

Uso da energia solar fotovoltaica para complementar a produção de energia elétrica no Brasil¹

Paulo Roberto Mei

Professor Titular. Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Campinas. pmei@fem.unicamp.br

A geração de energia elétrica no Brasil neste século cresceu 63 % (363 TWh em 2000 para 593 TWh em 2019), porém, o fornecimento de energia pelas hidroelétricas cresceu somente 24 %, de 338 TWh em 2000 para 418 TWh em 2019 (**Figura 1**).

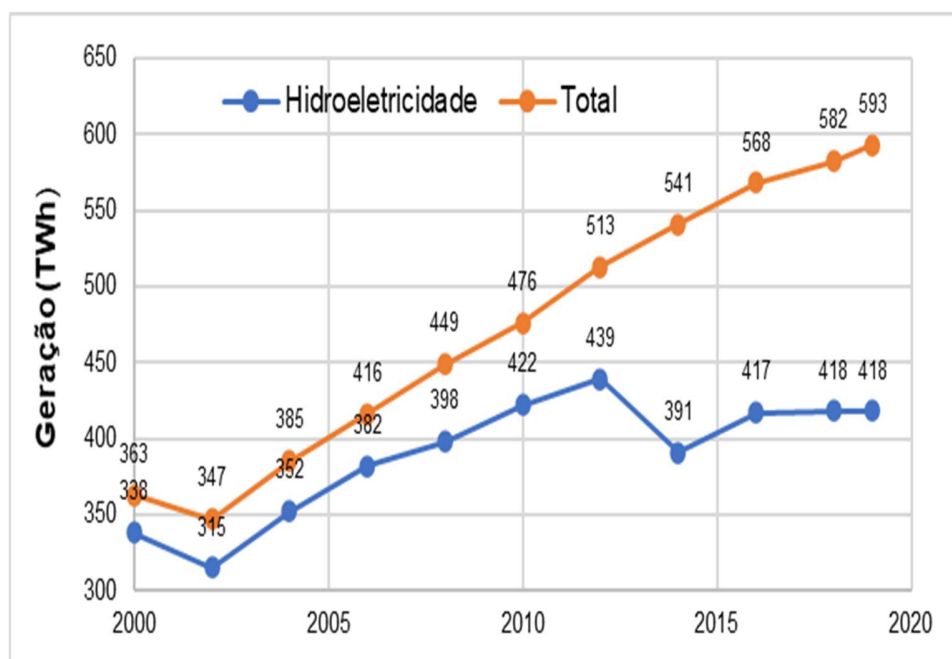


Figura 1 - Geração de energia elétrica no Brasil por hidroeletricidade e total, incluindo todas as fontes no século 21 (**ONS, 2020**).

¹ Artigo escrito com dados do livro "Energia Solar Fotovoltaica: Oportunidades para o Brasil". ISBN: 978-85-88098-74-9. 1ª Edição impressa, Artliber 2019. 2ª Edição impressa e e-book, Kindle, 2020.

Neste sentido, a participação da hidroeletricidade na geração total de energia elétrica, que era de 90 % no início deste século, ficou abaixo de 75% nos últimos 4 anos. Para compensar a diferença o governo precisou acionar as usinas termoeletricas a óleo, gás ou carvão, levando a um aumento da poluição atmosférica e do custo da energia (**Figura 2**). Esse movimento compensatório do governo vai em direção contrária ao que está sendo feito na Europa, onde as usinas termoeletricas estão sendo substituídas por usinas fotovoltaicas e eólicas. A situação energética brasileira só não ficou pior devido à expressiva entrada da geração eólica a partir de 2014, a qual, em 2019 já era responsável por 9,4 % de toda a energia elétrica gerada no país.

