



cgEE



**Série Documentos Técnicos**

**02-10**



# Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão

A Série Documentos Técnicos tem o objetivo de divulgar resultados de estudos e análises realizados pelo CGEE com a participação de especialistas e instituições vinculadas aos temas de que se refere o trabalho.

Documentos com indicação individual de autoria podem conter opiniões que não refletem necessariamente o ponto de vista do CGEE.

Série Documentos Técnicos

02-10



---

Energia solar fotovoltaica no Brasil:  
subsídios para tomada de decisão



cgEE

Maio, 2010

## © Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência e Tecnologia. Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

### Presidenta

*Lucia Carvalho Pinto de Melo*

### Diretor Executivo

*Marcio de Miranda Santos*

### Diretores

*Antonio Carlos Filgueira Galvão*

*Fernando Cosme Rizzo Assunção*

**Edição e revisão** / *Tatiana de Carvalho Pires*

**Projeto gráfico** / *Eduardo Oliveira*

**Capa** / *Camila Maia*

**Apoio técnico ao projeto** / *Rafael Amaral Shayani*

C397e Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão: Série Documentos técnicos 2 Brasília, DF : Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

40 p.; il.; 20 cm

1. Energia Fotovoltaica. 2. Regulação. 3. Incentivos. I. CGEE. II. Título.

CDU 621.47

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
SCN Qd 2, Bl. A, Ed. Corporate Financial Center sala 1102  
70712-900, Brasília, DF  
Telefone: (61) 3424.9600  
<http://www.cgEE.org.br>

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão CGEE 13º Termo Aditivo/Ação: Tecnologias Críticas e Sensíveis para Setores Prioritários/Subação: Silício/MCT/2008.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte. Impresso em 2010.  
Sugestão de citação: CGEE, título, autoria, ano de publicação, CGEE: Brasília.  
*Impresso em 2010.*



# Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão

## Supervisão

*Fernando Cosme Rizzo Assunção*

## Relatores

*Adriano Moehlecke (PUCRS/CB-Solar)*

*Paulo Roberto Mei (Unicamp)*

*Ricardo Rütther (UFSC/Instituto Ideal)*

*Roberto Zilles (USP/IEE)*

## Equipe técnica do CGEE

*Elyas Ferreira de Medeiros (coordenador)*





## Sumário

---

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>PROPOSTA CENTRAL Nº. 1</b>	
<b>INCENTIVO À PESQUISA E À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b>	<b>19</b>
Proposta 1.1 — Financiar programa de PD&I que possibilite ganhos de competitividade	20
Proposta 1.2 — Estreitar o relacionamento entre a indústria e centros de PD&I	22
Proposta 1.3 — Coordenar atividades de PD&I através de uma rede de informações	23
Proposta 1.4 — Modernizar laboratórios e estabelecer processos-piloto	23
Proposta 1.5 — Formar recursos humanos qualificados	24
Proposta 1.6 — Estabelecer cooperação internacional	25
<b>PROPOSTA CENTRAL Nº. 2</b>	
<b>CRIAÇÃO DE MERCADO CONSUMIDOR</b>	<b>26</b>
Proposta 2.1 — Regulamentar a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica	27
Proposta 2.2 — Divulgar a energia solar fotovoltaica para a sociedade	28
Proposta 2.3 — Incentivar a geração fotovoltaica distribuída conectada à rede elétrica	29
Proposta 2.4 — Incentivar a geração fotovoltaica em larga escala para cargas específicas com demanda estável	30
Proposta 2.5 — Fomentar a implantação de minirredes	31
Proposta 2.6 — Estimular a criação de empresas de serviços de instalação e manutenção	31



### **PROPOSTA CENTRAL Nº. 3**

#### **ESTABELECIMENTO DE INDÚSTRIAS DE CÉLULAS E MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 32**

---

Proposta 3.1 — Inserir o tema Energias Renováveis na PDP 33

Proposta 3.2 — Estimular o estabelecimento de indústrias de células e módulos fotovoltaicos 33

Proposta 3.3 — Estimular o estabelecimento de indústrias de equipamentos para sistemas fotovoltaicos 34

### **PROPOSTA CENTRAL Nº. 4**

#### **ESTABELECIMENTO DE INDÚSTRIAS DE SILÍCIO GRAU SOLAR E GRAU ELETRÔNICO 35**

---

Proposta 4.1 — Estimular o estabelecimento de indústrias de silício grau solar e eletrônico 36

### **CONCLUSÃO**

#### **PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES E INSTITUIÇÕES DE GOVERNANÇA 37**

---

1. Ações, prazos e instituições sugeridas 37

2. Documentos CGEE do Estudo 38



## Apresentação

Este documento propositivo oferece, aos tomadores de decisão, subsídios quanto às macro ações político-institucionais, que em concerto com a visão de demanda futura e com principais pensamentos estratégicos de especialistas, tenham elevado potencial para promover o estabelecimento e a sustentabilidade do empreendimento fotovoltaico no país, e é um extrato executivo de documentos gerados no Estudo.

O trabalho foi produzido por equipe técnica do CGEE encarregada da liderança do Estudo “Tecnologias Críticas e Sensíveis em Setores Prioritários” (foco no Silício), previsto no Contrato de Gestão, e apresenta elementos e instrumentos que podem balizar ações governamentais que estão em fase de estruturação e que tem o foco em energia solar fotovoltaica, tais como o Sistema Brasileiro de Tecnologia do MCT (Sibratec), o Programa de CT&I em Energia Renováveis do MCT, e o Estudo de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos do MME.

O grupo teve a colaboração – em oficinas presenciais e em consultas eletrônicas – de quase duas centenas de pesquisadores e executivos de instituições de governo e de empresas, para chegar à síntese que aqui se apresenta, no formato de quatro propostas centrais e complementares entre si:

- 1) Incentivo à pesquisa e à inovação tecnológica;
- 2) Criação de mercado consumidor;
- 3) Estabelecimento de indústrias de células solares e de módulos fotovoltaicos; e
- 4) Estabelecimento de indústrias de silício grau solar e grau eletrônico.



O detalhamento dessas macropropostas é apresentado nos próximos capítulos, e vem precedido, no capítulo respectivo, por considerações derivadas do olhar de especialistas para tendências e fatos portadores de futuro, constituintes da realidade brasileira para os elos mais relevantes da cadeia produtiva em energia solar fotovoltaica.

Por fim, o CGEE agradece a continuidade de esforços e a colaboração direta no Estudo de instituições como ABDI, MCT (Setec/Sepin), MME, MMA, MDIC; e considera de grande valor as contribuições das demais ICT e empresas citadas nos documentos gerados.



## Introdução

O Brasil é rico em recursos naturais e possui recursos humanos disponíveis para atuar na geração de energia solar fotovoltaica. No entanto, apesar de notáveis esforços em algumas fontes renováveis de energia, são poucos os resultados que promovam a inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica nacional.

