



2º EVENTO PRELIMINAR PARA A CONFERÊNCIA INTERNACIONAL ÁGUA E ENERGIA

MATRIZ ENERGÉTICA

Brasília/DF – 04/07/2016

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Prof^o. Augusto César Fialho Wanderley

SUMÁRIO

- **Por que usar a energia solar?**
- **Panorama mundial da energia solar fotovoltaica.**
- **Energia solar fotovoltaica no Brasil.**
- **Utilização da energia solar fotovoltaica.**
- **Estudo do Greenpeace.**
- **Atuação profissional em energia solar fotovoltaica.**
- **Futuro da energia solar fotovoltaica.**
- **O que deve ser feito?**
- **Energia solar fotovoltaica no IFRN.**
- **Referências bibliográficas.**

POR QUE USAR A ENERGIA SOLAR?

- A Terra recebe, anualmente, energia solar corresponde a **72 mil vezes** o consumo energético mundial nesse período.
- Praticamente todas as regiões do Brasil recebem mais de 2200 horas de insolação por ano, com um potencial equivalente a 15 milhões de TWh (15×10^{18} Wh), correspondendo a **25 mil vezes** o consumo nacional de eletricidade, que em 2014 atingiu 590,5 TWh.

POR QUE USAR A ENERGIA SOLAR?

- A maior parte do território brasileiro está localizada próxima à linha do equador, o que implica em dias com maior quantidade de horas de radiação solar.
- A Região Nordeste do Brasil é a **região de maior radiação solar do país** (5700 Wh/m².dia e 6100 Wh/m².dia).
- A energia solar fotovoltaica tem pouca participação na matriz energética brasileira (0,02%).

POR QUE USAR A ENERGIA SOLAR?

- No Brasil, a geração interna hidráulica é superior a 61% do total de sua matriz elétrica.
- A radiação solar na região mais ensolarada da Alemanha é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil.
- A Alemanha tem a 2ª maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica do mundo => Capacidade instalada: 40 GW.

POR QUE USAR A ENERGIA SOLAR?

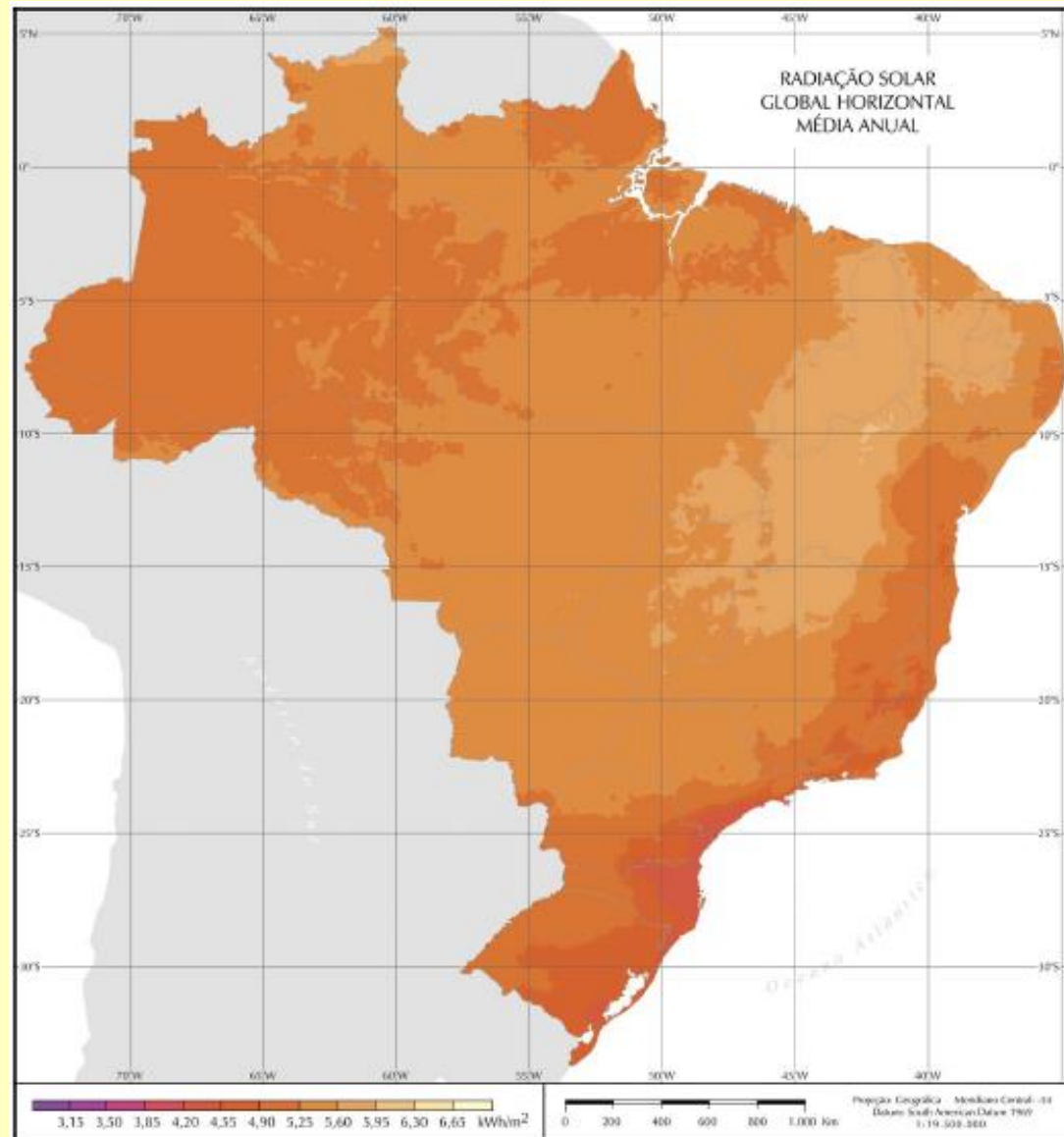
- Se todo o potencial de geração de energia solar nas residências e comércios brasileiros fosse aproveitado com sistemas fotovoltaicos, o país produziria 283,5 milhões de MWh por ano.
- Esse volume de energia seria suficiente para abastecer mais de duas vezes o atual consumo doméstico de eletricidade, que é de 124,8 milhões de MWh por ano.

