 1.330 |
| Cogeração a partir da biomassa da cana | 900 |
| Centrais solares* | 3.000 |
| Resíduos sólidos urbanos | 1.250 |

* Valor atingível a partir de 2020 no EUA

Tabela 2: Custos de Investimento Referenciais na Geração de Energia Elétrica

Fonte: MME, 2007

Devido ao fato de a geração solar possuir um alto custo de produção, políticas de incentivos se fazem necessárias para fomentar o desenvolvimento dessa indústria. Como será visto na seção VI, existem alguns instrumentos de incentivos interessantes os quais o governo de um país poderia adotar para o desenvolvimento da geração solar e de outras fontes renováveis. Porém, por que razão o governo iria querer incentivar uma produção de energia que é reconhecidamente mais cara do que a produção convencional? A resposta

pode estar nos reduzidos custos sociais, isto é, a geração solar tem externalidades positivas ao contrário da geração por fontes fósseis.

A externalidade positiva é, necessariamente, a não-emissão de GEE na atmosfera. E como visto na seção II, o problema do aquecimento global é agravado pela geração de energia por fontes fósseis. Os custos sociais podem ser incluídos nos preços pagos pela energia elétrica se os órgãos reguladores obrigarem os produtores de energia a “internalizar” esses custos. Um exemplo simples é a taxação de emissão de GEE – que será melhor explicada na seção VI. A geração solar e por outras fontes renováveis não apresentam custos sociais, e essa é uma forma de reduzir o custo de produção de energia solar.

Ainda que os custos sociais da produção de energia solar sejam menores do que a de fontes fósseis, os custos de investimentos podem não ser atrativos. Suponha que um país B não tem uma taxação de emissão de GEE alta o suficiente para inibir incentivos à geração “suja” e que os preços dos combustíveis fósseis não estão caros. Fica claro que sem uma política de incentivos eficiente, a geração solar no país B não receberá investimentos. Se extrapolarmos esse cenário, poderemos dizer que investir em um projeto de energia – que possui longos prazos de maturação e envolve grandes quantidades de capital – seria o mesmo que fazer uma aposta em qual deverá ser o futuro cenário do país B.

Mesmo que a geração solar não seja competitiva em relação às outras gerações apresentadas na Tabela 2, ela tem um custo de investimento menor em locais distantes das redes de distribuição. Isso porque instalar uma porção de painéis solares em construções - casas, pequenas lojas etc – é mais barato do que construir, por exemplo, uma termelétrica movida a carvão mineral, nesse mesmo local e conectá-la na rede de distribuição.

⁴ Ver HEAL, 2009, p.4

V. Os investimentos em geração solar no Brasil

Na seção II, pudemos ver que a energia solar pode ser transformada em duas formas de energia: térmica e elétrica. Esse aproveitamento pode ser feito a partir de três tecnologias distintas: o sistema de aquecimento solar – com produção de energia térmica -, o sistema fotovoltaico e, o sistema heliotérmico – ambos com produção de energia elétrica -, todos já explicados na seção II. No Brasil, as duas últimas tecnologias são as que recebem maior destaque, uma vez que contribuem para a resolução dos problemas de falta de segurança energética e diversificação da matriz. Apesar desse tipo de fonte ainda não ter relevância na matriz geradora nacional, a mesma vem tendo expansão no país graças a projetos e programas do governo de universalização da energia elétrica. Esses são focados essencialmente na zona rural, em comunidades mais pobres e localizadas a grandes distâncias das redes de distribuição - a demanda por energia elétrica nesses nichos seria atendida, a partir da extensão da rede das distribuidoras, sistemas de geração descentralizada com redes isoladas e sistemas de geração individuais. O racional desses programas é consequência do modelo de crescimento adotado pelo país, sob o qual o sistema energético nacional acabou sendo direcionado para suprir, necessariamente, os grandes blocos demandantes de energia, isto é, grandes centros urbanos e industriais, sendo incapaz de atender a demanda por energia elétrica de moradores das zonas rurais e até periferias de grandes cidades.

“A primeira iniciativa que efetivamente incorporou o uso da energia solar fotovoltaica em âmbito nacional foi o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, sendo considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos nos países em desenvolvimento (...) O PRODEEM foi estabelecido em dezembro de 1994 pelo governo brasileiro e instalou aproximadamente 9 mil sistemas fotovoltaicos em cinco fases de geração de energia e uma de bombeamento de água” (VARELLA, CAVALIERO e SILVA, 2008, p.11). O PRODEEM foi estabelecido com o objetivo de desenvolver o suprimento de energia elétrica em comunidades não atendidas pelo sistema convencional de oferta de energia, tendo como base a utilização de fontes renováveis – solar (painéis fotovoltaicos), eólica (aerogeradores

e cataventos), hidroeletricidade (PCH's), biomassa (álcool, óleos vegetais, resíduos florestais e agrícolas), entre outros.