O Estado brasileiro encontra-se em fase de posicionamento sobre a definição de políticas públicas de incentivo ou regulamentação que promovam (ou que permitam de forma clara e eficaz) a inserção dessa fonte de energia nas redes concessionárias de eletrificação rural e urbana. Esse fato dificulta o desenvolvimento da energia fotovoltaica em maior escala e ressalta a importância da aplicação de mecanismos regulatórios para o seu fomento empresarial e incentivo à inovação tecnológica – gerando milhares de empregos de alto valor agregado. Outros empecilhos para a adoção da energia fotovoltaica em grande escala são: o alto custo atual da engenharia fotovoltaica, o que muitas vezes torna seu emprego urbano inviável; e o desconhecimento dos benefícios da utilização dessa fonte limpa e renovável num país de dimensões vantajosas e com índices muito favoráveis de irradiação solar.

Documentos internacionais reportam para o ano de 2050 que 50% da geração de energia no mundo virão de fontes renováveis. Dessa demanda, 25% serão supridos pela energia solar fotovoltaica. Populações do fim do século dependerão em até 90% das renováveis, dos quais 70% será de fotovoltaica. Portanto, esses números aplicados ao Brasil indicam que haverá um crescimento da eletricidade solar fotovoltaica, seguida da energia eólica, podendo vir a predominar sobre a energia hidroelétrica, a qual atualmente representa elevada parcela da matriz energética



nacional. Incontáveis estudos apontam ainda que a qualidade de vida das futuras gerações dependerá intensamente das tecnologias de exploração da energia solar. Fato é que, diante de firmes tendências, o Brasil precisa no curto prazo ingressar de forma sustentável no mercado de energia fotovoltaica a fim de garantir seu espaço estratégico na geração de dividendos socioeconômicos no futuro. Para isso, não poderá permanecer ausente de investimentos vultosos em pesquisa tecnológica e desenvolvimento industrial, a exemplo de China, Alemanha, Espanha, EUA, Japão, Índia e outros.

Partindo dessa premissa, este Estudo recomenda que a energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica no Brasil seja compreendida como uma fonte complementar de energia, uma vez que se trata de fonte intermitente. Por outro lado, seu potencial é muitas vezes superior à demanda de energia ativa e futura do país, razão pela qual os sistemas fotovoltaicos devem ser incentivados a participar com frações crescentes de contribuição na matriz energética nacional.

Ainda que o Documento tenha o caráter conclusivo para a presente encomenda do MCT, saliente-se que não se esgotam aqui os debates sobre o estabelecimento de uma estratégia nacional diante das oportunidades das tecnologias e recursos naturais para a energia solar fotovoltaica no Brasil.

Assim é que o CGEE subscreve a percepção de enormes oportunidades para o Brasil que o Estudo aponta em sua conclusão no ano de 2009. Ficam, assim, expectativas da sociedade para que instituições de governo e do empresariado invistam celeremente em indústria de silício e nos demais elos da cadeia produtiva em energia solar fotovoltaica, dada a identificação de significativos potenciais para:

- Geração de milhares de empregos de alto nível no país;<sup>1</sup>

---

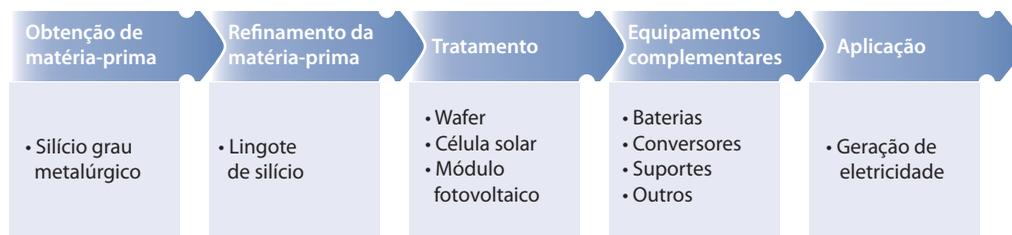
1 A geração de empregos global, demandada pelo desenvolvimento do mercado fotovoltaico, encontra-se entre 3,7 e 10 milhões de empregos até 2030. Estima-se que, do mercado global previsto para 2030, 8% das instalações fotovoltaicas acumuladas estejam na América Central e América do Sul. A energia fotovoltaica apresenta importante benefício referente à criação de empregos, pois muitos dos postos de trabalho estão no local da instalação do sistema (instaladores, revendedores e engenheiros), estimulando a economia local. Baseado em informações providas por indústrias, pode-se considerar que 10 empregos são criados para cada MW produzido, e 33 para cada MW instalado. Estudo realizado sobre o potencial brasileiro estima a geração de mais de 60 mil empregos até 2025. Maiores informações no documento CGEE *Incentivo ao mercado de energia fotovoltaica no Brasil*. Nota Técnica. Brasília, DF. Mai/2009. 83p.



- Geração e distribuição de riqueza socioeconômica;<sup>2</sup>
- Desenvolvimento de parque industrial competitivo internacionalmente;<sup>3</sup> e
- Produção de energia renovável e ambientalmente limpa, visto o elevado potencial solar existente no país.

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser fabricados com diversas tecnologias, entre elas: Silício monocristalino, Silício policristalino, Silício amorfo, Disseleneto de Cobre, Índio e Gálio (CIGS), Telureto de Cádmio (CdTe) e Semicondutores Orgânicos. Os módulos de silício são os mais utilizados no mundo, provavelmente permanecendo assim pelos próximos 15 anos.

De forma resumida, para o silício, a cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica e seus principais produtos podem ser representados pela figura abaixo:



O Brasil possui (como riqueza natural) grandes jazidas de quartzo de qualidade, além de um grande parque industrial que extrai esse mineral e o beneficia, transformando-o em silício grau metalúrgico.

O silício grau metalúrgico é considerado matéria-prima ainda bruta para a produção de painéis fotovoltaicos. O grau de pureza desse material deve ser extremamente elevado. Esse processo

2 A purificação do silício apresenta elevado valor agregado, pois o silício grau solar chega a valer mais de 100 vezes o preço do silício grau metalúrgico atualmente exportado pelo Brasil. Maiores informações no documento CGEE *Produção de silício grau solar no Brasil*. Nota Técnica. Brasília, DF. Mar/2009. 48p.

3 Potenciais vantagens competitivas destacam o Brasil em relação aos concorrentes. Existem importantes reservas de quartzo de qualidade no país e indústrias com liderança em silício de grau metalúrgico. A tradicional forma de purificação do silício para obtenção do silício de grau eletrônico utiliza a rota química. Para o silício de grau solar, pode ser adotada a rota metalúrgica, a qual necessita de menos energia e reduz a agressão ao meio ambiente. A consequente redução de custos apresentada por esta tecnologia é uma promissora vantagem. Maiores informações no documento CGEE *Produção de silício grau solar no Brasil*. Nota Técnica. Brasília, DF. Mar/2009. 48p.