IRRADIAÇÃO SOLAR

Irradiação solar (kWh/m ² .dia)				
País	mínima	máxima	média	área (mil. km ²)
Alemanha	2,47	3,42	2,95	357,02
França	2,47	4,52	3,49	543,97
Espanha	3,29	5,07	4,18	504,97
Brasil	4,25	6,75	5,50	8.515,77

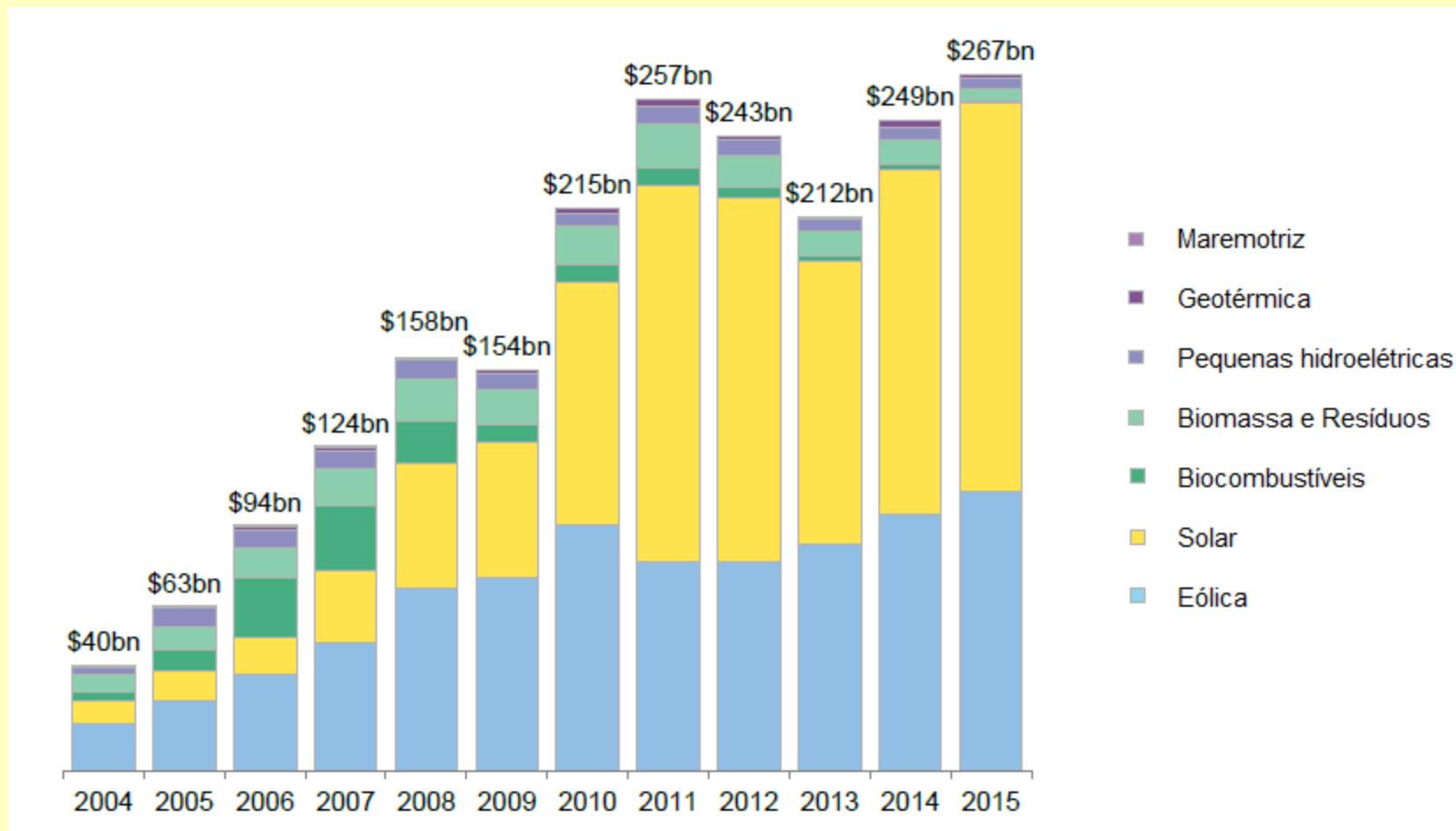
FONTE: WWF

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR



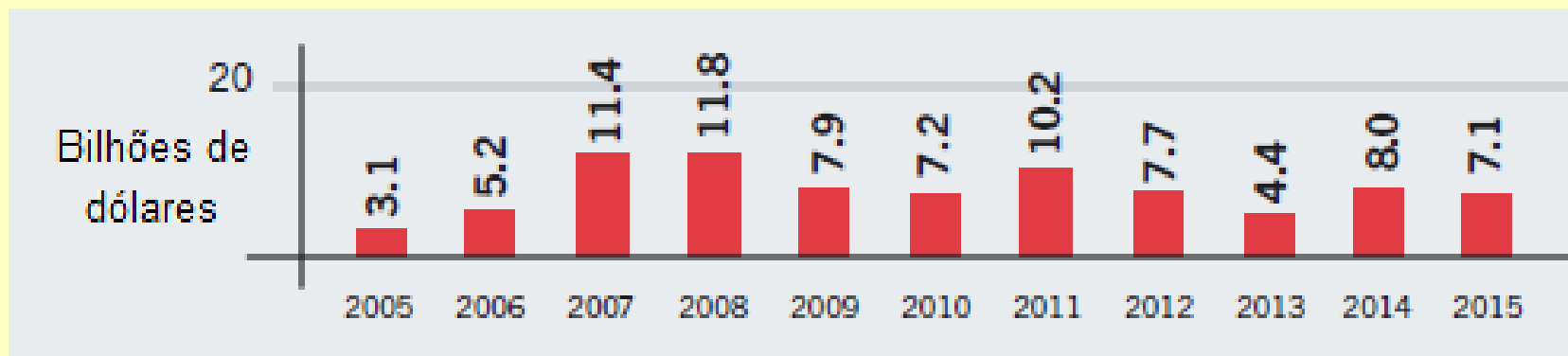