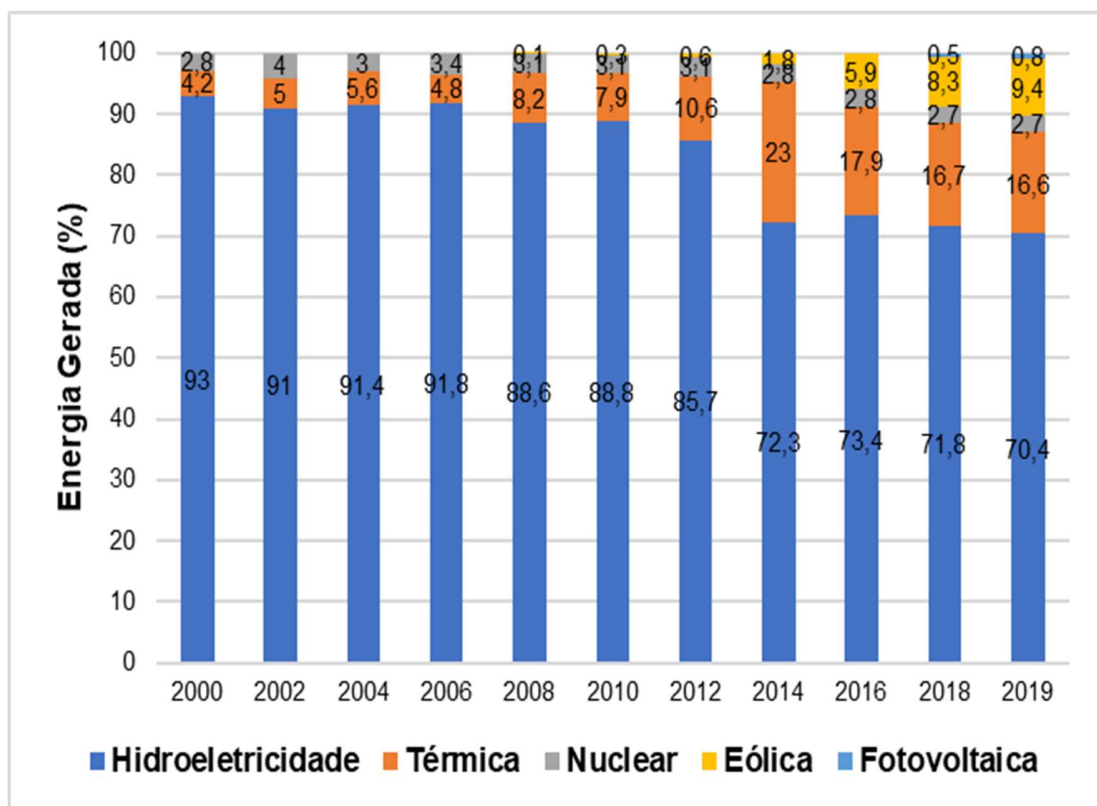


Figura 2 - Geração de energia elétrica no Brasil por fontes no século 21 (ONS, 2019).

Nos últimos 14 anos (2006 a 2019) a potência hidroelétrica instalada no Brasil cresceu 38 % (79 para 114 GW), porém a potência média realmente utilizada ficou abaixo de 60%, sendo que nos últimos 6 anos ficou abaixo de 50 % (**Figura 3**). Ou seja, a redução da fração de hidroeletricidade no total de energia elétrica produzida no Brasil não se fundamenta na falta de usinas hidroelétricas, mas sim, na falta de água nos reservatórios. Em abril de 2020, logo após a estação chuvosa, o subsistema Sudeste/Centro-Oeste, responsável por 2/3 da energia elétrica gerada no Brasil, estava com somente metade dos reservatórios preenchidos. O maior potencial hidroelétrico brasileiro ainda disponível está

no rio Amazonas (40 % do total), porém o uso do mesmo apresenta uma série de dificuldades tais como: questões ambientais, deslocamento de grupos indígenas e a construção de longas linhas de transmissão. O fato de os painéis fotovoltaicos poderem ser instalados nos telhados de residências, lojas e indústrias, ou seja, nos locais onde a energia vai ser efetivamente consumida, dispensa a instalação de novas e custosas linhas de transmissão, tornando-a importante fonte complementar do sistema elétrico brasileiro.