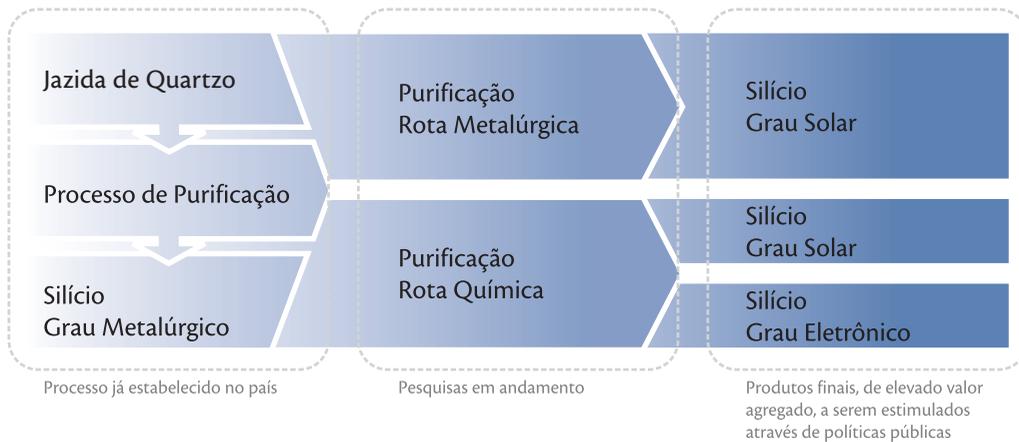
de purificação agrega imenso valor ao mineral brasileiro, transformando-o tanto em silício grau solar quanto em silício grau eletrônico.

O silício grau solar, dependendo de seu grau de purificação, pode ser utilizado como matéria-prima para a indústria fotovoltaica e para a produção de semicondutores (chips de computadores). A possibilidade de produção nacional de silício grau eletrônico pode estimular a instalação de fábricas de componentes e de equipamentos eletrônicos no país.



O processo de purificação de silício tradicionalmente utilizado no mundo denomina-se “rota química”, da qual se obtém silício de grau eletrônico. No Brasil existem pesquisas para a utilização de um processo alternativo de purificação, denominado “rota metalúrgica”, a qual produz silício grau solar com menor gasto de energia e menor impacto ambiental. O fato de o Brasil já possuir indústrias de silício grau metalúrgico instaladas em território nacional é uma vantagem adicional.

O desenvolvimento da rota metalúrgica pode fazer com que o país figure entre os líderes mundiais de produção de silício de grau solar, possibilitando exportação para todo o mundo.



Uma vez obtida a matéria-prima refinada, seja importada ou produzida nacionalmente, deve-se proceder a seu tratamento, para produzir wafers (lâminas), células solares e módulos fotovoltaicos.

O processo de beneficiamento necessita de vários insumos, provocando assim a geração de empregos indiretos, além do desenvolvimento de outras atividades industriais correlatas.

Para que a eletricidade produzida pelo sistema fotovoltaico seja efetivamente utilizada (seja em locais que ainda não dispõem de energia elétrica, ou conectados às redes elétricas já existentes) são necessários equipamentos complementares, tais como acumuladores de energia para armazenamento da energia (para que possa ser utilizada durante a noite) e conversores (para disponibilizarem energia com tensão 110/220 volts).

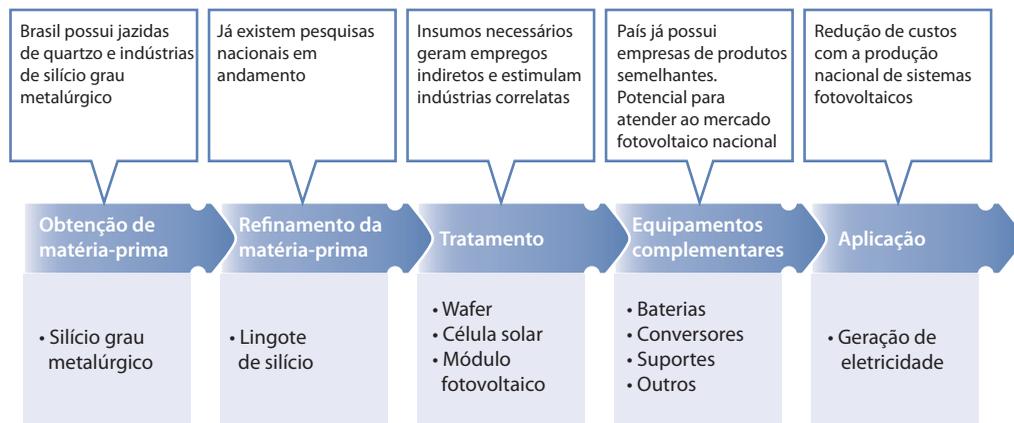
O Brasil já possui, em território nacional, fábricas de acumuladores de energia e de conversores. Com o devido estímulo, esses produtos podem ser adaptados a fim de atender às exigências específicas dos sistemas solares fotovoltaicos.

O fornecimento de energia elétrica à população é um dever do Estado, considerado como um serviço público essencial. A produção nacional de sistemas solares fotovoltaicos propicia uma redução de custo, facilitando sua disseminação, inclusive em locais ainda não atendidos por eletricidade.

A utilização dos sistemas solares conectados à rede elétrica, através de uma política de incentivo, possibilita gerar escala para a produção e, conseqüentemente, redução de custos. Existem expectativas de que, em aproximadamente 10 anos, o preço da energia fotovoltaica será igual



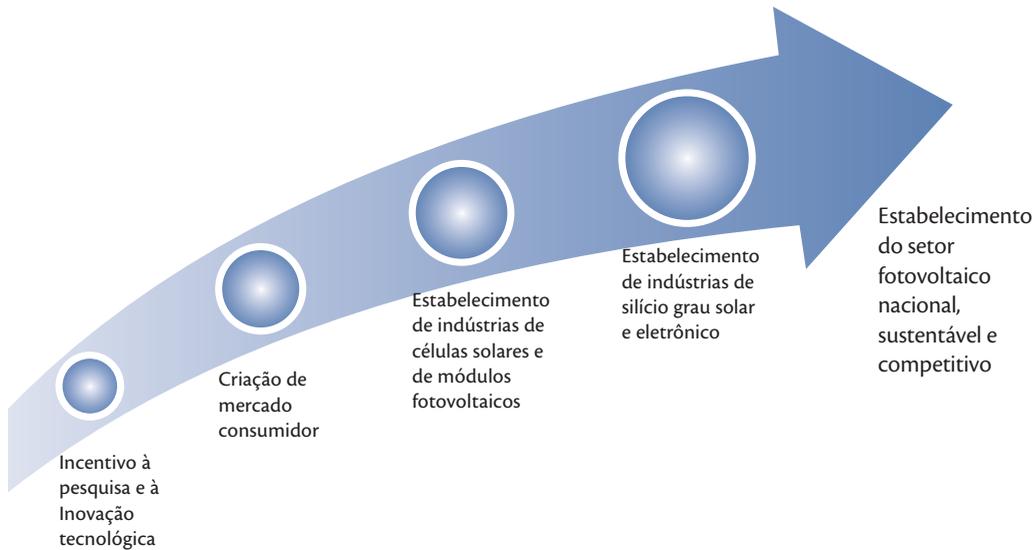
ou inferior ao preço das fontes convencionais. Ao adotar as recomendações deste estudo, neste momento, o país já terá no médio/longo prazo um parque industrial estabelecido para oferecer essa energia para a população em geral.