O Governo Federal lançou em novembro de 2003 o programa LUZ PARA TODOS⁵ (LPT), com o objetivo de levar energia elétrica principalmente ao meio rural e, utilizar a mesma como vetor de desenvolvimento social e econômico deste meio, contribuindo para a redução da pobreza e aumento da renda familiar. O programa é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), operacionalizado pela Eletrobrás e executado pelas concessionárias de energia elétrica e cooperativas de eletrificação rural. Um ponto bastante interessante do programa é a sua forma de gestão partilhada entre todos os órgãos interessados – governos estaduais, distribuidoras de energia, ministérios, agentes do setor e comunidades -, o que gera incentivos para investimentos em projetos de geração solar. Um exemplo disso se encontra na Ilha de Lençóis, no estado do Maranhão, na região Nordeste (NE) do país, onde o programa LPT financiou um projeto piloto desenvolvido e executado pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – um sistema híbrido de geração de energia elétrica que abastece a Ilha de Lençóis. O sistema é composto por três turbinas eólicas e, uma “miniusina” composta por 162 painéis fotovoltaicos. O sistema entrou em operação em 2008 e gera energia elétrica suficiente para os consumos de 90 famílias, um posto de saúde e pequenos comércios, além da iluminação pública da ilha.

A Copa do Mundo de Futebol 2014, da FIFA, que será realizada no Brasil, traz consigo a exigência de investimentos em infraestrutura no país e, por isso, grandes oportunidades de investimentos em geração de energia por fontes renováveis e “limpas”, inclusive a geração solar. Além disso, a Copa é um evento assistido por todo o mundo e, tanto isso é verdade, que a Comissão Mista Permanente de Mudanças Climáticas (CMMC) do Senado sugeriu que a Copa 2014 tivesse como símbolo a sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, a CMMC lançou o Projeto COPA LIMPA⁶, que prevê uma série de ações de sustentabilidade para a Copa de 2014, entre as quais, a utilização de energias alternativas, com ênfase na energia solar, a reutilização da água e a redução das emissões de gás carbônico nas obras de reconstrução, reforma e modernização dos estádios. Dessa maneira,

⁵ Ver MME, 2003

⁶ Ver <http://www.jusbrasil.com.br/politica/2707172/comissao-aprova-grupo-de-trabalho-para-viabilizar-projeto-copa-limpa>

o Senado acredita que investidores estrangeiros serão atraídos, sem contar com os investimentos nacionais com apoio do governo. Um exemplo é o fato de o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) ter lançado um programa de apoio financeiro a projetos de construção e reforma das arenas que receberão os jogos da Copa do Mundo de 2014 e de urbanização do seu entorno – BNDES ProCopa Arenas.⁷ E porque isso seria uma forma de incentivo à geração solar? Se lembrarmos da Copa do Mundo de 2006, na Alemanha, a energia solar foi bastante utilizada nos estádios dos jogos como fonte de geração. Os chamados “estádios solares”, todos com o Certificado de Construção Verde, em inglês *Green Building Certified*, do nível LEED⁸ (*Leadership in Energy and Environmental Design*) – mundialmente o mais alto e respeitado padrão de sustentabilidade -, representam uma excelente forma de incentivo à geração solar. No Brasil, já existe investimento para a construção desse tipo de estádio - o grupo Neoenergia, por meio da Coelba vai transformar o Estádio Metropolitano de Pituáçu, localizado em Salvador (BA), em um estádio solar através da implantação de diversos painéis solares.⁹

A observância das condições do Brasil em relação à geração solar juntamente com eventos como a Copa de 2014 e as Olimpíadas de 2016, a ser realizada na cidade do Rio de Janeiro, colocam o país em evidência para esse tipo de investimento e como possível exemplo de sustentabilidade.

Mesmo embora o Brasil seja privilegiado em relação à energia solar - como já mencionado na seção III -, apresentando, em suas regiões menos favorecidas nesses termos, cerca de 1,4 vezes mais radiação que a região mais ensolarada da Alemanha – país modelo nesse tipo de geração -, o país, mediante seu projeto mais importante de investimentos em energias alternativas, o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), acabou por não contemplar a possibilidade de financiamento da geração solar. O PROINFA foi instituído, de acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), essencialmente com “... o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida

⁷ Ver

http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/procopaarenas.html

⁸ Ver <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>

⁹ Ver http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=2237

por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN)” (MME, 2004). De acordo com o próprio programa, “... as fontes renováveis de energia terão participação cada vez mais relevante na matriz energética global nas próximas décadas” (MME, 2004). E bem se sabe que em relação à biomassa, hidroeletricidade e eólica, o Brasil apresenta muito boas condições, mas também quanto à energia solar – como foi demonstrado na seção III - e, o fato do PROINFA nem sequer contemplar a possibilidade dessa fonte para a geração de energia, demonstra a falta de incentivos por parte do Governo Federal e, a conseqüente imaturidade de investimentos em energia solar no país.

VI. Possíveis formas de incentivo à geração solar no Brasil

A partir da seção V observa-se que o governo brasileiro vem tentando ao longo dos anos estimular a geração solar - fonte de energia “limpa” e renovável -, através de alguns programas nacionais de incentivo de forma a aumentar a participação deste tipo de geração na matriz energética nacional. Contudo, os mesmos acabaram se mostrando insuficientes e até ineficientes em seus objetivos, principalmente ao considerarmos o elevado potencial para a geração solar que o país apresenta. Sendo assim, serão apresentadas outras três medidas de incentivos: (i) programas de incentivos fiscais – basicamente de diminuição e até mesmo isenção de impostos, além de uma política de subsídios; (ii) medidas regulatórias – em especial a política da *feed-in tariff*; e (iii) acordos voluntários - iniciativa privada com apoio do governo.

(i) Incentivos Fiscais

Os incentivos fiscais podem ser resumidos em isenção de impostos e concessão de subsídios. Os dois instrumentos serão discutidos separadamente.