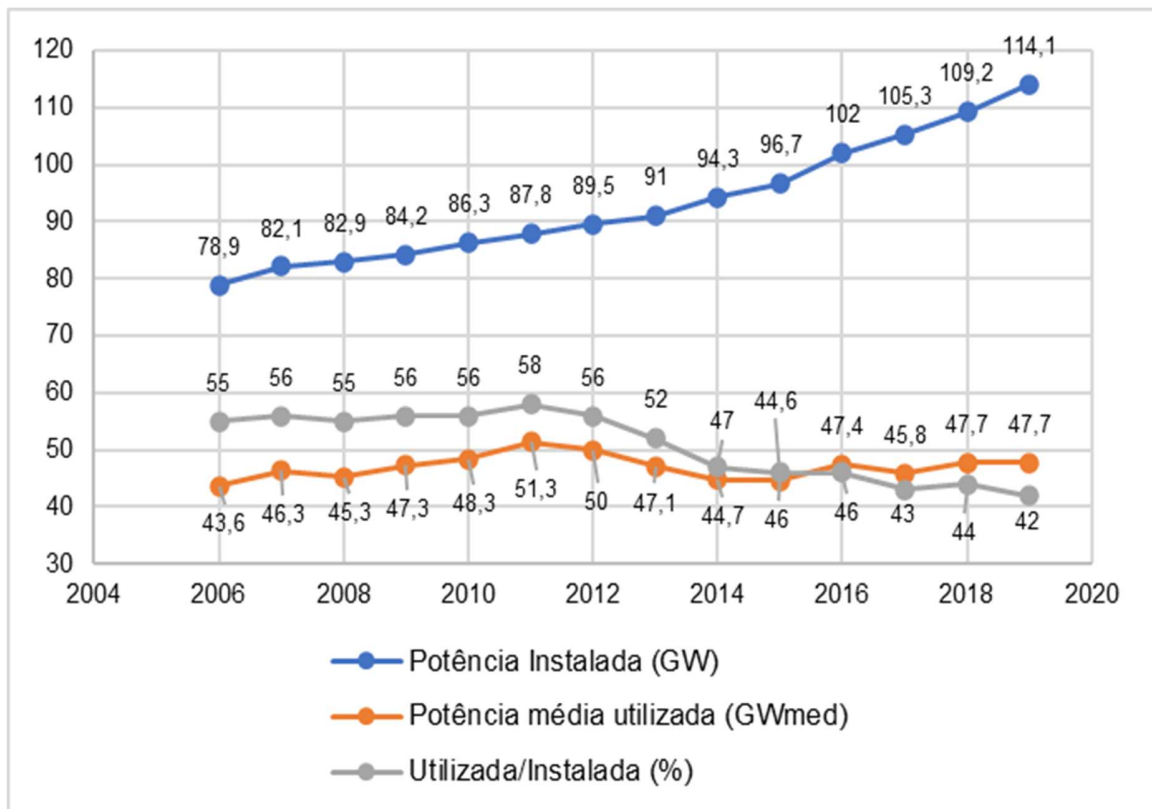


Figura 3 – Potência hidroelétrica instalada no Brasil em dezembro de cada ano e potência média utilizada ao longo de cada ano. Relação percentual entre a potência instalada e a realmente utilizada (ONS, 2020).

Outro aspecto que deve ser considerado no que se refere a hidroeletricidade é que a ampliação das atividades agropecuárias elevou muito o consumo de água, que é um bem finito. *Consumo neste contexto, significa a diferença entre a água retirada e a retornada para a natureza.* Quase 80 % da água é consumida para a irrigação e pecuária (Figura 4). Nas duas últimas décadas houve um aumento de 80 % de retirada de água no Brasil e até 2030 a previsão é que esta retirada aumente em mais 24 %. Com o aumento da população e da atividade agropecuária, o consumo (retirada – retornada) de água no Brasil deve aumentar significativamente, reduzindo a quantidade de água que seria

armazenada nos reservatórios, com consequente redução da geração de energia hidroelétrica. Sem contar que, as mudanças climáticas podem agravar mais ainda este quadro.

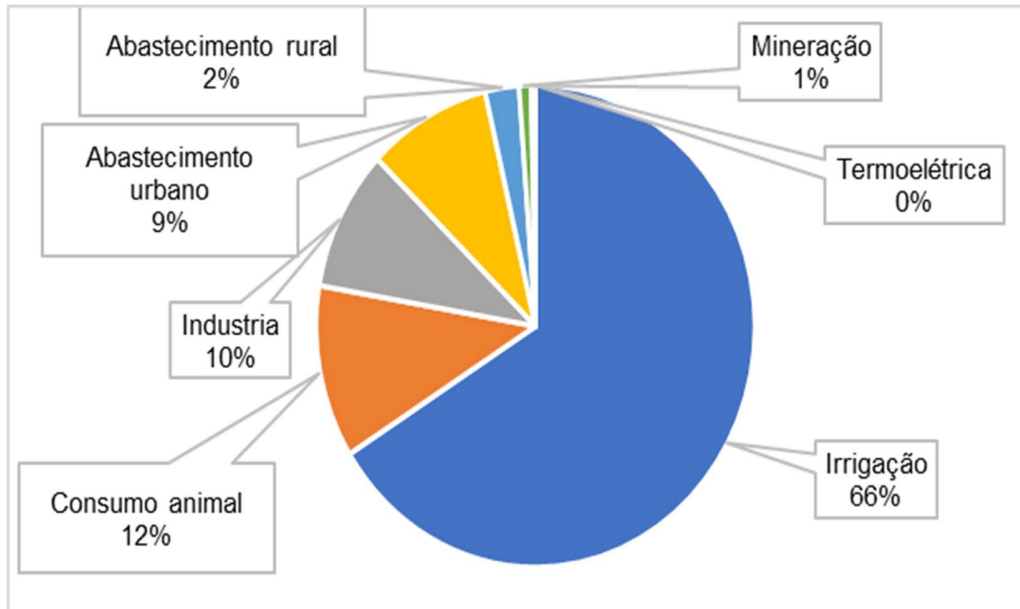


Figura 4- Diferença entre a vazão da água retirada da natureza e da retornada para a mesma, em m^3/s . Valores médios para o ano de 2018 (ANA, 2019).

Por outro lado, a energia fotovoltaica é a energia renovável que mais cresce no mundo (Figura 5), sendo que, somente em 2019, foram adicionados 121 GW em todo o mundo, equivalentes a 8 usinas de Itaipu (14 GW). Nos últimos 3 anos (2017 a 2019) o crescimento anual da energia fotovoltaica no mundo foi de 100 GW. No final de 2019 a potência mundial instalada era de mais de 600 GW (Figura 6), equivalentes a potência de mais de 42 usinas de Itaipu (14 GW). Até 2012, somente Alemanha e Itália tinham mais de 14 GW de energia fotovoltaica instalada. A partir daí EUA, Japão e principalmente, a China, priorizaram o uso da energia fotovoltaica. Em 2018, somente os 8 países da Figura 7 tinham instalados 382 GW em painéis fotovoltaicos, o que representava mais de 3/4 do total mundial que era de 505 GW. Em 2018, 1/3 da potência fotovoltaica instalada no mundo estava na China. Para se ter uma ideia do que isso representa, a potência fotovoltaica instalada na China era equivalente à de 12 Usinas de Itaipu, a maior do Brasil.