Para se ter no Brasil mercado fotovoltaico sustentável e de larga escala é preciso instituir programa de incentivo ao estabelecimento de fábricas de equipamentos. Caso contrário, nos tornaremos grande importador de insumos da indústria internacional. Esse programa será orde-nde-grandeza mais rentável se incluir cláusulas de criação de empregos e de desenvolvimento tecnológico doméstico.

As principais propostas (detalhadas neste documento), visando sustentabilidade e competitividade de um setor fotovoltaico brasileiro, podem ser agregadas nas seguintes linhas centrais, complementares entre si:

- 1ª. Incentivo à pesquisa e à inovação tecnológica.
- 2ª. Criação de mercado consumidor.
- 3ª. Estabelecimento de indústrias de células solares e de módulos fotovoltaicos.
- 4ª. Estabelecimento de indústrias de silício grau solar e eletrônico.



Essa proposta consiste em começar utilizando as experiências de sucesso de outros países, enquanto acompanhadas de pesquisas e estratégias próprias para promover a inovação tecnológica e a sustentabilidade socioeconômica do empreendimento solar fotovoltaico no Brasil.

As políticas públicas a serem formuladas, baseadas nas recomendações do presente documento, terão melhor eficácia se elaboradas e implementadas em cooperação entre governo federal, governos dos Estados e, onde aplicável, governos municipais interessados ou envolvidos.





## Proposta Central nº. 1

### Incentivo à pesquisa e à inovação tecnológica

#### Considerando que:

- Instituições de P&D nacionais, tais como CB-Solar, LAB-Solar, Cetec, Cetem, IME, Inmetro, CTI, INPI e outras podem dar contribuições significativas à cadeia produtiva de energia fotovoltaica, pois essas articulam potenciais e competências em: prospecção, caracterização e descontaminação de quartzo para produção de silício metalúrgico, grau solar e grau eletrônico; desenvolvimento de planta pré-industrial de células e módulos; desenvolvimento de coletores solares e análise do desempenho de instalações autônomas ou interligadas à rede elétrica; capacidade certificadora em módulos, inversores e acumuladores de energia; levantamento de competências na tecnologia de módulos fotovoltaicos para auxiliar roadmaps; competência para integração de sistemas fotovoltaicos, relacionado a edificações e ao design; e, estudos avançados para desenvolvimento de novas tecnologias como filmes finos;
- É preciso buscar a redução dos custos de produção dentro da cadeia produtiva, de modo a aumentar a competitividade em energia solar fotovoltaica;
- Há necessidade de modernizar os laboratórios de pesquisa;
- É preciso promover intercâmbio com centros de referência, para troca de experiências, normatizações, medições e suporte;



- É preciso localizar e estudar o quartzo oriundo de áreas de alto grau de metamorfismo;
- O mercado, sendo altamente inovador e globalizado, requer desenvolvimento de recursos humanos para inovação e formação de mão-de-obra de grau técnico, para instalar, operar e manter os sistemas fotovoltaicos;
- Há escassez de engenheiros, químicos, outros, e de uma série de especialidades necessárias ao empreendimento fotovoltaico;
- Apesar de algumas empresas de silício de grau solar já estarem estabelecidas no país, o que demonstra a viabilidade do processo, pesquisas adicionais devem ser feitas na rota metalúrgica, visto se tratar de uma tecnologia emergente e que ainda não possui pleno domínio tecnológico. Existem importantes competências em P&D no país para desenvolver, em parceria com empresas nacionais, estratégias que venham a ser construídas. As atividades laboratoriais nas universidades e centros de pesquisas encontram-se atualmente ou em nível de pesquisa aplicada ou em aplicação prática seletiva. Já a mão-de-obra especializada neste setor necessita ser estabelecida;
- O setor fotovoltaico propiciará a geração de milhares de empregos em nível médio e superior;
- Há necessidade de laboratório de pesquisa, talvez vinculado a um parque tecnológico nacional, vocacionado para a solução dos desafios tecnológicos específicos do tema para suportar a indústria;
- A tecnologia fotovoltaica baseada em silício é semelhante à da microeletrônica; e
- Já existe o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM).

A partir dessas considerações, extraídas dos documentos deste Estudo, o CGEE, após ampla participação de especialistas, recomenda:

### **Proposta 1.1 — Financiar programa de PD&I que possibilite ganhos de competitividade**

As seguintes áreas de atuação são indicadas:

- Estudos da matéria-prima (quartzo);



- Desenvolvimento de rotas alternativas para a produção de silício grau solar e grau eletrônico, além de lâminas de silício;
- Desenvolvimento de processos de fabricação de células solares e módulos fotovoltaicos de menor custo e/ou maior eficiência;
- Desenvolvimento da cadeia produtiva: insumos para produção de módulos fotovoltaicos com células de silício; alternativas para pastas serigráficas,  $\text{POCl}_3$  (oxicloreto de fósforo), vidros, EVA (acetato de vinila), filme posterior, alumínio e selo de bordas;
- Desenvolvimento de equipamentos de produção de células e módulos fotovoltaicos, propiciando maior eficiência de produção e manutenção;
- Desenvolvimento de pesquisas que explorem interesses comuns entre energia fotovoltaica e microeletrônica, incluindo: conhecimento de lacunas entre propriedades ideais e as disponíveis (eficiência máxima e eficiência obtida); processos produtivos de filmes e superfícies; projeto e preparo de dispositivos; modelos físicos; ensaios e medidas;
- Desenvolvimento e inovação tecnológica de conversores CC/CA (corrente contínua / corrente alternada) para sistemas conectados à rede, conversores CC/CA bidirecionais para sistemas isolados e condicionamento de potência para sistemas fotovoltaicos de bombeamento;
- Estudos sobre tecnologias alternativas ao silício para fabricação de células fotovoltaicas, tais como filmes finos e semicondutores orgânicos;
- Desenvolvimento de pesquisas que visem nichos de mercado, tais como sistemas fotovoltaicos integrados às edificações e programa de universalização do acesso e do uso da energia;
- Desenvolvimento de projetos e formação de recursos humanos em cooperação com a área de microeletrônica; e
- Desenvolvimento de projetos cooperativos entre empresas e instituições de ciência e tecnologia (ICT), visando agregação de valor a produtos e desenvolvimento de processos e produtos na cadeia produtiva fotovoltaica.