- *Subsídios* _ uma atividade pode ser subsidiada de diversas maneiras. O governo pode transferir fundos diretamente para algum agente privado, fornecer matéria-prima a preços abaixo dos de mercado e até restringir a competição entre atividades substitutas de forma a apoiar uma específica. Existem países que subsidiam atividades emissoras de GEE – através da redução dos preços de combustíveis fósseis. Se esses subsídios fossem, ao contrário, direcionados à geração por fontes “limpas” e renováveis – através de financiamento de P&D para o desenvolvimento de novas tecnologias ou até mesmo por ajuda financeira direta -, os custos seriam menores e conseqüentemente mais investimentos seriam atraídos. A política de subsídios, se corretamente implantada, poderia ser uma boa forma de incentivo à geração solar no Brasil.

- *Impostos* – uma política de taxaço de atividades emissoras de GEE reduziria os incentivos à geraço “suja”. No extremo, dependendo da política de taxaço, a geraço de energia “suja” poderia se tornar inviável, fazendo com que os produtores direcionassem seus investimentos à geraço por fontes renováveis e “limpas” – como a geraço solar. Outra forma de olharmos para os incentivos gerados pela política de impostos seria através da isenço de tributos. Por exemplo, o Brasil já pratica uma política de incentivos à geraço solar fotovoltaica a partir da isenço de impostos.

“Até início de 2008, o convênio ICMS 101/97 concede isenço do ICMS nas operaçoes com alguns equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica (...) De acordo com fabricantes e revendedores de equipamentos fotovoltaicos, os módulos fotovoltaicos são os únicos equipamentos que atualmente são isentos de IPI e ICMS” (VARELLA, CAVALIERO e SILVA, 2008, p.15).

(ii) A Feed-in Tariff

A *feed-in tariff* pode ser descrita como uma política desenvolvida para estimular a geraço de energia por fontes “limpas” e renováveis e conseqüentemente promover uma diversificaço na matriz energética de um país, tornando-o menos dependente de fontes fósseis. A política consiste basicamente em uma lei federal através da qual o governo obriga os agentes distribuidores de energia a comprarem toda a energia gerada por fontes renováveis, como eólica e solar, por um alto preço – geralmente de seis a oito vezes a média do mercado –, determinado pelo governo e por um longo período – na Alemanha, os contratos são de 20 anos. Os custos são repassados aos consumidores finais, que arcam com contas mais caras. Na teoria, a política incentivaria a geraço de energia por fontes renováveis. Uma observaço a ser feita é a de que o preço para novos produtores decresce anualmente a determinadas taxas, para que o incentivo seja ainda maior e mais rápido. Um exemplo de como essa política funciona seria o seguinte:

Suponha que em um país B o preço médio pago pelo kWh gerado a partir de fontes fósseis seja $P_f = R\$ 0,20/\text{kWh}$. O mercado de energia do país B opera sob uma política de *feed-in tariff*, em que o governo federal determina que o preço pago pelo kWh proveniente

da geração solar é de $P_s = R\$ 0,60/kWh$ – esse preço decresce anualmente para novos produtores, a determinadas taxas -, i.e., um *mark-up* de $R\$ 0,40/kWh$ – que seria repassado aos consumidores finais. Suponha que o custo de geração da energia solar é de $C_s = R\$ 0,30/kWh$. Assim, a política de *feed-in tariff* gera incentivos à produção de energia “limpa”, pois determina um *mark-up* que cobre todo o custo de produção e ainda auferir um lucro de $R\$ 0,30/kWh$ - maior que o preço pago pela energia gerada por fontes fósseis -, atraindo investidores.

A teoria se confirma na prática através de uma análise de experiências de países europeus que mostra que uma política de *feed-in tariff* bem estruturada e implantada, cria boas condições que atraem capital de investidores privados, proporcionando rápido crescimento na geração de energia por fontes renováveis, criando milhares de empregos e fomentando o desenvolvimento de tecnologias que ajudam a baratear os custos – tornando as gerações por fontes “limpas” e renováveis mais competitivas em relação às gerações fósseis.¹⁰ Essa política seria uma opção a ser adotada no Brasil para incentivar a geração por fontes “limpas” e renováveis – principalmente a solar e a eólica -, tanto que o deputado Edson Duarte encaminhou em 2008 o Projeto de Lei N° 4550/2008, ainda em tramitação, que decreta a instituição de uma política de *feed-in tariff* de forma a incentivar a geração de energia através de: PCH's, centrais termoelétricas que utilizem a biomassa ou os gases provenientes do tratamento sanitário, centrais de cogeração, centrais eólicas e centrais solares. De acordo com o Artigo 4º. do Projeto de Lei “... os preços a serem pagos pelos agentes concessionários, permissionários e autorizados de serviços públicos de distribuição de energia elétrica, aos agentes geradores deverão manter critérios de competitividade proporcionais ao tipo de fonte utilizada, considerado como referenciais os custos de geração das fontes tradicionais” (DUARTE, 2008, p.2).