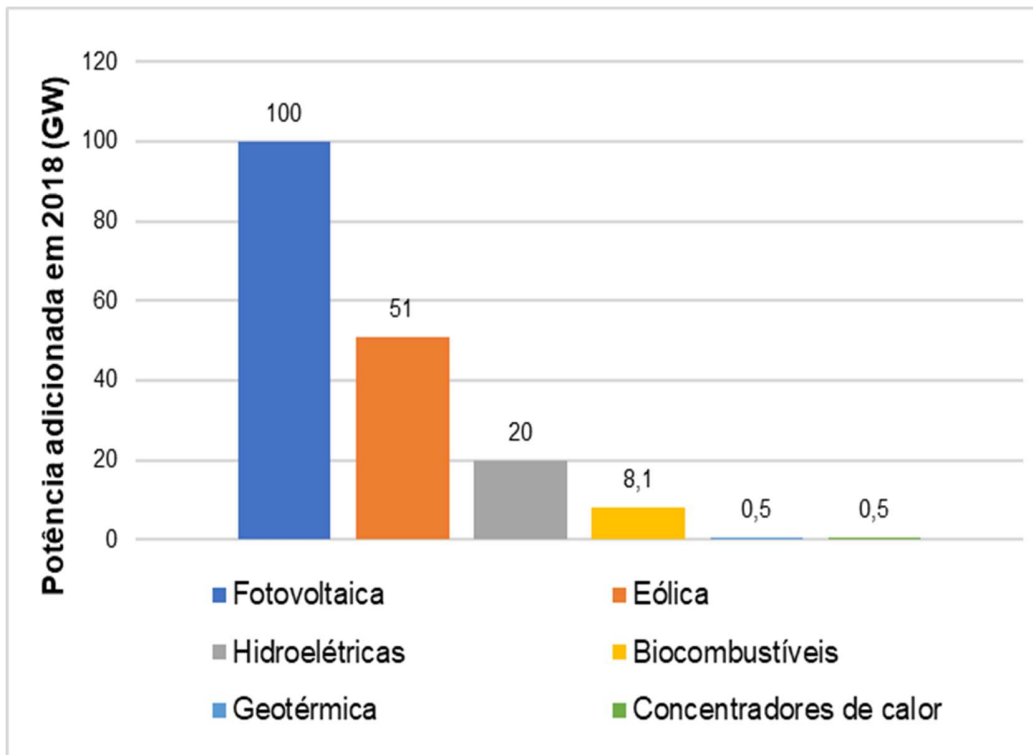


Figura 5 - Crescimento de energias renováveis em 2018 (REN21, 2019).

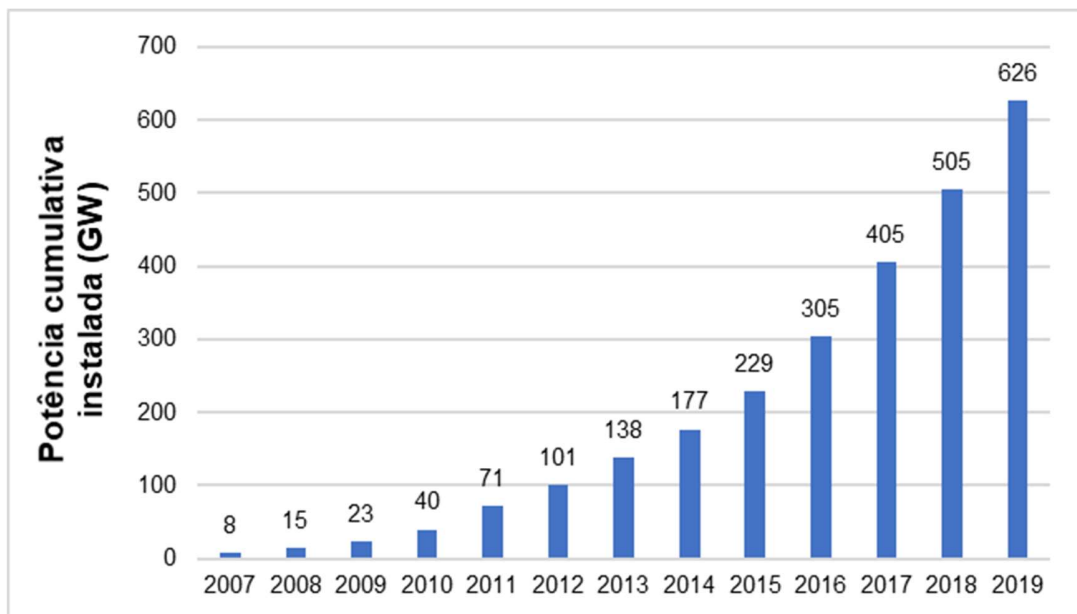


Figura 6. Potência fotovoltaica acumulada no mundo. Dados de 2007 (REN21, 2018). Dados de 2008 a 2018 (REN21, 2019). Dados de 2019 (Bloomberg, 2020)