## **Proposta 1.2 — Estreitar o relacionamento entre a indústria e centros de PD&I**

Para tanto instituir um Centro Nacional de Pesquisa em Energia Fotovoltaica, com as seguintes características:

- Equipe de pesquisadores, técnicos e administrativos com dedicação exclusiva;
- Pesquisa própria com ênfase em mostrar viabilidade industrial do empreendimento fotovoltaico;
- Capacidade para certificação (associada ao Inmetro, por exemplo);
- Capacidade de caracterização de impurezas em grau eletrônico;
- Forte interação com indústria, universidades, institutos federais, escolas e sociedade; e
- Metas definidas em conjunto com especialistas da área, visando atender às necessidades brasileiras.

Um dos objetivos desse Centro deve ser o desenvolvimento de mecanismos que promovam a inovação na cadeia produtiva fotovoltaica, em especial com projetos cooperativos entre ICT e empresas.



### **Proposta 1.3 — Coordenar atividades de P,D&I através de uma rede de informações**

Características da rede de informações:

- Coordenar a pesquisa entre universidades, institutos federais e bases industriais de P&D&I, para maior sinergismo; e
- Possibilitar forte colaboração entre centros de purificação e centro de fabricação de células solares, visto que um processo realimenta o outro.

Esta proposta pode ser coordenada pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia Solar Fotovoltaica, aqui apontado.

### **Proposta 1.4 — Modernizar laboratórios e estabelecer processos-piloto**

As seguintes ações são recomendadas:

- Criar laboratório de caracterização de impurezas do quartzo e do silício em nível eletrônico;
- Estabelecer processos-piloto de redução de minérios de silício e de refino de silício, com forte apoio da engenharia metalúrgica, de minas e geologia, que potencializem a vocação mineiro-metalúrgica do Brasil;
- Estabelecer processos-piloto de fabricação de lâminas de silício grau solar a partir de silício grau metalúrgico, e de células solares à base de silício, com versatilidade para se explorar tecnologias vigentes relevantes até médio prazo (10 anos), com recursos que permitam PD&I nas diversas etapas do processo; e
- Desenvolver projetos para fortalecer e ampliar a capacidade de ensaios e medidas, o conhecimento da física de dispositivos, bem como o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias de células solares fotovoltaicas.



## Proposta 1.5 — Formar recursos humanos qualificados

As seguintes ações são recomendadas:

- Formar profissionais para atuarem nas etapas de projeto, instalação, operação e acompanhamento do desempenho de sistemas fotovoltaicos;
- Formar profissionais de pesquisa (especialização, mestrado, doutorado) e de operação (instalação, engenharia, arquitetura, etc.);
- Capacitar projetistas e instaladores;
- Qualificar pessoal, para formação de massa crítica e para demonstrar a viabilidade técnica da geração fotovoltaica integrada a edificações urbanas;
- Promover a formação e capacitação de profissionais para projetar edificações verdes;
- Incluir disciplinas sobre energias renováveis, com ênfase em energia fotovoltaica e nas tecnologias relacionadas, nos cursos de graduação em engenharia elétrica, eletrônica e mecatrônica, além dos cursos tecnólogos na área de sistemas elétricos;
- Incluir disciplinas sobre energia fotovoltaica, tecnologias de módulos, conversores e instalações de sistemas fotovoltaicos, nos cursos técnicos de eletrotécnica e de eletrônica;
- Oferecer, por meio de parcerias com prefeituras e com o Ministério do Trabalho (FAT - Fundo de Amparo ao Trabalhador), cursos de treinamento para profissionais já formados, com conteúdo igual aos especificados nos dois itens anteriores; e
- Estabelecer centros de treinamento em parceria com universidades e institutos federais que pesquisem o assunto, visando a formação de profissionais e instrutores para atuarem em cursos de treinamento.



## Proposta 1.6 — Estabelecer cooperação internacional

As seguintes ações são recomendadas:

- Promover acordos de cooperação com centros de excelência de classe mundial, com o objetivo de capacitar recursos humanos, possibilitar troca de informações, promover a execução de projetos cooperados e realizar transferência de tecnologias; e
- Promover acordo de cooperação com países desenvolvidos em tecnologias fotovoltaicas visando formação e capacitação de recursos humanos.



## Proposta Central nº. 2

### Criação de mercado consumidor

#### Considerando que:

- O potencial de insolação territorial brasileiro é elevado, se comparado aos países que atualmente lideram a produção fotovoltaica;
- A energia fotovoltaica apresenta importante benefício referente à criação de empregos. Muitos dos postos de trabalho estão no local da instalação do sistema (instaladores, revendedores e engenheiros), estimulando a economia local;
- Há importante mercado de equipamentos para o Brasil em se tratando de desenvolvimentos para sistemas autônomos e conectados à rede;
- As empresas investidoras em sistemas fotovoltaicos, que trabalham com sistemas conectados à rede, esbarram na regulamentação adequada que o Brasil ainda não tem;
- Foi estabelecido o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF), do Ministério de Minas e Energia (MME), para elaborar estudos, propor condições e sugerir critérios destinados a subsidiar definições competentes acerca de uma proposta de política de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas, como um fator de otimização de gestão da demanda de energia e de promoção ambiental no país, em curto, médio e longo prazos;
- Sistemas integrados à edificação urbana não ocupam espaço exclusivo;
- O fato de o Brasil ter forte base hidrelétrica apresenta a vantagem de absorver mais facilmente fontes intermitentes, tal como a solar. A combinação dessas fontes promove maior estabilidade da rede elétrica;



- A existência de um mercado consumidor proporciona o desenvolvimento tecnológico;
- A energia fotovoltaica tem grande potencial de redução de custos, promovendo a modicidade tarifária no futuro; e
- O mercado de carros elétricos pode ser impulsionado se a energia solar fotovoltaica estiver abundantemente disponível.

A partir dessas considerações, extraídas dos documentos deste Estudo, o CGEE, após ampla participação de especialistas, recomenda:

### **Proposta 2.1 — Regular a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica**

As seguintes ações são recomendadas:

- Definir aspectos regulatórios, tais como ponto de conexão na rede, medição, segurança energética e tarifação; e
- Remover entraves legais para que produtores independentes possam vender energia solar às concessionárias, utilizando tarifas-prêmio.