FONTE: PEREIRA

INVESTIMENTOS MUNDIAIS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



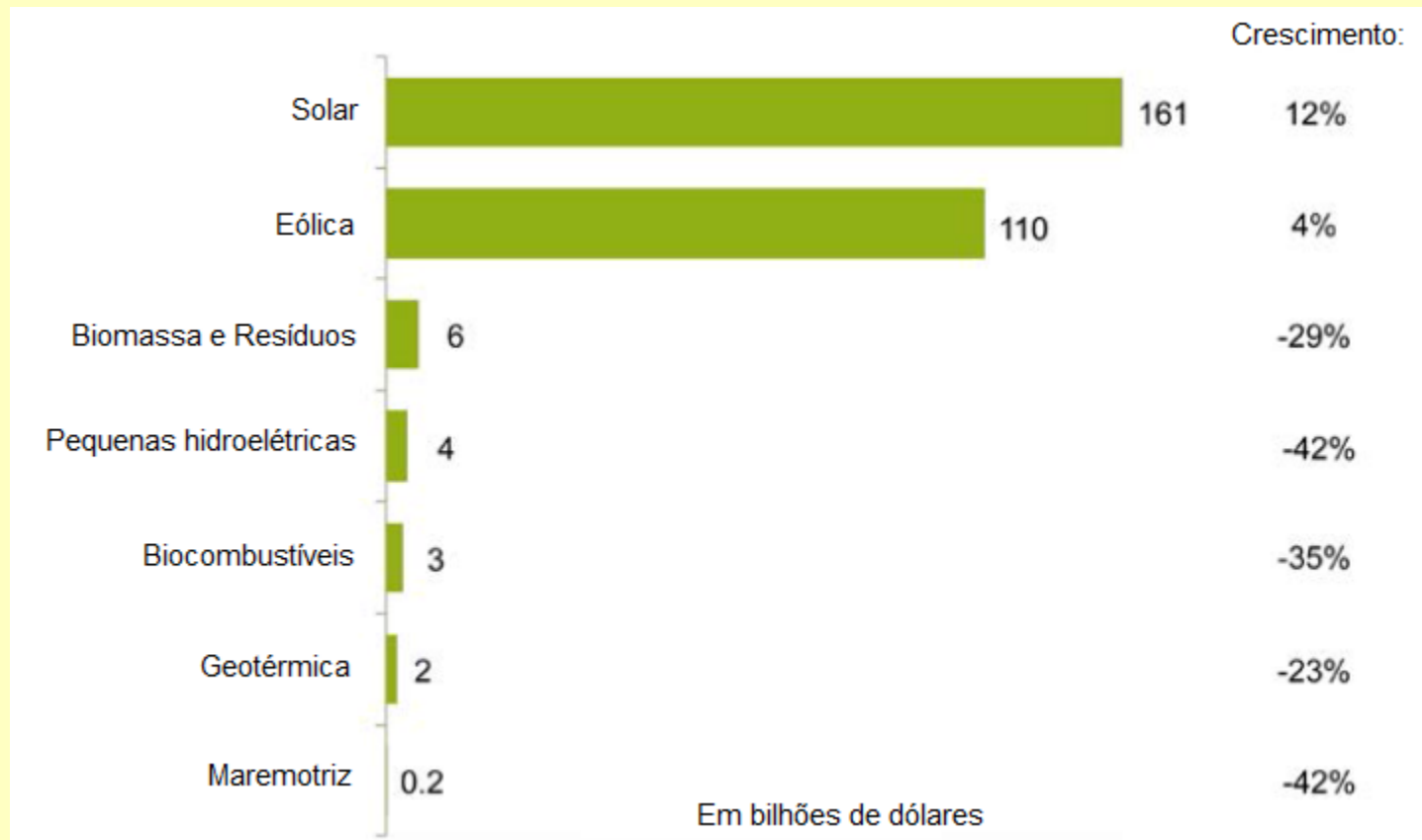
FONTE: BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (Adaptado)

NOVOS INVESTIMENTOS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS - BRASIL



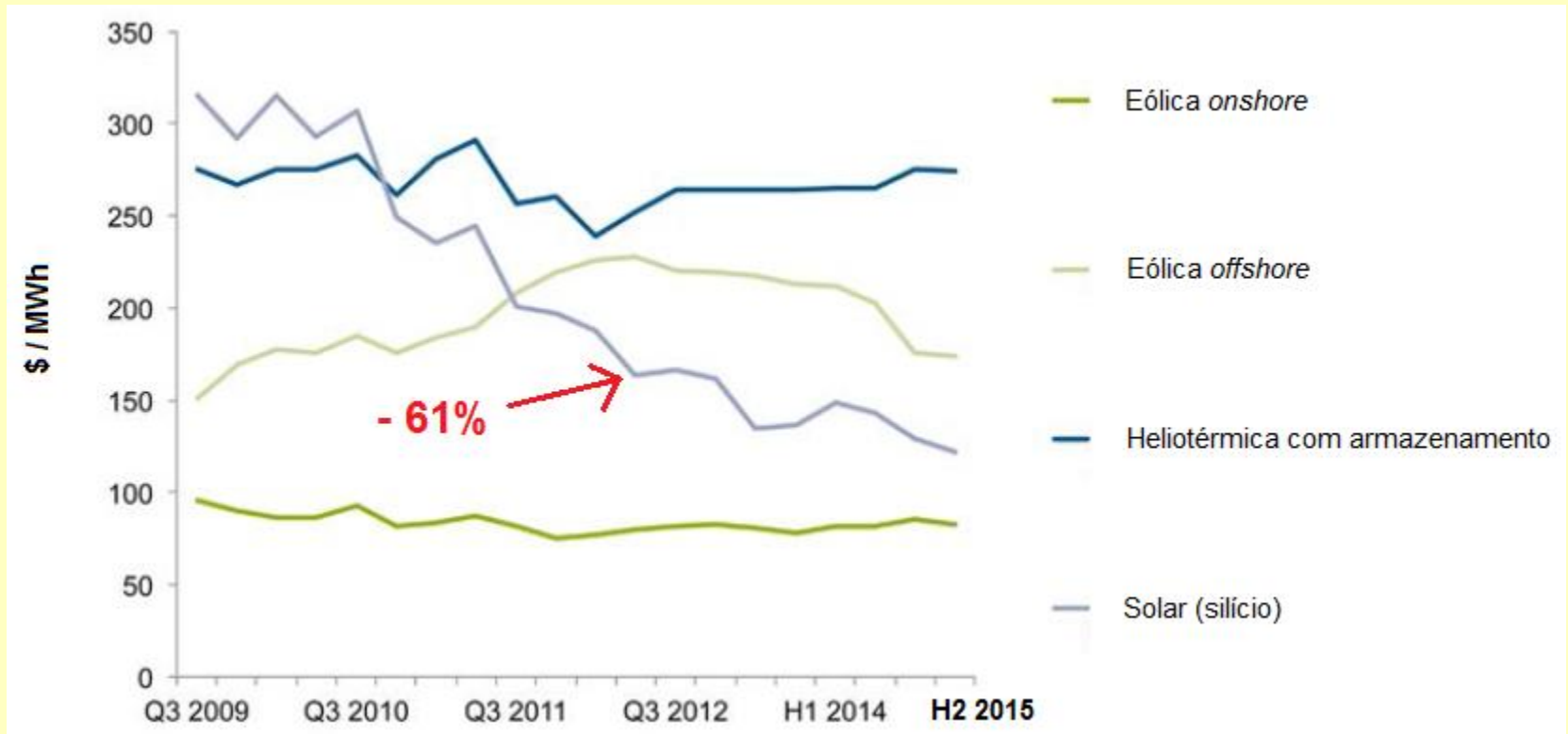
FONTE: REN 21 (Adaptado)