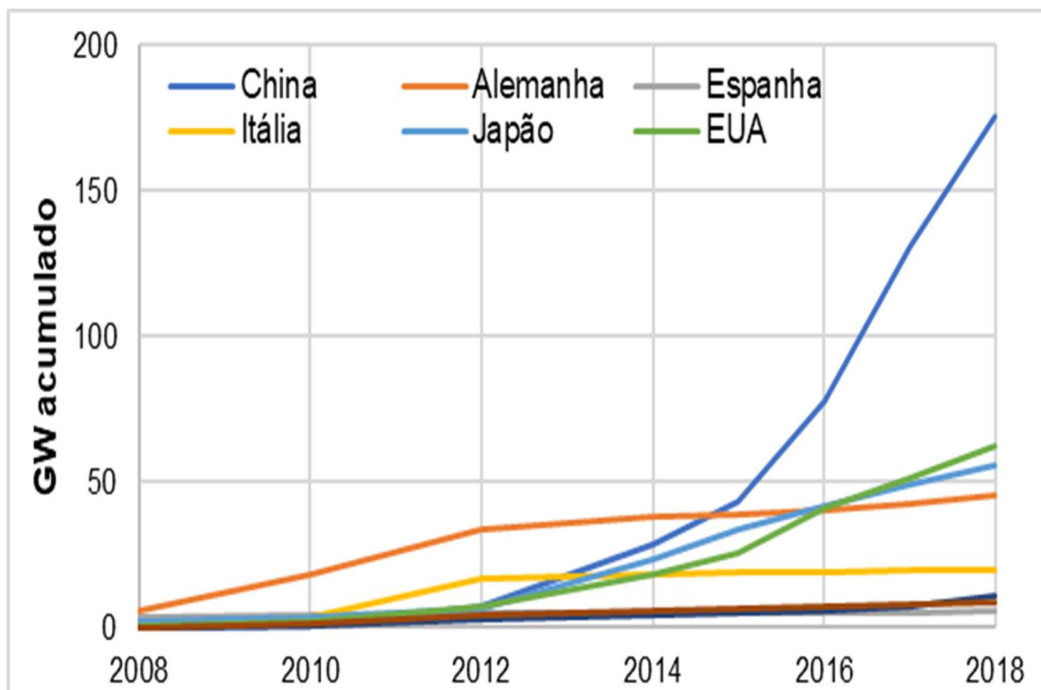


Figura 7 - Capacidade fotovoltaica acumulada de 2008 a 2018 dos maiores utilizadores desta energia (IEA Trends, 2019).

A energia fotovoltaica é a energia renovável que mais gerou empregos no mundo em 2018, sendo que somente na China foi responsável por 2,2 milhões de empregos (Figura 8). No Brasil, o número de empregos gerados nessa área ainda era pequeno; somente 16 mil. Em 2018, o investimento em energia fotovoltaica foi o maior dentre as energias renováveis (Figura 9).

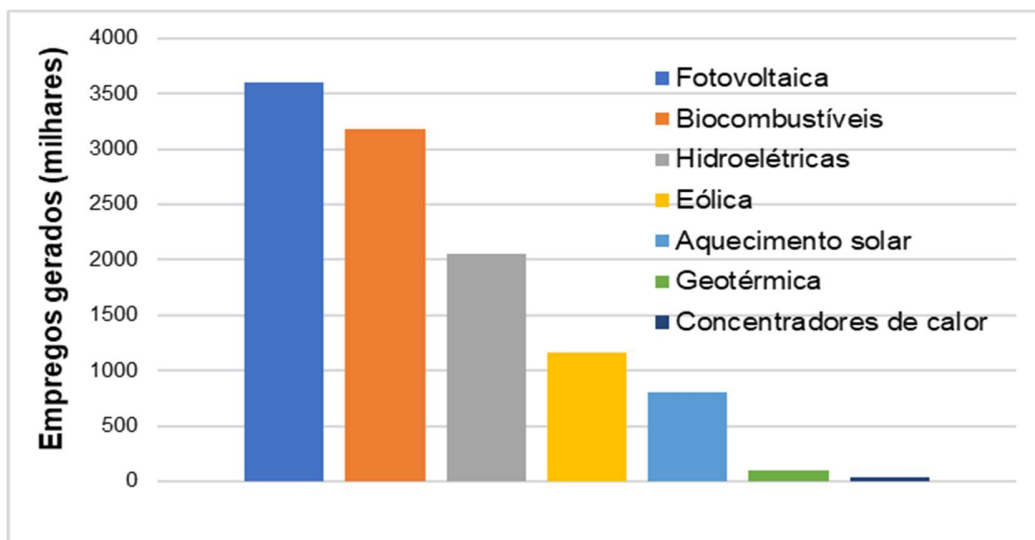


Figura 8 – Empregos diretos e indiretos gerados por diferentes fontes de energias renováveis no mundo em 2018 (REN21, 2019).