(iii) Acordos Voluntários

Os acordos voluntários geralmente se referem a ações que objetivam a redução de emissões de GEE, firmados entre o governo e uma ou mais entidades privadas. Os acordos podem assumir diferentes formas, e podem ser de nível nacional e internacional. Exemplos

incluem acordos baseados em meta e desempenho, cooperação em P&D, troca de informações gerais e, atividades implementadas conjuntamente. Um comportamento interessante de entidades privadas é a de que essas decidem agir, em seus próprios interesses, para reduzirem suas emissões de GEE, se conseguirem antecipar que os custos do controle obrigatório dessas emissões se tornarão maiores na ausência de reduções voluntárias. Tal comportamento explicaria o porquê do surgimento de alguns acordos voluntários de gestão de energia. A maioria das reduções de GEE anunciadas ou expandidas através do *U.S Climate Change Plan*, por exemplo, vêm de iniciativas voluntárias destinadas a aumentar a eficiência energética (IPCC, 1996, p.47). Os acordos voluntários vêm desempenhando um papel cada vez mais importante em muitos países como meios para se atingir objetivos ambientais e sociais. Tendem a ser popular entre as pessoas diretamente afetadas e podem ser utilizados quando outros instrumentos enfrentam forte oposição política.

Os acordos voluntários podem ser uma forma de incentivo à geração solar no Brasil, principalmente se forem estruturados como atividades implementadas conjuntamente entre o governo e agentes privados. Além de serem uma forma de incentivo à geração solar, os acordos voluntários podem representar uma solução ao problema de escassez energética do Brasil.

Exemplos de acordos voluntários firmados ao redor do mundo seriam¹¹:

- *The Netherlands Voluntary Agreement on Energy Efficiency* _ uma série de acordos firmados entre o governo e 30 setores industriais, juridicamente vinculados a longos prazos, baseados em metas de aumento de performance e eficiência energética;
- *Keidaren Voluntary Action Plan* _ um acordo entre o governo japonês e 34 setores industriais e de geração de energia para redução de emissões de GEE. Um comitê formado por terceiros avalia anualmente o desempenho dos acordistas, fazendo recomendações;

¹⁰ Ver CORY, COUTURE and KREYCIK, 2009, p.13

- *Climate Leaders* _ um acordo entre empresas do EUA e o governo americano para desenvolver inventários de GEE, estabelecer metas de redução de emissões e desenvolver relatórios anuais de emissões para a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA);
- *Australia “Greenhouse Challenge Plus” Programme* _ um acordo entre o governo australiano e associações de empresas e indústrias para reduzir as emissões de GEE, acelerar o desenvolvimento da eficiência energética, incorporar a preocupação com os GEE nos negócios e elaborar relatórios.

Podemos notar que existem diversos instrumentos disponíveis para gerar incentivos à produção de energia solar e, conseqüentemente à mitigação das emissões de GEE, particularmente as políticas públicas – *feed-in tariff*, subsídios e impostos -, adotadas com sucesso. Tais políticas são factíveis e poderiam representar um grande passo ao apoio da geração por fontes “limpas” e renováveis. Quanto aos acordos voluntários, a vantagem de os agentes privados conseguirem antecipar futuros problemas e assim agirem de forma preemptiva, também encorajaria a formulação de tais políticas, uma vez que os agentes privados somente demonstrariam esse tipo de comportamento diante de tal cenário político-econômico.

¹¹ Ver IPCC, 2007a, p.761

VII. Análise do sucesso da geração solar na Europa: o exemplo da Alemanha

Segundo informações do relatório da organização *Intergovernmental Panel on Climate Change*, “No presente momento as emissões anuais de GEE estão aumentando. Durante as últimas três décadas, as emissões de GEE cresceram a uma média de 1,6% ao ano com as emissões de dióxido de carbono, a partir da utilização de combustíveis fósseis, crescendo a uma taxa de 1,9% ao ano. Na ausência de ações políticas adicionais, espera-se que essas tendências de emissões continuem. Projeta-se que (...) os padrões da oferta e demanda global por energia, baseados em combustíveis fósseis – os principais meios emissores de GEE – continuarão a crescer” (IPCC, 2007a, p.97).

Tendo em vista esse cenário, governos de países europeus têm feito esforços significativos para encorajar uma mudança para tecnologias de baixa ou nenhuma emissão de GEE. O foco principal está em políticas de incentivo à geração de energia elétrica por fontes renováveis, em especial, através da utilização da *feed-in tariff* – já explicada na seção VI.

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia emitiram em 27 de setembro de 2001, a *DIRETIVA 2001/77/CE*, pela qual reconheceram que “O potencial de exploração de fontes de energia renováveis está presentemente subaproveitado na Comunidade. A Comunidade reconhece a necessidade de promover, como medida prioritária, as fontes de energia renováveis, dado que a sua exploração contribui para a protecção do ambiente e o desenvolvimento sustentável” (JOCE, 2001, p. 33). Dado isso, a CE emitiu a respectiva Diretiva com o objetivo de “... promover o aumento da contribuição das fontes de energia renováveis para a produção de electricidade no mercado interno da electricidade e criar uma base para um futuro quadro comunitário neste sector” (JOCE, 2001, p.35).