## Proposta 2.2 — Divulgar a energia solar fotovoltaica para a sociedade

As seguintes ações são recomendadas:

- Realizar investimento em projetos piloto e projetos-vitrine (tais como estádios solares e aeroportos solares, bancos, correios, etc), proporcionando amadurecimento e domínio tecnológico. A possibilidade de iluminar os estádios da Copa do Mundo de 2014 utilizando energia fotovoltaica é uma oportunidade que promoverá grande visibilidade à população;
- Fomentar debates para discussão da importância da geração fotovoltaica no planejamento da universalização do acesso à energia elétrica;
- Divulgar as estimativas de redução de custos e os benefícios associados;
- Disseminar o uso da tecnologia fotovoltaica junto aos empreiteiros, arquitetos, engenheiros e órgãos de governo;
- Fornecer informações para maior esclarecimento da classe política, justificando investimentos para a tecnologia brasileira fotovoltaica; e
- Lançar uma campanha de divulgação e marketing, para ganhar o suporte da opinião pública, podendo criar um portal na internet para oferta de cursos online e divulgação de informação para instaladores, prestadores de serviços, fabricantes, agentes financiadores e potenciais usuários, além de espaço para ofertas de produtos e serviços, divulgação de trabalhos técnicos, eventos, etc. Este portal poderia ser administrado pelas federações de indústrias, Senai e Sebrae, por exemplo.



### **Proposta 2.3 — Incentivar a geração fotovoltaica distribuída conectada à rede elétrica**

As seguintes ações são recomendadas:

- Adotar o método de maior estímulo no mundo a edificações com os sistemas fotovoltaicos: a tarifa-prêmio;
- Incentivar os produtores independentes a venderem energia solar às concessionárias, utilizando tarifa-prêmio;
- Estender, oportunamente, a geração fotovoltaica às unidades residencial, comercial, industrial e prédios públicos;
- Estabelecer que áreas com grandes superfícies disponíveis (tais como condomínios e estádios) possam ter redução de impostos (IPTU, por exemplo) ao utilizarem sistemas fotovoltaicos conectados à rede; e que aeroportos possam cobrar uma “taxa carbono” devido às emissões provocadas pelas aeronaves, como formas de subsídio à geração fotovoltaica;
- Criar regulamentação municipal, estadual ou nacional, para que edificações com determinado porte tenham metas de utilização de energia verde. Pode-se criar um selo de qualificação, agregando valor às edificações. Os certificados verdes poderiam ser negociados, com compra garantida pelo governo;
- Elaborar plano de certificação de construtoras e empresas de instalações e adaptações, para ficarem aptas a transformar edificações já existentes em edificações verdes;
- Determinar uma meta de percentual de participação na matriz elétrica nacional, que possa servir de atração para novas indústrias, visando fomentar a produção nacional de equipamentos;
- Incentivar a geração distribuída fotovoltaica em prédios comerciais ou públicos, pois a curva de carga e de geração fotovoltaica são coincidentes;



- Instituir um programa de incentivo para fomentar o acúmulo de experiências e o desenvolvimento em escala, reduzindo preços e alcançando a paridade tarifária e, posteriormente, a modicidade tarifária;
- Investir no curto prazo em energia fotovoltaica para permitir o preparo do parque industrial para atender à sociedade quando a paridade tarifária for alcançada;
- Estabelecer um fundo financiador de novos projetos para o setor fotovoltaico; e
- Incentivar a utilização de geração distribuída fotovoltaica com armazenamento de energia visando a redução da demanda em horários de pico de consumo de prédios residenciais, comerciais ou públicos, reduzindo a utilização de sistemas motor-gerador a óleo diesel.
- Associar a geração fotovoltaica distribuída às pesquisas sobre Redes Eficientes (Smart Grids)

### **Proposta 2.4 — Incentivar a geração fotovoltaica em larga escala para cargas específicas com demanda estável**

As seguintes cargas são recomendadas:

- Sistemas elétricos que podem utilizar a energia fotovoltaica: irrigação, organizações militares, prédios públicos, hospitais, escolas, aeroportos, edificações comerciais urbanas, sistemas para telecomunicações, telemetria, sinalização náutica (faróis e boias);
- Outras aplicações para sistemas fotovoltaicos: utilização em lugares remotos, proteção catódica, telefones nas estradas, iluminação pública, luminárias de jardins, conservação de vacinas em regiões remotas, transmissão de sinais de comunicação e cercas eletrificadas; e
- Aplicação em veleiros, que estão expostos ao sol e longe das tomadas elétricas; semáforos, dispositivos fotovoltaicos em roupas, acumulando energia para pequenos equipamentos (relógios, telefones, iluminação, mapas, GPS, etc.); barracas para acampamento; itens de lazer em geral; ferramentas elétricas e fontes primárias portáteis de iluminação. Sensores e atuadores utilizados em campo aberto para agricultura de precisão.



## **Proposta 2.5 — Fomentar a implantação de minirredes**

As seguintes recomendações são propostas:

- Atender pequenas localidades a partir de minidistribuidoras e minigeradoras, utilizando sistemas híbridos (solar/biomassa/eólico/back-up fóssil);
- Promover projetos especiais de minirredes no contexto do Programa “Luz para Todos”; e
- Implantar um sistema de subsídios específico para a energia gerada, ou seja, a substituição da “Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC” pela “Conta de Geração de Energia – CGE” para sistemas isolados, em que o subsídio seja pago pela quantidade de energia (kWh) gerada, independente do tipo de fonte utilizada.

## **Proposta 2.6 — Estimular a criação de empresas de serviços de instalação e manutenção**

- Estimular a criação de empresas prestadoras de serviços de instalação e manutenção; e
- Criar um selo de qualidade para os serviços de instalação e manutenção, visando garantir qualidade mínima dos serviços técnicos de projeto e instalação.



## Proposta Central nº. 3

### Estabelecimento de indústrias de células e módulos fotovoltaicos

#### Considerando que:

- Existem interesses de grupos industriais no Brasil, atuantes em comercialização do silício grau-solar; comercialização de lâminas (wafers); comercialização de sistemas fotovoltaicos completos e em usina geradora de energia fotovoltaica;
- O país já possui tecnologia para fabricação de células solares e módulos fotovoltaicos, com planta piloto operando na PUC-RS;
- O estabelecimento dessas indústrias foi o caminho seguido por países que se inseriram no mercado mundial nos últimos anos, tendo como exemplo a China, onde a empresa Suntech tornou-se a terceira maior produtora mundial;
- Países como Índia e México possuem fábricas de células solares e/ou módulos fotovoltaicos;
- As maiores empresas de células/módulos não produzem lâminas;
- Recursos humanos qualificados para produção estão sendo formados na planta piloto na PUC-RS;
- Existe cadeia de fornecedores montada na PUC-RS, com a possibilidade de estabelecer contratos de fornecimento de lâminas de silício em curto prazo;



- A indústria fotovoltaica e sua cadeia de fornecedores promovem a geração de empregos de níveis médio e superior;
- Com a criação do mercado, haverá demanda interna para os módulos fotovoltaicos; e
- Existe possibilidade de exportação de células solares, com mercado internacional em crescimento acelerado.