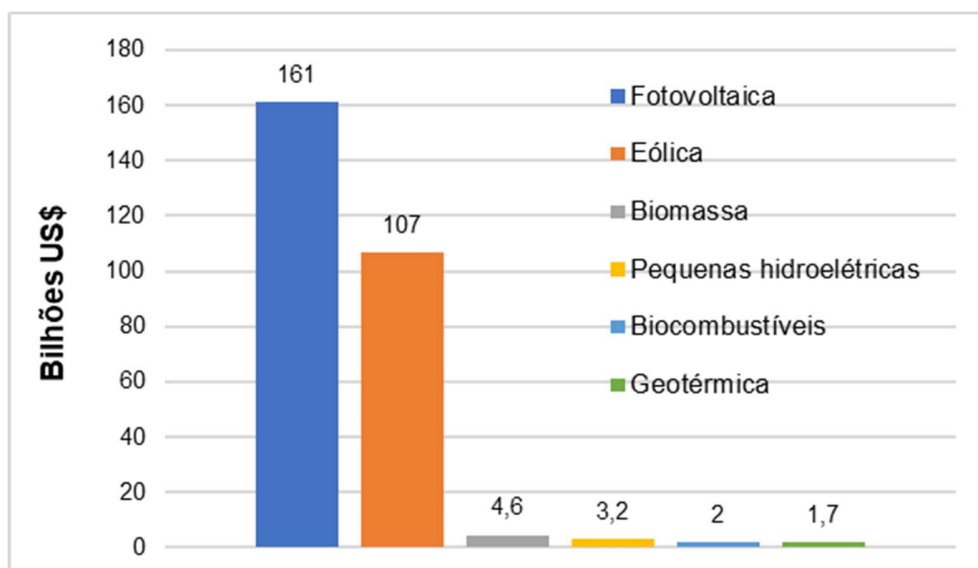


Figura 9 – Investimento mundial em energia renovável em 2018 (REN21, 2019).

No Brasil, a geração fotovoltaica distribuída, ou seja, a instalação de painéis solares ligados à rede elétrica em imóveis (residenciais, rurais, comerciais etc.) teve um crescimento explosivo nos últimos anos, passando de 53 conexões em 2013 para mais de 118 mil instaladas em 2019 (Figura 10). O número acumulado de conexões fotovoltaicas de até 5 MW, em geração distribuída, era de 223 mil em abril de 2020, sendo quase que $\frac{3}{4}$ em residências, com geração fotovoltaica total de 2,58 GW, a maior parte em instalações residenciais e comerciais, com 40 % da geração cada uma.

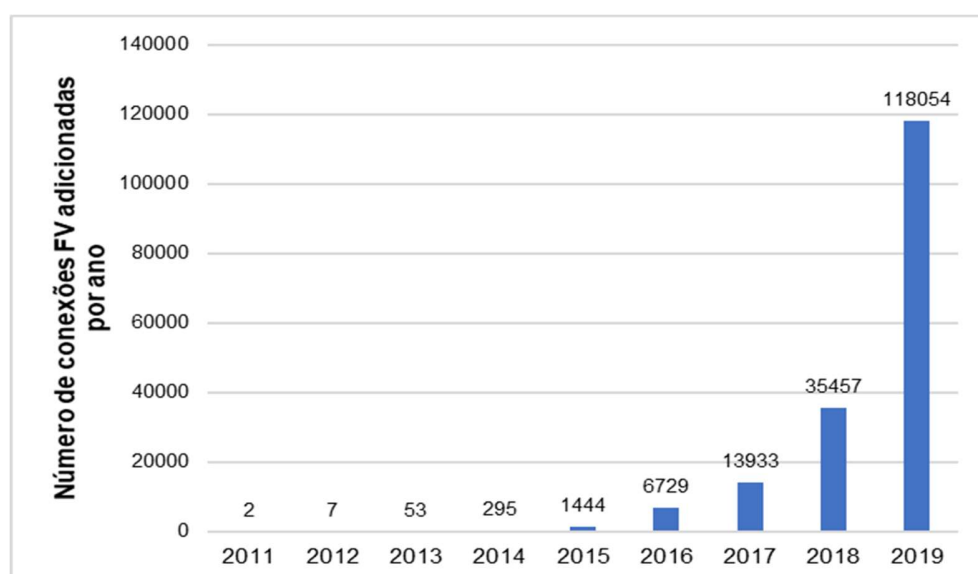


Figura 10 – Número de conexões fotovoltaicas em geração distribuída adicionadas no Brasil de 2011 a 2019 (ANEEL, Informações Gerenciais, 2019).

O custo médio de instalação da energia solar no Brasil em 2018, em torno de 1,7 US\$/Wp, era próximo da média mundial de 2017 (**Figura 11**).