O governo alemão, por seu turno, vem sinalizando uma maior preocupação com o meio ambiente há anos, sendo o pioneiro na utilização da *feed-in tariff*. Em março de 2000, o Parlamento Alemão - *Deutscher Bundestag* – aprovou a Lei de Fontes Renováveis de Energia – *Erneuerbare Energien Gesetz* (EEG) -, emendado pela última vez em 2009,

introduzindo uma política de *feed-in tariff*. O objetivo do EEG é, de acordo com sua própria descrição, “... facilitar um desenvolvimento sustentável da oferta de energia, tendo em vista, particularmente, a proteção do nosso clima, natureza e meio ambiente, reduzir os custos para a economia nacional da oferta de energia e também, ao incorporar os efeitos externos de longo prazo, proteger a natureza e o meio ambiente, contribuir para evitar conflitos em relação aos combustíveis fósseis e, promover o desenvolvimento de tecnologias para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis” (BMU, 2000, seção 1).

Em relação à geração solar, o EEG original instituiu que as tarifas pagas pela energia gerada por esta fonte deveriam ser de, ao menos, €\$ 0,5062/kWh, sendo que as tarifas pagas aos novos geradores – os que começarem a gerar a partir do primeiro dia de janeiro de 2002 – deverão ser reduzidas em 5% por ano, de forma a incentivar um desenvolvimento mais rápido. Os contratos têm duração de vinte anos.

As emendas feitas para o EEG 2009 instituem tarifas que variam de €\$ 0,1352/kWh a €\$ 0,3194/kWh. Se os painéis estiverem integrados a uma construção - devem ser entendidas como construções, estruturas que podem ser usadas e habitadas por seres humanos e que são aptas ou planejadas para proteger os mesmos, além de animais ou qualquer tipo de objeto –, as tarifas variam de €\$ 0,3300/kWh a €\$ 0,4301/kWh (BMU, 2008, p.10). As tarifas instituídas pelo EEG podem ser vistas nos anexos 1 e 2 deste trabalho.

Essa política gerou um enorme incentivo à produção de energia por fontes renováveis na Alemanha. Em 2009, as energias renováveis responderam por 16,1% da geração de energia elétrica no país, um crescimento de 447,5%, comparando com 1990.

| | Hidroeletricidade | Energia Eólica | Biomassa | Biogás | Energia Solar Fotovoltaica | Energia Geotérmica | Total de Energia Elétrica Gerada | Participação no Consumo Total de energia elétrica |
|------|-------------------|----------------|----------|--------|----------------------------|--------------------|----------------------------------|---|
| | GWh | GWh | GWh | GWh | GWh | GWh | GWh | % |
| 1990 | 15.580 | 71 | 222 | 1.213 | 1 | 0 | 17.087 | 3,1 |
| 1991 | 15.402 | 100 | 259 | 1.211 | 2 | 0 | 16.974 | 3,1 |
| 1992 | 18.091 | 275 | 297 | 1.262 | 3 | 0 | 19.928 | 3,7 |
| 1993 | 18.526 | 600 | 433 | 1.203 | 6 | 0 | 20.768 | 3,9 |
| 1994 | 19.501 | 909 | 570 | 1.306 | 8 | 0 | 22.294 | 4,2 |
| 1995 | 20.747 | 1.500 | 665 | 1.348 | 11 | 0 | 24.271 | 4,5 |
| 1996 | 18.340 | 2.032 | 759 | 1.343 | 16 | 0 | 22.490 | 4,1 |
| 1997 | 18.453 | 2.966 | 879 | 1.397 | 26 | 0 | 23.721 | 4,3 |
| 1998 | 18.452 | 4.489 | 1.642 | 1.618 | 32 | 0 | 26.233 | 4,7 |
| 1999 | 20.686 | 5.528 | 1.847 | 1.740 | 42 | 0 | 29.843 | 5,4 |
| 2000 | 24.867 | 7.550 | 2.893 | 1.844 | 64 | 0 | 37.218 | 6,4 |
| 2001 | 23.241 | 10.509 | 3.348 | 1.859 | 76 | 0 | 39.033 | 6,7 |
| 2002 | 23.662 | 15.786 | 4.089 | 1.949 | 162 | 0 | 45.648 | 7,8 |
| 2003 | 17.722 | 18.713 | 6.085 | 2.161 | 313 | 0 | 44.994 | 7,5 |
| 2004 | 19.910 | 25.509 | 7.960 | 2.117 | 556 | 0,2 | 56.052 | 9,2 |
| 2005 | 19.576 | 27.229 | 10.979 | 3.047 | 1.282 | 0 | 62.113 | 10,1 |
| 2006 | 20.042 | 30.710 | 14.840 | 3.675 | 2.220 | 0,4 | 71.487 | 11,6 |
| 2007 | 21.249 | 39.713 | 19.430 | 4.130 | 3.075 | 0 | 87.597 | 14,2 |
| 2008 | 20.446 | 40.574 | 22.872 | 4.940 | 4.420 | 17,6 | 93.270 | 15,2 |
| 2009 | 19.000 | 37.809 | 25.515 | 5.000 | 6.200 | 19 | 93.543 | 16,1 |

Tabela 3: Geração de energia elétrica por fontes renováveis na Alemanha (1990-2009)

Fonte: AGEE-Stat, 2010

Em relação à geração solar fotovoltaica, em 2009, a mesma foi de 6.200 GWh, o equivalente a 6,6% de toda a produção por fontes renováveis do país e 1,1% de toda a geração de energia elétrica do país neste ano. Comparando com 1990, a geração solar por painéis fotovoltaicos teve um crescimento explosivo de 619.900% até 2009.