NOVOS INVESTIMENTOS GLOBAIS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS POR SETOR - 2015



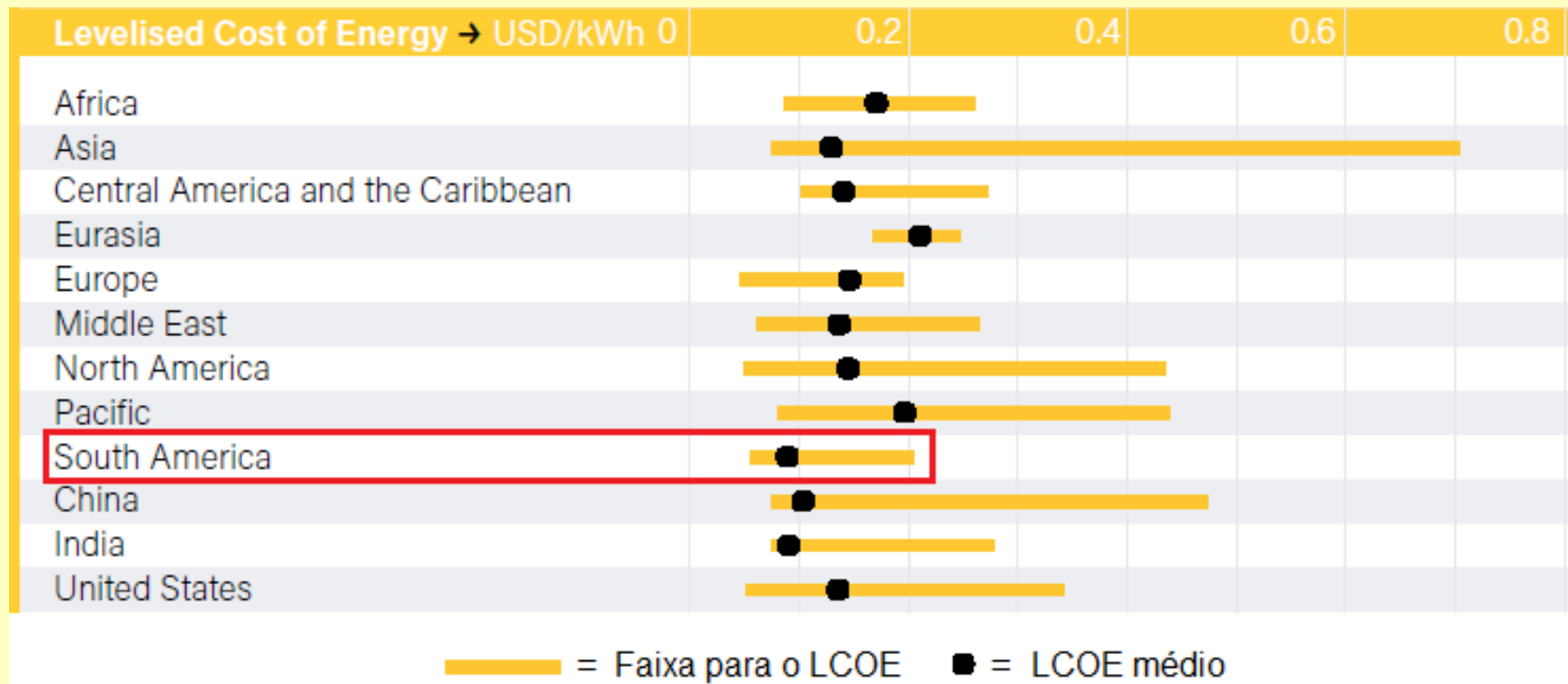
FONTE: FRANKFURT SCHOOL – UNEP – BLOOMBERG (Adaptado)