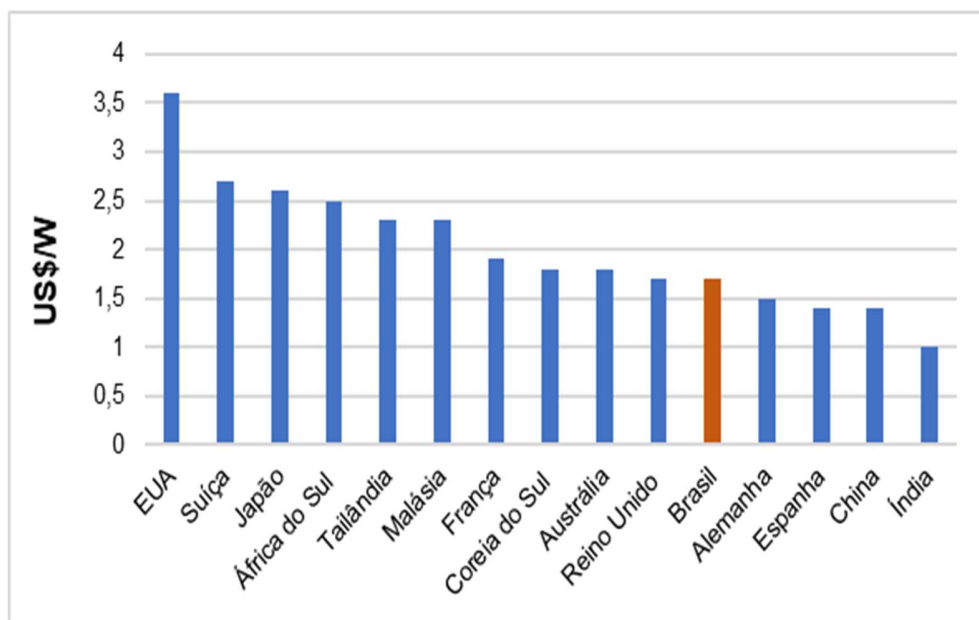


Figura 11 - Comparação de preços de instalação de sistemas PV no mundo no primeiro semestre de 2017, excluindo taxas e impostos (**Barbose, 2018**), exceto para o Brasil cujos dados são para julho de 2018, incluindo taxas e impostos (**Portal Solar, 2019**).

Em abril de 2020 a geração fotovoltaica contribuía com 2,9 GW do total de energia elétrica gerada no Brasil, considerando apenas usinas geradoras, sem a contribuição da geração distribuída com 220 mil conexões e mais 2,6 GW gerados, o que perfazia um total de 5,5 GW, já maior que a geração por usinas a carvão ou nucleares. Outro destaque era a geração por energia eólica, que com 15,5 GW, já era a segunda maior fonte de geração de energia elétrica no Brasil (**Tabela 1**). Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), em 2040 a energia solar fotovoltaica alcançará cerca de 126 GW, e será a principal fonte de geração de eletricidade com 32 % total, superando a participação das hidroelétricas, que será de 29 % (**ABSOLAR, 2018**).

Tabela 1 - Geração de energia elétrica no Brasil em abril de 2020, sem contar com a geração distribuída (ANEEL, Siga, 2020).

Fonte	Potência (GW)	%
Hidráulica	109,1	63,3
Eólica	15,5	9,0
Biomassa	15	8,7
Gás natural	14,9	8,6
Petróleo	9,3	5,4
Carvão	3,6	2,1
Fotovoltaica	2,9	1,7
Nuclear	2,0	1,2
Total	172,3	100

Mais de 95% das células fotovoltaicas fabricadas no mundo utilizam o silício e o Brasil está entre os cinco maiores produtores mundiais de silício grau metalúrgico. O silício grau metalúrgico exportado pelo Brasil, com valor abaixo de 3 US\$/kg, é purificado no exterior e tem seu valor elevado para 8 US\$/kg, sendo chamado de polysilicon. Com ele são fabricadas as células fotovoltaicas, as quais são importadas pelo Brasil a um valor entre 30 e 50 US\$/kg ou seja, 10 a 20 vezes maior que o do nosso silício exportado. O polysilicon é também utilizado no exterior pela indústria microeletrônica para a fabricação de chips, os quais são importados pelo Brasil para a montagem de celulares, computadores, aparelhos de TV, brinquedos, automação de máquinas industriais, equipamentos médicos e embarcados em carros, aviões, navios, trens etc. Nesse caso o valor agregado é estratosférico: um quilo (em termos de silício contido) de processadores Pentium i7-990x custa mais de 6 milhões de dólares!

No Brasil já existem empresas que produzem equipamentos para parte da cadeia fotovoltaica (**Figura 12**), mas é preciso apoio governamental em todos os níveis (federal, estadual e municipal) para que cada vez mais empresas atuem no país para completar essa cadeia.