| | Hidroeletricidade | Energia Eólica | Biomassa | Biogás | Energia Solar Fotovoltaica | Energia Geotérmica | Capacidade Instalada TOTAL |
|------|-------------------|----------------|----------|--------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW |
| 1990 | 4.403 | 55 | 85 | 499 | 1 | 0 | 5.043 |
| 1991 | 4.446 | 106 | 97 | 499 | 2 | 0 | 5.150 |
| 1992 | 4.489 | 174 | 105 | 499 | 3 | 0 | 5.270 |
| 1993 | 4.509 | 326 | 143 | 499 | 5 | 0 | 5.482 |
| 1994 | 4.529 | 618 | 178 | 499 | 6 | 0 | 5.830 |
| 1995 | 4.546 | 1.121 | 215 | 525 | 8 | 0 | 6.415 |
| 1996 | 4.563 | 1.546 | 253 | 551 | 11 | 0 | 6.924 |
| 1997 | 4.578 | 2.080 | 318 | 527 | 18 | 0 | 7.521 |
| 1998 | 4.600 | 2.871 | 432 | 540 | 23 | 0 | 8.466 |
| 1999 | 4.547 | 4.439 | 467 | 555 | 32 | 0 | 10.040 |
| 2000 | 4.600 | 6.104 | 579 | 585 | 76 | 0 | 11.944 |
| 2001 | 4.600 | 8.754 | 696 | 585 | 186 | 0 | 14.821 |
| 2002 | 4.620 | 11.994 | 826 | 585 | 296 | 0 | 18.321 |
| 2003 | 4.640 | 14.609 | 1.090 | 847 | 439 | 0 | 21.625 |
| 2004 | 4.660 | 16.629 | 1.444 | 1.016 | 1.074 | 0 | 24.823 |
| 2005 | 4.680 | 18.415 | 1.964 | 1.210 | 1.980 | 0 | 28.249 |
| 2006 | 4.700 | 20.622 | 2.619 | 1.250 | 2.812 | 0 | 32.003 |
| 2007 | 4.720 | 22.247 | 3.502 | 1.330 | 3.977 | 3,2 | 35.779 |
| 2008 | 4.740 | 23.897 | 3.973 | 1.440 | 5.877 | 6,6 | 39.934 |
| 2009 | 4.760 | 25.777 | 4.429 | 1.460 | 8.877 | 6,6 | 45.310 |

Tabela 4: Capacidade Instalada para geração de energia elétrica por fontes renováveis na Alemanha (1990-2009)

Fonte: AGEE-Stat, 2009

Embora a política da *feed-in tariff* promova enormes incentivos à geração por fontes renováveis, se não for bem estruturada pode gerar distorções na economia com as quais o governo é incapaz de arcar – estima-se que em 2009 os pagamentos associados às tarifas estavam em cerca de €\$ 9,5 bi, um aumento de aproximadamente 9% em comparação com 2008 (€\$ 8,7 bi).¹² Segundo uma reportagem da revista *The Economist*, no final de 2008, havia reclamações na Alemanha, de que essa política estava gerando uma quantidade exorbitante de produtores solares, o que aumentava em muito os custos da energia para os consumidores finais, uma vez que a política da *feed-in tariff* estava sendo praticada. Assim, o governo alemão decidiu dobrar o ritmo pelo qual a tarifa decrescia, de 5% para 10% ao ano. Pouco tempo depois dessa decisão, um excesso de painéis solares levou a uma queda

¹² Ver AGEE-Stat, 2009, p.11

nos custos de construção de uma planta geradora de, aproximadamente 25%, mas sem uma redução equivalente nas tarifas, o que não freou a proliferação de produtores solares, com os custos da energia elétrica permanecendo muito altos para os consumidores finais. Esse cenário levou a uma forte reação contra a política da *feed-in tariff*, exigindo novas reduções nas tarifas pagas aos produtores solares.¹³

Como visto acima, a energia elétrica oriunda de fontes renováveis representa na Alemanha mais de 16% de toda a geração, sendo que 40% é energia eólica – que já está perto de se tornar competitiva em relação a combustíveis fósseis. Porém, a matriz alemã não é capaz de aceitar mais energia eólica sem pesados investimentos em transmissão e estoque. Essa é uma das razões de o governo alemão ter praticado uma política distorcida de *feed-in tariff* para a geração solar, mesmo esta sendo mais cara do que outras gerações por fontes renováveis. Ainda segundo a revista *The Economist*, analistas do banco HSBC calculam que o custo total da produção de energia eólica seja seis vezes mais barato do que o custo total da mesma quantidade de energia gerada por painéis fotovoltaicos.¹⁴

A observação da experiência alemã nos mostra que ao mesmo tempo que políticas de mitigação de emissões de GEE podem ser – e estão sendo – eficazes, elas são difíceis de serem implementadas e praticadas e exigem melhoras para que o objetivo final seja atingido. É possível estimular a geração solar em um país. A política da *feed-in tariff*, se bem estruturada e implantada, pode gerar grandes incentivos sem que os consumidores finais tenham de arcar com altos custos de energia elétrica.

¹³ Ver THE ECONOMIST, 2010

¹⁴ Ver THE ECONOMIST, 2010

VIII. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi o de demonstrar que grande parte causadora do aquecimento global é a geração de energia por fontes fósseis e que uma solução a esse problema seria o desenvolvimento da geração por fontes “limpas” e renováveis – no caso, a geração solar. Essa seria também uma solução ao desafio do desenvolvimento sustentável.