CUSTO NIVELADO DE ELETRICIDADE (LCOE) MÉDIO GLOBAL PARA SOLAR E EÓLICA



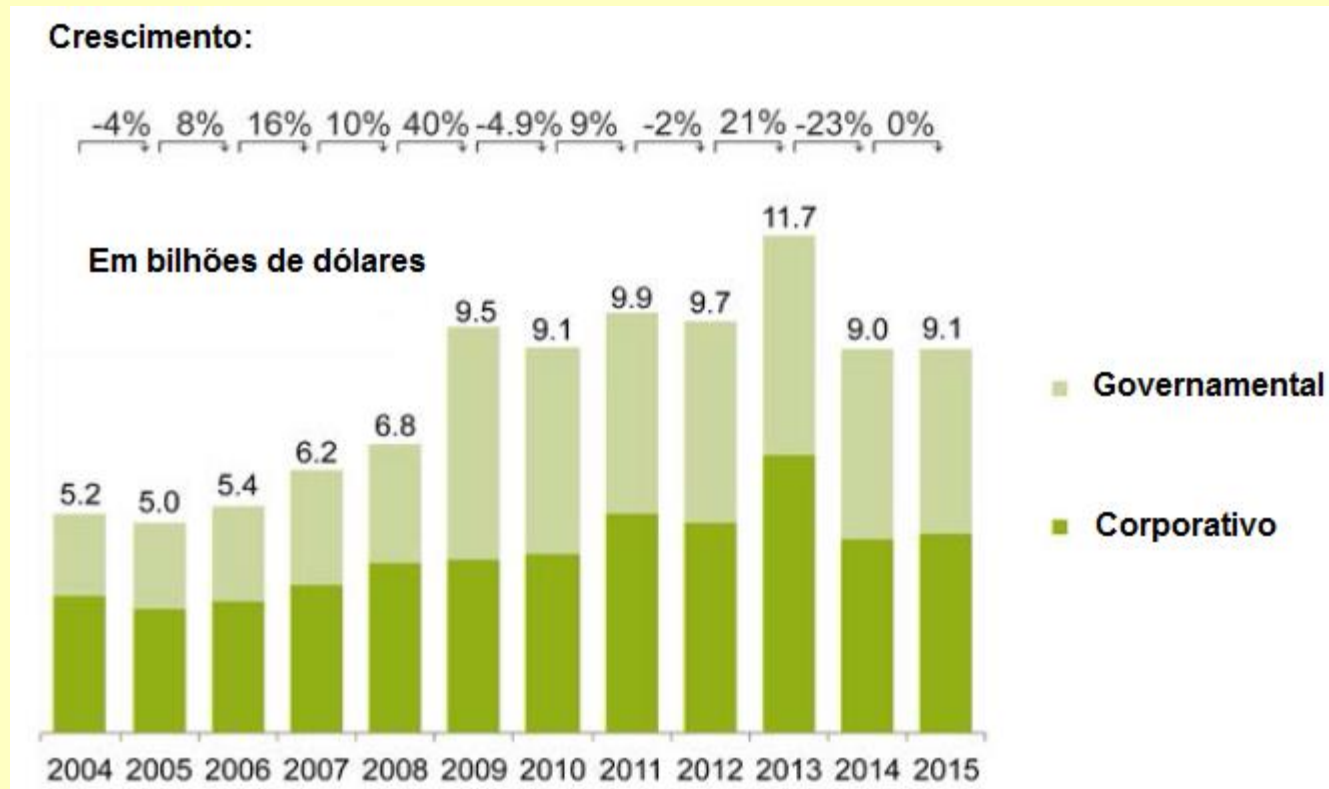
FONTE: FRANKFURT SCHOOL – UNEP – BLOOMBERG (Adaptado)

CUSTO NIVELADO DE ELETRICIDADE (LCOE) MÉDIO GLOBAL PARA SOLAR



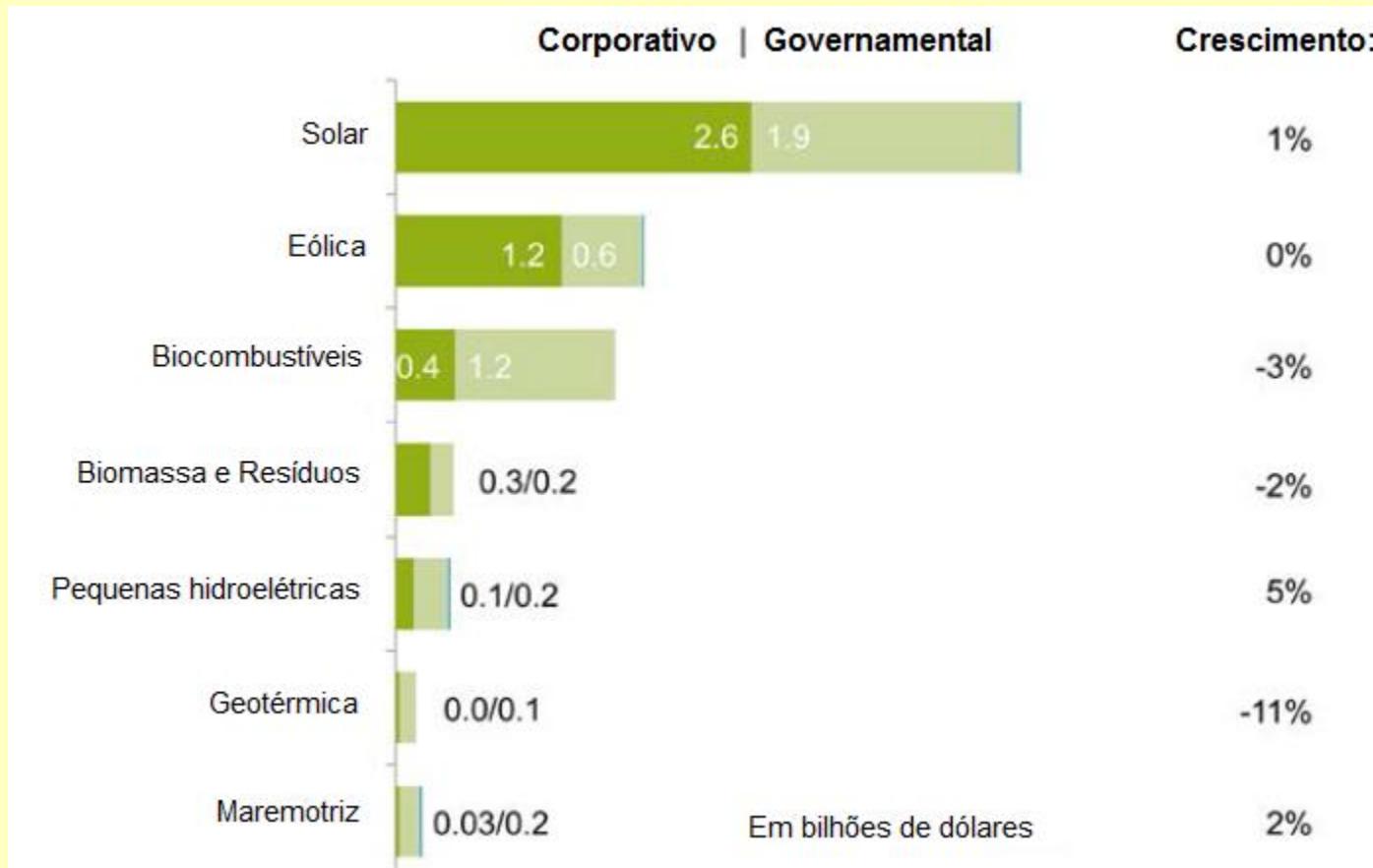
FONTE: REN 21 (Adaptado)