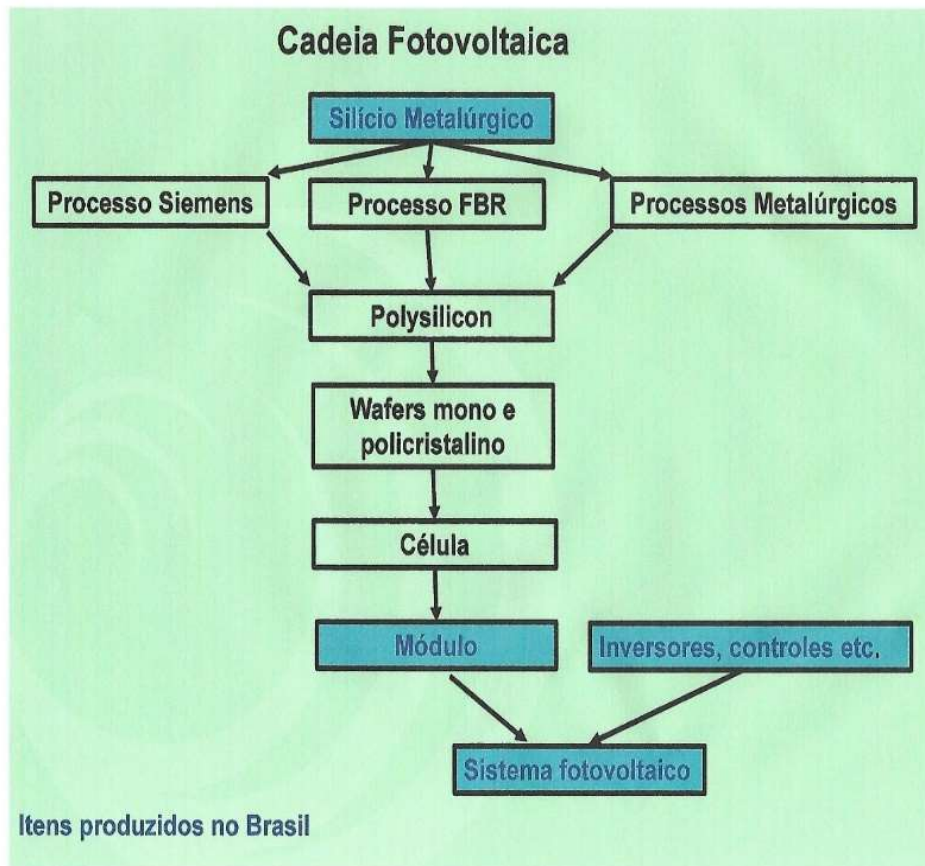


Figura 12 – Cadeia fotovoltaica de silício com itens já produzidos no Brasil e itens importados.

Abre-se para o país uma imensa janela de oportunidades: desenvolver toda a cadeia fotovoltaica, envolvendo desde a purificação do silício do grau metalúrgico para o grau solar, passando pela produção de lâminas (wafers) e de células fotovoltaicas. Esta cadeia é muito abrangente e que envolve os mais diversos tipos de indústrias como a mecânica, metalúrgica, química, eletrônica, cerâmica etc. É a oportunidade para o Brasil agregar valor ao silício metalúrgico produzido, gerar milhões de empregos e se preparar para implantar a fonte de energia que será a mais importante até o final deste século.

Referências Bibliográficas

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2018. ABSOLAR projeta fonte solar liderando matriz em 2040. <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/absolar-projeta-fonte-solar-liderando-matriz-em-2040.html> (Acesso 08-06-2020).

ANA, Agência Nacional de Águas, 2018. Conjuntura Brasil. Recursos Hídricos 2019 <http://conjuntura.ana.gov.br/crisehidrica#> (Acesso 08-06-2020).

ANEEL, Informações Gerenciais, 2019. ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, Informações Gerenciais, 4º Trimestre de 2018. <http://www.aneel.gov.br/informacoes-gerenciais> (Acesso 08-06-2020).

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. SIGA_Sistema de Informações de Geração da ANEEL. Capacidade de Geração do Brasil. <https://www.aneel.gov.br/siga>
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9> (Acesso 08-06-2020).

Barbose, G. et alii. Tracking the sun. Lawrence Berkeley National Laboratory. Sept. 2018, p.26. https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/tracking_the_sun_2018_edition_final.pdf (Acesso 08-06-2020).

Bloomberg, 2020. Energy, Vehicles, Sustainability – 10 Predictions for 2020 January 16, 2020. <https://about.bnef.com/blog/energy-vehicles-sustainability-10-predictions-for-2020/> (Acesso 08-06-2020).

IEA, International Energy Agency, PVPS 2019. PVPS Trends 2019 in Photovoltaic Applications, p.13.). <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/02/5319-iea-pvps-report-2019-08-lr.pdf> (Acesso 08-06-2020).

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020. Resultados da Operação. http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx (Acesso 08-06-2020).

Portal Solar. Quanto Custa A Energia Solar Fotovoltaica. <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html> (Acesso 08-06-2020).

REN21, RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT http://www.ren21.net/gsr_2018_full_report_en (Acesso 08-06-2020).

REN21, RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf (Acesso 08-06-2020).