Se mostraram evidentes ao longo deste trabalho as condições que o Brasil apresenta para o desenvolvimento da geração por fontes renováveis, principalmente em relação à geração solar. Foram apresentados os investimentos feitos na geração solar no país, na forma de programas nacionais e analisou-se um caso de sucesso em um país modelo nesse tipo de geração, a Alemanha.

Observou-se então, no decorrer deste trabalho, que a dificuldade não é tecnológica – a humanidade possui quase que todas as ferramentas necessárias para manter seu padrão/estilo de vida sem ter de incorrer em um aumento nas emissões de GEE. Como visto, a energia pode ser produzida por fontes renováveis e “limpas”. Então o que ainda impede essa mudança? A resposta está nos altos custos de produção e na falta de incentivos. Se o problema somente pode ser resolvido através de uma mudança da economia global para uma que não emite ou emite muito pouco GEE, os padrões de negócios e investimentos têm necessariamente de sofrer a mesma mudança. Porém, isso só ocorrerá com uma política de incentivos forte o suficiente que consiga diminuir os custos de produção e atrair investimentos. Nesse sentido, procurou-se entender os porquês dos altos custos de produção da geração solar, além de identificar o racional do governo para querer incentivar esse tipo de geração. Foram estudados então alguns instrumentos de incentivo à geração por fontes renováveis, o que inclui a geração solar. Entre políticas de incentivos fiscais, a *feed-in tariff*, além de acordos voluntários, ficou claro que a mudança mencionada acima pode ser feita.

Atualmente não se é mais possível imaginar a vida sem energia elétrica. Para se assegurar o próprio bem-estar e garantir a continuidade da vida como a conhecemos, um sistema de oferta de energia sustentável, “limpo”, tem de ser estruturado, e a geração solar, através de incentivos fortes o suficiente pode garantir o surgimento de tal sistema.

X. Referências Bibliográficas

AGEE-Stat (2010), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. *Development of renewable energy sources in Germany 2009*. AGEE-Stat, 2010. Disponível em: <http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_hintergrund_2009_en_bf.pdf>

ANEEL (2008), Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 3^a ed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1687>

BACEN, Banco Central do Brasil. *Focus – Relatório de Mercado*, 15/Jan/2010. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20100115.pdf>>

BMU (2000), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. *Renewable Energy Sources Act*. BMU, 2000. Disponível em: <<http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/res-act.pdf>>

___ (2009a), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. *Renewable Energy Sources Act*. BMU, 2008. Disponível em: <http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_2009_en.pdf>

___ (2009b), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. *Tariffs and sample degression rates pursuant to the new Renewable Energy Sources Act (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) of 25 October 2008*. BMU, 2008. Disponível em: <http://www.erneuerbare-energien.de/files/english/pdf/application/pdf/eeg_2009_verguetungsdegression_en_bf.pdf>

CORY, K.; COUTURE, T.; KREYCIK, C (2009). *Feed-in Tariff Policy: Design, Implementation, and RPS Policy Interactions*. NRL Report No. TP-6A2-45549. National Renewable Energy Laboratory, 2009. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy09osti/45549.pdf>>

DUARTE (2008), Deputado Edson Duarte. *Projeto de Lei Nº 4550*. Câmara dos Deputados, 2009. Disponível em: http://www.camara.gov.br/sileg/Prop_Detalhe.asp?id=421666

EPE (2009), Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço Energético Nacional 2009*. Brasília: EPE, 2009.

HEAL, Geoffrey (2009). *The Economics of Renewable Energy*. Working Paper 15081. National Bureau of Economic Research, 2009. Disponível em: http://www.nber.org/papers/w15081.pdf?new_window=1

IEA (2010), International Energy Association. *Projected Costs of Generating Electricity - 2010 Edition, Executive Summary*. IEA, 2010. Disponível em: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/ElecCost2010SUM.pdf>

IPCC (2007a), Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, 2007. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html

____ (2007b), Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. IPCC, 2007. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html

____ (1996), Intergovernmental Panel on Climate Change. *Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change*. IPCC, 1996. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-I-en.pdf>

JOCE (2001), Jornal Oficial da Comunidade Européia. *DIRECTIVA 2001/77/CE*. JOCE, 2001. Disponível em : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0077:PT:HTML>

MME (2003), Ministério de Minas e Energia. *Programa Luz Para todos*. Brasília: ME, 2003. Disponível em: <<http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/asp/>>

___ (2004), Ministério de Minas e Energia. *Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica*. Brasília: MME, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>

___ (2007), Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2030*. Brasília: MME, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html>

Revista THE ECONOMIST (2010). *Fed Up: Germany's support for solar power is becoming ever harder to afford*. Publicada dia 7 de Janeiro de 2010.

_____ (2009). *Good policy, and bad: Some mitigation policies are effective, some are efficient, and some are neither*. Publicada dia 3 de Dezembro de 2009.

UNFCCC (1998), United Nations Framework Convention on Climate Change. *The Kyoto Protocol*. UNFCCC, 1998. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>

VARELLA, F.; CAVALIERO, C.; SILVA, E (2008). *Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Incentivos Regulatórios*. Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, No. 1, 1o Sem. 2008, pp. 9-22.