INVESTIMENTOS GLOBAIS EM P&D EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



FONTE: FRANKFURT SCHOOL – UNEP – BLOOMBERG (Adaptado)

INVESTIMENTOS GLOBAIS EM P&D EM ENERGIAS RENOVÁVEIS POR TECNOLOGIA



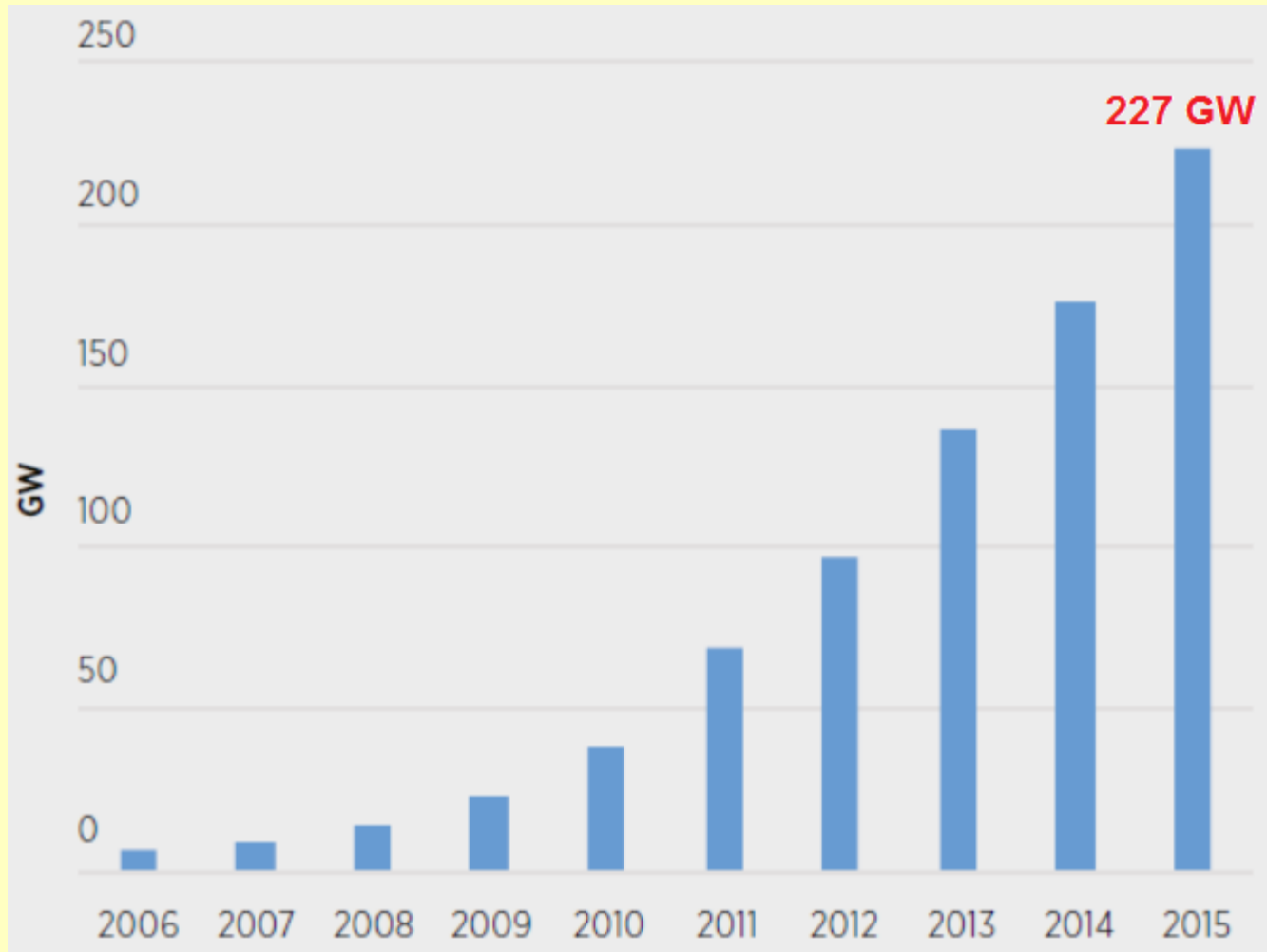
FONTE: FRANKFURT SCHOOL – UNEP – BLOOMBERG (Adaptado)

INVESTIMENTOS GLOBAIS EM P&D EM ENERGIAS RENOVÁVEIS POR REGIÃO



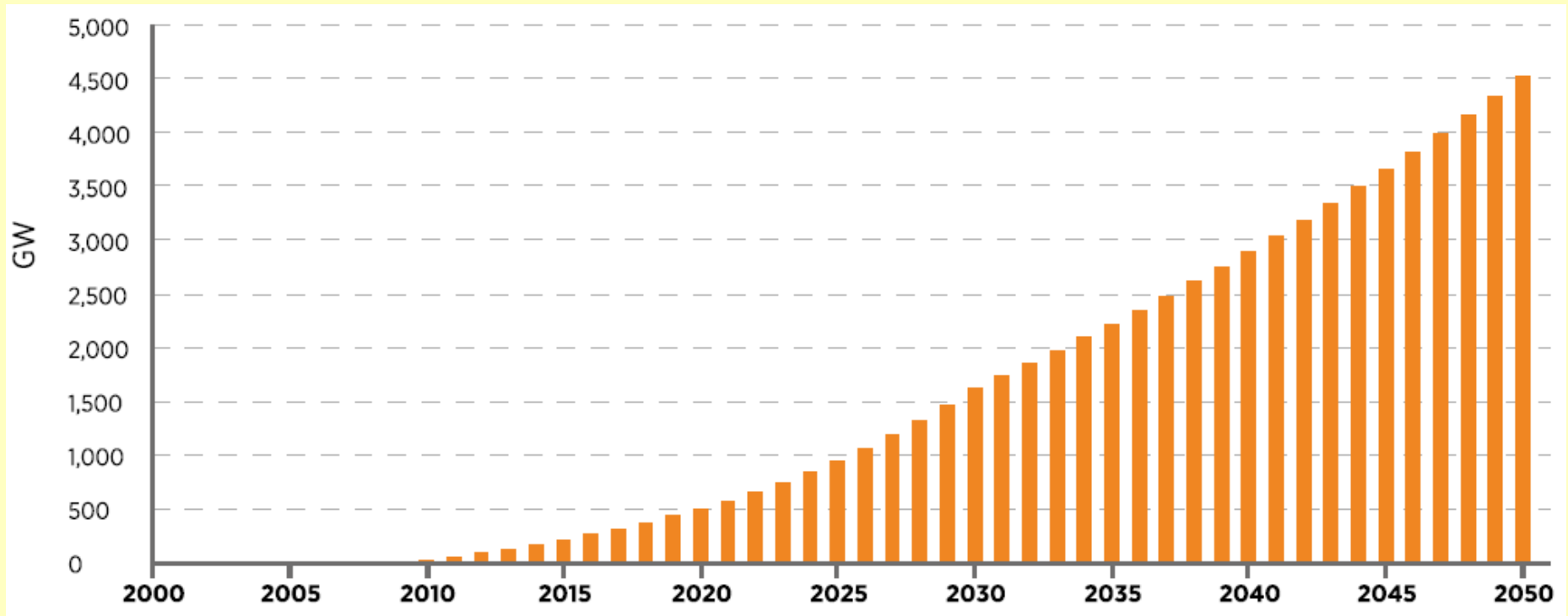
FONTE: FRANKFURT SCHOOL – UNEP – BLOOMBERG (Adaptado)