A partir dessas considerações, extraídas dos documentos do Estudo, o CGEE, após ampla participação de especialistas, recomenda:

### **Proposta 3.1 — Inserir o tema Energias Renováveis na PDP**

- Inserir o tema “Energias Renováveis” na Política de Desenvolvimento Produtivo a fim de criar um ambiente de governança político-institucional para o fomento nacional a inovações tecnológicas para a cadeia fotovoltaica e desenvolvimentos industriais mediante planos e programas de ação.

### **Proposta 3.2 — Estimular o estabelecimento de indústrias de células e módulos fotovoltaicos**

- Garantir um índice de nacionalização, criando movimentação econômica no país a partir do estabelecimento de novas empresas, gerando empregos e riqueza;
- Utilizar o poder de compra do Estado. Com o mercado consumidor já estabelecido, a escala de produção provocará diminuição de custos e viabilização de investimentos privados na cadeia produtiva;
- Utilizar os benefícios já existentes da Lei de Informática. Com mercado interno regido por políticas de Estado, e facilidades, mais estímulos à exportação, haverá atração de investimentos estrangeiros e nacionais na geração da energia fotovoltaica e na implantação de uma cadeia produtiva do setor; e
- Criar um programa com empresas nacionais para fornecimento de sistemas fotovoltaicos padronizados para sistemas isolados, reduzindo impostos (de importação, IPI, PIS e Cofins) e juros de financiamento. O incentivo à produção de tecnologia nacional e a iniciativa de projetos privados e governamentais promoverá a redução de custos e a proliferação dessa fonte energética.



### **Proposta 3.3 — Estimular o estabelecimento de indústrias de equipamentos para sistemas fotovoltaicos**

- Incentivar à produção industrial de equipamentos para sistemas fotovoltaicos, nos quais o país tem capacitação para produção e pode competir no mercado internacional;
- Incentivar a produção de baterias de chumbo-ácido para sistemas fotovoltaicos;
- Incentivar a produção de inversores CC/CA bidirecionais para sistemas fotovoltaicos isolados;
- Incentivar a produção de inversores CC/CA para sistemas conectados à rede; e
- Utilizar o poder de compra do Estado (a exemplo da proposta 3.2). Com o mercado consumidor já estabelecido, a escala de produção provocará diminuição de custos e viabilização de investimentos privados na cadeia produtiva.



## Proposta Central nº. 4

### Estabelecimento de indústrias de silício grau solar e grau eletrônico

#### Considerando que:

- O Brasil possui uma das maiores reservas de quartzo para produção de silício grau solar e grau eletrônico;
- Existem interesses de grupos industriais no Brasil atuantes em: comercialização do silício grau solar; comercialização de lâminas (wafers); comercialização de sistemas fotovoltaicos completos e usina geradora de energia fotovoltaica;
- O mercado internacional de silício grau solar vem crescendo em ritmo acelerado, e a previsão é que continue com aumentos de demanda de aproximadamente 40% ao ano. Cerca de 90% dos painéis fotovoltaicos produzidos utilizam silício; a expectativa de intensificação do uso desses sistemas solares no mundo demandará uma quantidade de silício diversas vezes superior à atual produção. Tecnologias de filmes finos reduzirão, em médio prazo, a participação do silício como matéria-prima para painéis fotovoltaicos, porém o silício continuará com porção expressiva do mercado. Existe espaço para a entrada de novos fabricantes, assim como oportunidades para que os atuais produtores aumentem sua capacidade. Porém, muitas empresas pelo mundo estão se preparando para adentrar neste mercado, o que implica um considerável aumento da atual oferta (concorrência) de silício grau solar;
- Potenciais vantagens competitivas destacam o Brasil em relação aos concorrentes. Existem importantes reservas de quartzo de qualidade no país e indústrias com



liderança em silício de grau metalúrgico. A tradicional forma de purificação do silício para obtenção do silício de grau eletrônico utiliza a rota química. Para o silício de grau solar, pode ser adotada a rota metalúrgica, a qual necessita de menos energia e reduz a agressão ao meio ambiente. A consequente redução de custos apresentada por esta tecnologia é uma promissora vantagem;

- A necessidade de pesquisas na rota metalúrgica dificulta a entrada do país neste mercado a curto prazo. A rota química convencional apresenta disponibilidade tecnológica imediata, além de possibilitar o desenvolvimento da indústria de microeletrônica no Brasil. As duas tecnologias podem atuar em conjunto, com produção de silício grau solar e eletrônico pela rota química e pesquisas paralelas na rota metalúrgica, visando garantir domínio tecnológico futuro e competitividade frente aos concorrentes;
- Elevado valor agregado também está presente na purificação do silício, pois o grau solar chega a valer mais de cem vezes o preço do silício grau metalúrgico atualmente exportado pelo Brasil;
- O Brasil possui um parque industrial estabelecido e competitivo internacionalmente para a produção de silício metalúrgico; e
- Esse foi o caminho seguido por outros países, tais como China e Coréia do Sul: primeiro, fábricas de células solares e módulos fotovoltaicos e, em seguida, a produção de silício grau solar.

A partir dessas considerações, extraídas dos documentos do Estudo, o CGEE, após ampla participação de especialistas, recomenda:

#### **Proposta 4.1 — Estimular o estabelecimento de indústrias de silício grau solar e eletrônico**

- Disponibilizar suporte econômico e financiamento vantajoso, visando atrair indústrias atualmente produtoras de silício metalúrgico. Empresas de crescimento de lingote mono e multicristalinos podem se estabelecer para fornecimento de lâminas de silício para indústria de células solares; e
- Utilizar os benefícios já existentes do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis). Com indústrias de células e módulos fotovoltaicos estabelecidas, a produção nacional de silício deverá ter mercado garantido.



## Conclusão

### Principais recomendações e instituições de governança

No quadro a seguir foram destacadas ações de curto e de médio prazos, pois essas são fundamentais para o cumprimento da proposta do Estudo: “Recomendar ações para o estabelecimento da atividade industrial brasileira em energia solar fotovoltaica a partir dos recursos de ciência, tecnologia e inovação disponíveis”.

Para o elenco de ações de longo prazo, este Estudo recomenda a instituição de um exercício prospectivo, com foco na construção de uma carteira de tecnologias pré-competitivas a partir do momento que o país ingressar na atividade industrial.