WWEA (2009), World Wind Energy Association. *World Wind Energy Report 2009*. WWEA, 2009. Disponível em: <http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009_s.pdf>

ANEXO 1 – Tarifas instituídas pela *feed-in tariff* na Alemanha (hidroeletricidade e energia eólica)

Em €\$ ct/kWh

| Ano de comissionamento | Hidroeletricidade | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|------------|-------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | Geração até 5 MW | | | Geração maior que 5 MW | | | | |
| | < 500 kW | 500 - 2 MW | 2 MW - 5 MW | < 500 kW | < 10 MW | < 20 MW | < 50 MW | > 50 MW |
| 2009 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 7,29 | 6,32 | 5,80 | 4,34 | 3,50 |
| 2010 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 7,22 | 6,26 | 5,74 | 4,30 | 3,47 |
| 2011 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 7,14 | 6,19 | 5,68 | 4,25 | 3,43 |
| 2012 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 7,07 | 6,13 | 5,63 | 4,21 | 3,40 |
| 2013 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 7,00 | 6,07 | 5,57 | 4,17 | 3,36 |
| 2014 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 6,93 | 6,01 | 5,52 | 4,13 | 3,33 |
| 2015 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 6,86 | 5,95 | 5,46 | 4,09 | 3,30 |
| 2016 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 6,79 | 5,89 | 5,41 | 4,05 | 3,26 |
| 2017 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 6,73 | 5,83 | 5,35 | 4,00 | 3,23 |
| 2018 | 12,67 | 8,65 | 7,65 | 6,66 | 5,77 | 5,30 | 3,96 | 3,20 |

Tabela 1: Tarifas pagas aos produtores de hidroeletricidade na Alemanha

Fonte: BMU, 2009b

Em €\$ ct/kWh

| Ano de comissionamento | Energia Eólica | | | |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Onshore | | Offshore | |
| | Tarifa inicial* | Tarifa básica | Tarifa inicial* | Tarifa básica |
| 2009 | 9,20 | 5,02 | 13,00 | 3,50 |
| 2010 | 9,11 | 4,97 | 13,00 | 3,50 |
| 2011 | 9,02 | 4,92 | 13,00 | 3,50 |
| 2012 | 8,93 | 4,87 | 13,00 | 3,50 |
| 2013 | 8,84 | 4,82 | 13,00 | 3,50 |
| 2014 | 8,75 | 4,77 | 13,00 | 3,50 |
| 2015 | 8,66 | 4,73 | 12,35 | 3,33 |
| 2016 | 8,58 | 4,68 | 11,73 | 3,16 |
| 2017 | 8,49 | 4,63 | 11,15 | 3,00 |
| 2018 | 8,40 | 4,59 | 10,59 | 2,85 |

* A Tarifa inicial é paga por 5 anos

Tabela 2: Tarifas pagas aos produtores de energia eólica na Alemanha

Fonte: BMU, 2009b

**ANEXO 2 – Tarifas instituídas pela feed-in tariff na Alemanha
(biomassa e energia solar fotovoltaica)**

Em €\$ ct/kWh

| Ano de comissionamento | Biomassa | | | |
|------------------------|----------|--------------|---------------|--------------|
| | < 150 kW | 150 - 500 kW | 500 kW - 5 MW | 5 MW - 20 MW |
| 2009 | 11,67 | 9,18 | 8,25 | 7,79 |
| 2010 | 11,55 | 9,09 | 8,17 | 7,71 |
| 2011 | 11,44 | 9,00 | 8,09 | 7,63 |
| 2012 | 11,32 | 8,91 | 8,00 | 7,56 |
| 2013 | 11,21 | 8,82 | 7,92 | 7,48 |
| 2014 | 11,10 | 8,73 | 7,85 | 7,41 |
| 2015 | 10,99 | 8,64 | 7,77 | 7,33 |
| 2016 | 10,88 | 8,56 | 7,69 | 7,26 |
| 2017 | 10,77 | 8,47 | 7,61 | 7,19 |
| 2018 | 10,66 | 8,39 | 7,54 | 7,12 |

Tabela 1: Tarifas pagas aos produtores de energia através da biomassa na Alemanha

Fonte: BMU, 2009b

Em €\$ ct/kWh

| Ano de comissionamento | Energia Solar Fotovoltaica | | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|---------------|--------|
| | Instalações Livres* | Instaladas a construções | | | |
| | | < 30 kW | 30 - 100 kW | 100 kW - 1 MW | > 1 MW |
| 2009 | 31,94 | 43,01 | 40,91 | 39,58 | 33,00 |
| 2010 | 28,75 | 39,57 | 37,64 | 35,62 | 29,70 |
| 2011 | 26,16 | 36,01 | 34,25 | 32,42 | 27,03 |
| 2012 | 23,80 | 32,77 | 31,17 | 29,50 | 24,59 |
| 2013 | 21,66 | 29,82 | 28,36 | 26,84 | 22,38 |
| 2014 | 19,71 | 27,13 | 25,81 | 24,43 | 20,37 |
| 2015 | 17,94 | 24,69 | 23,49 | 22,23 | 18,53 |
| 2016 | 16,32 | 22,47 | 21,37 | 20,23 | 16,87 |
| 2017 | 14,85 | 20,45 | 19,45 | 18,41 | 15,35 |
| 2018 | 13,52 | 18,61 | 17,70 | 16,75 | 13,97 |

*Essa tarifas também se aplicam a instalações que não estão integradas a estruturas consideradas construções

Tabela 2: Tarifas pagas aos produtores de energia solar fotovoltaica na Alemanha

Fonte: BMU, 2009b