CAPACIDADE INSTALADA MUNDIAL



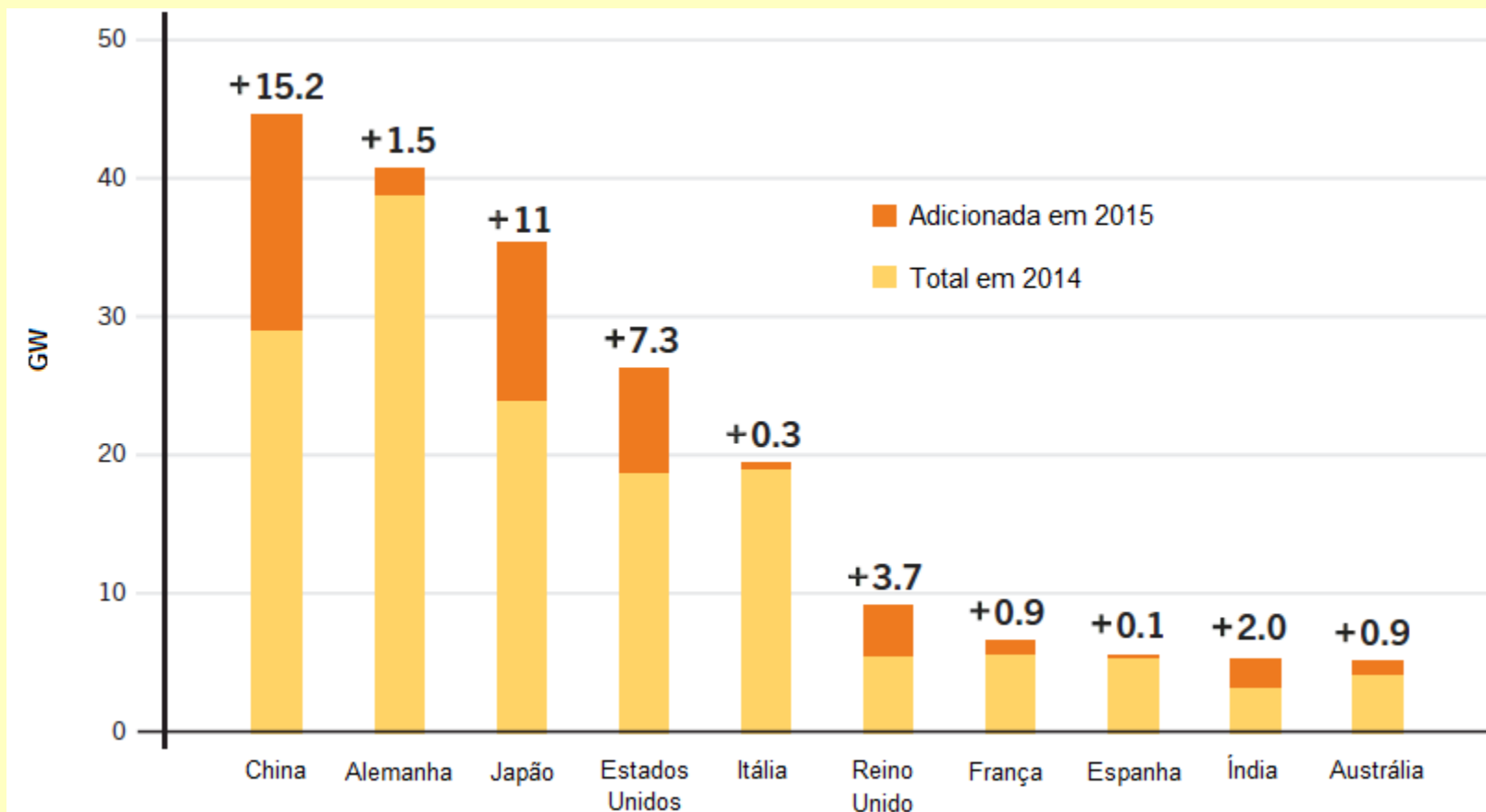
FONTE: IRENA

PROJEÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA MUNDIAL



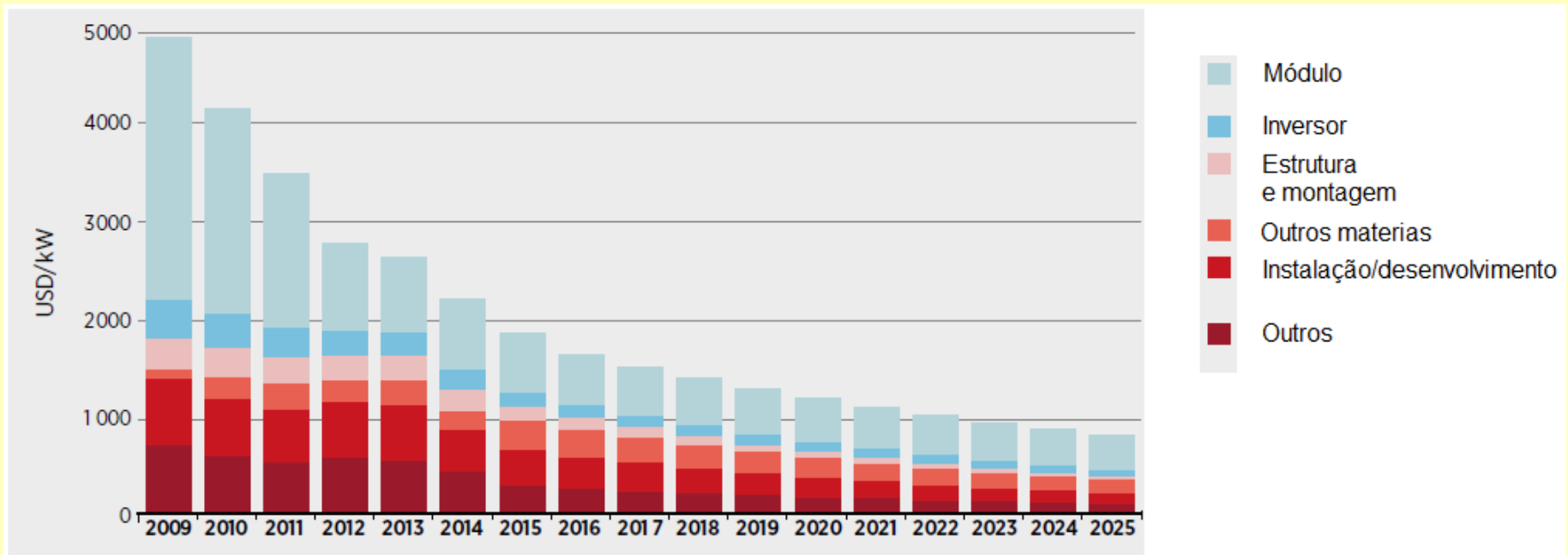
FONTE: IRENA - IEA