#### 1. Ações, prazos e instituições sugeridas

Recomendações	Curto Prazo (1 a 3 anos)	Médio Prazo (4 a 10 anos)	Instituições
1. Elaborar e financiar programa de PD&I que possibilitem ganhos de competitividade;	X		MCT (FINEP, CNPq), MME, MMA, BNDES
2. Debater a criação de um “Centro Nacional de Pesquisa em Energia Fotovoltaica”, que atuará em rede, visando o relacionamento entre indústria e centros de pesquisa/universidades;	X		MCT, MME



Recomendações	Curto Prazo (1 a 3 anos)	Médio Prazo (4 a 10 anos)	Instituições
3. Estabelecer e coordenar a Rede de Informações promotora das atividades de P&D&I em Energia Solar Fotovoltaica;	X		MCT
4. Fazer levantamento estratégico de infraestrutura para modernizar laboratórios e estabelecer processos-piloto;	X		MCT, MME
5. Fazer levantamento estratégico de necessidades de talentos e formar recursos humanos para sustentabilidade de empreendimentos industriais e de pesquisa no Brasil;	X		MEC (Capes), MCT(CNPq), ICTs e Indústrias
6. Fomentar a cooperação internacional com centros de excelência visando capacitação de recursos humanos, projetos cooperativos e transferência de tecnologia;	X	X	MCT, MME, MRE
7. Promover a participação de pesquisadores e empresários em feiras e ventos internacionais;	X	X	MCT (CNPq, FINEP), MME, MEC (Capes)
8. Regulamentar a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica;	X		MME, ANEEL
9. Divulgar a energia solar fotovoltaica para a sociedade;	X	X	ONGs, MMA, MME, MCT, MEC
10. Incentivar a geração fotovoltaica distribuída conectada à rede elétrica;	X		MME, ANEEL
11. Incentivar a geração fotovoltaica em larga escala para cargas específicas com demanda estável;	X	X	MME
12. Fomentar a implantação de minirredes utilizando sistemas híbridos;	X	X	MME
13. Estimular a criação de empresas prestadoras de serviços de instalação e manutenção;	X		MDIC, MME, ABDI, SENAI, SEBRAE



Recomendações	Curto Prazo (1 a 3 anos)	Médio Prazo (4 a 10 anos)	Instituições
14. Inserir o tema Energias Renováveis na PDP;	X		MDIC, MMA, MME, MCT
15. Elaborar uma política industrial para o estabelecimento de indústrias de células-solares e módulos fotovoltaicos; de indústrias de equipamentos para sistemas fotovoltaicos; e de indústrias de silício grau solar e grau eletrônico.	X		MDIC, MCT, MME
16. Promover a interação do Programa de Energia Solar Fotovoltaica com o Programa Nacional de Microeletrônica	X		MCT

## 2. Documentos CGEE do Estudo

CGEE. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Propostas para Ação. Brasília, DF. Jun/2009. 20p.

CGEE. Incentivo ao mercado de energia fotovoltaica no Brasil. Nota Técnica. Brasília, DF. Mai/2009. 83p.

CGEE. Síntese do Estudo Prospectivo em Silício e Energia Fotovoltaica. Artigo. Brasília, DF. Abr/2009. 9p.

CGEE. Produção de silício grau solar no Brasil. Nota Técnica. Brasília, DF. Mar/2009. 48p.

CGEE. Potencial produtivo brasileiro e macro dimensões estratégicas em energia fotovoltaica — Uma primeira abordagem do Estudo. Relatório de Abertura do Estudo. Brasília, DF. Out/2008. 141p.





## Lista de siglas e abreviaturas

---

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GT-GDSF	Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ICT	Instituições de Ciência e Tecnologia
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPTU	Imposto sobre a Propriedade predial e Territorial Urbana
ISES	International Solar Energy Society
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PUC-RS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
STI	Secretaria de Tecnologia Industrial (STI/MDIC)



## Agradecimentos

---

Adão Benvindo da Luz, *Cetem*

Ado Jório, *Inmetro*

Adriano Moehlecke, *PUCRS/CB-Solar*

Alvaro Galvani, *MRE*

Angela Vogel, *Konergy*

Antônia Sônia A. Cardoso Diniz, *Cemig*

Antonio Granadeiro, *Kyocera*

Arthur José G. da Silva, *Petrobras*

Ary Vaz Pinto Junior, *Cresesb*

Cássio Marx R. da Costa, *ABDI*

Claudia Valle, *MPX*

Cristiano Krug, *UFRGS*

Davies William L. Monteiro, *UFMG*

Demétrio Bastos Neto, *VSE*

Eduardo Soriano, *MCT/Setec*

Eduardo Vieira, *Petrobras*

Elyas F. Medeiros, *CGEE*

Evando Mirra de Paula e Silva, *ABDI*

Fernando Cunha, *ABEER*

Fernando Rizzo, *CGEE*

Francisco C. Marques, *Unicamp/IFI*

Francisco Galvão, *Especialista*

Gustavo Oliveira dos Anjos, *MMA*

Henrique O. Miguel, *MCT/Sepin*

Homero M. Schneider, *CTI*

Isabel Salamoni, *UFSC*

Izete ZanESCO, *PUCRS/CB-Solar*

Jairo Coura, *MCT/Setec*

Jarbas Bezerra Xavier, *MME*

João Alves Sampaio, *Cetem*

João Batista Ferreira Neto, *IPT*

João Tavares Pinho, *UFPA e ISES-BR*

José Geraldo Abrão, *Petrobras*

José Gustavo S. Gontijo, *MCT/Setec*

José Roberto Tavares Branco, *Cetec*

Laercio de Sequeira, *Finep*

Leila Rosa de Oliveira Cruz, *IME*

Leonidas Bispo Andrade, *Dupont*

Luciana Nunes, *CNI*

Luis Filipe Barbosa, *VSE*

Marcelo Goldstein, *BNDES*

Marcelo Khaled Poppe, *CGEE*

Marco Antonio Galdino, *Cepel*

Marco Cremona, *Inmetro*

Marcos Torrizela, *Heliodinâmica*

Marina Rodrigues de Aguiar, *Unicamp*

Mauro Passos, *Instituto Ideal*

Nelson Veissid, *INPE*

Olga Moraes Toledo, *Cefet/MG*

Oscar Corbella, *UFRJ/FAU/Prourb*

Patrícia de Castro da Silva, *Creseb*

Paulo Leonelli, *MME*

Paulo Malamud, *MDIC*

Paulo Roberto Mei, *Unicamp*

Paulo Roberto Krahe, *Finep*

Rafael Shayani, *UnB*

Régis Assao, *VSE*

Ricardo C. Mascarenhas, *Petrobras*

Ricardo Marques Dutra, *Cresesb*

Ricardo Rütther, *UFSC/Instituto Ideal*

Roberto Ferreira Santos, *Inpi*

Roberto Zilles, *USP/IEE*

Rodolfo Gomes, *IEI-LA*

Rodrigo Guido Araújo, *Petrobras*

Sérgio M. Matsumoto, *VSE*

Sérgio B. Silva, *IFTO*

Thomas Lehmann, *Manferrostaal*

Trajano Viana, *UFSC*

Wagner Anacleto Pinheiro, *IME*





Ministério da  
Ciência e Tecnologia