CAPACIDADE INSTALADA TOP 10 MUNDIAL - 2015



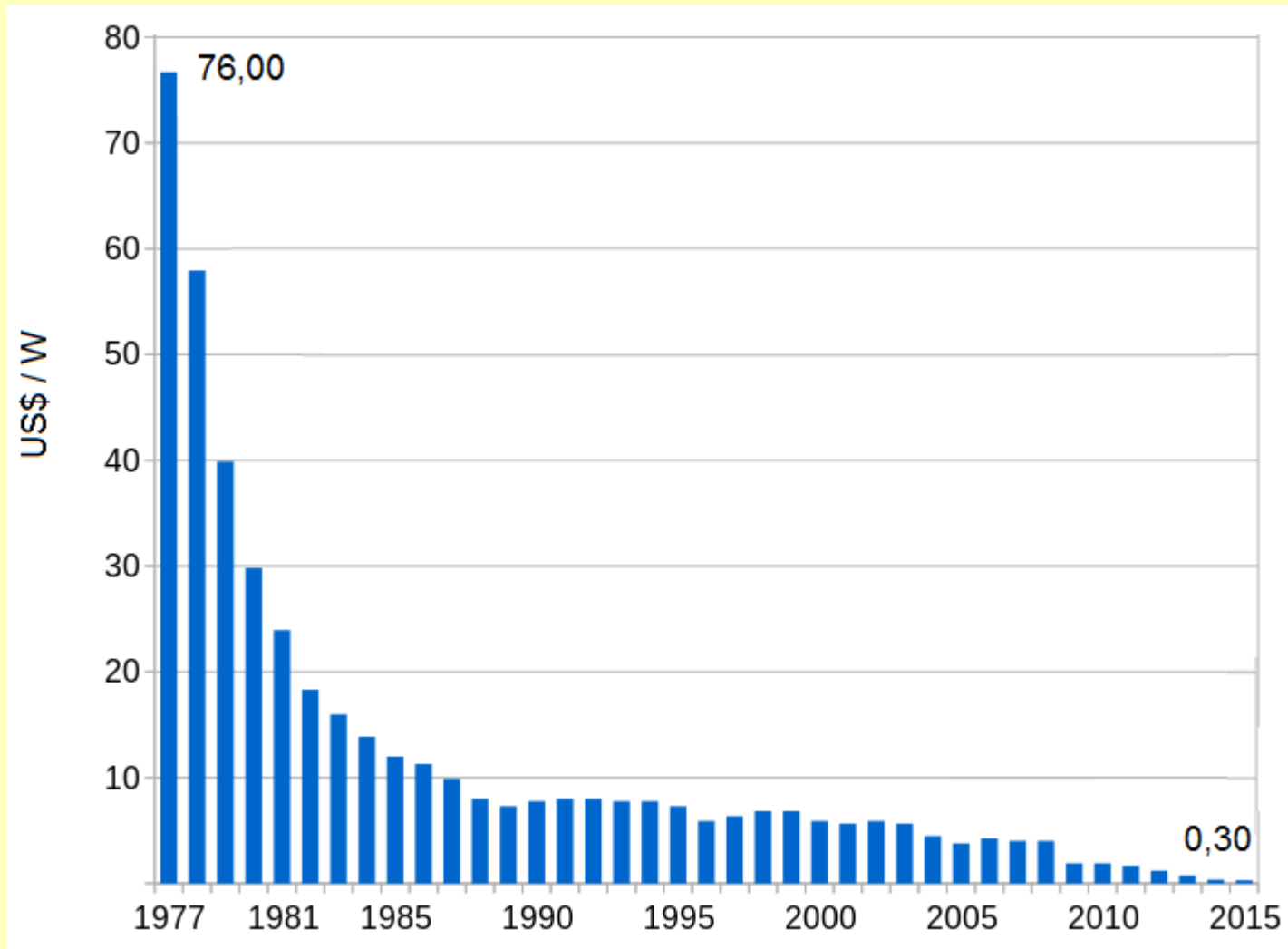
FONTE: REN 21 (Adaptado)

CUSTOS TOTAIS PARA USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS – MÉDIA GLOBAL



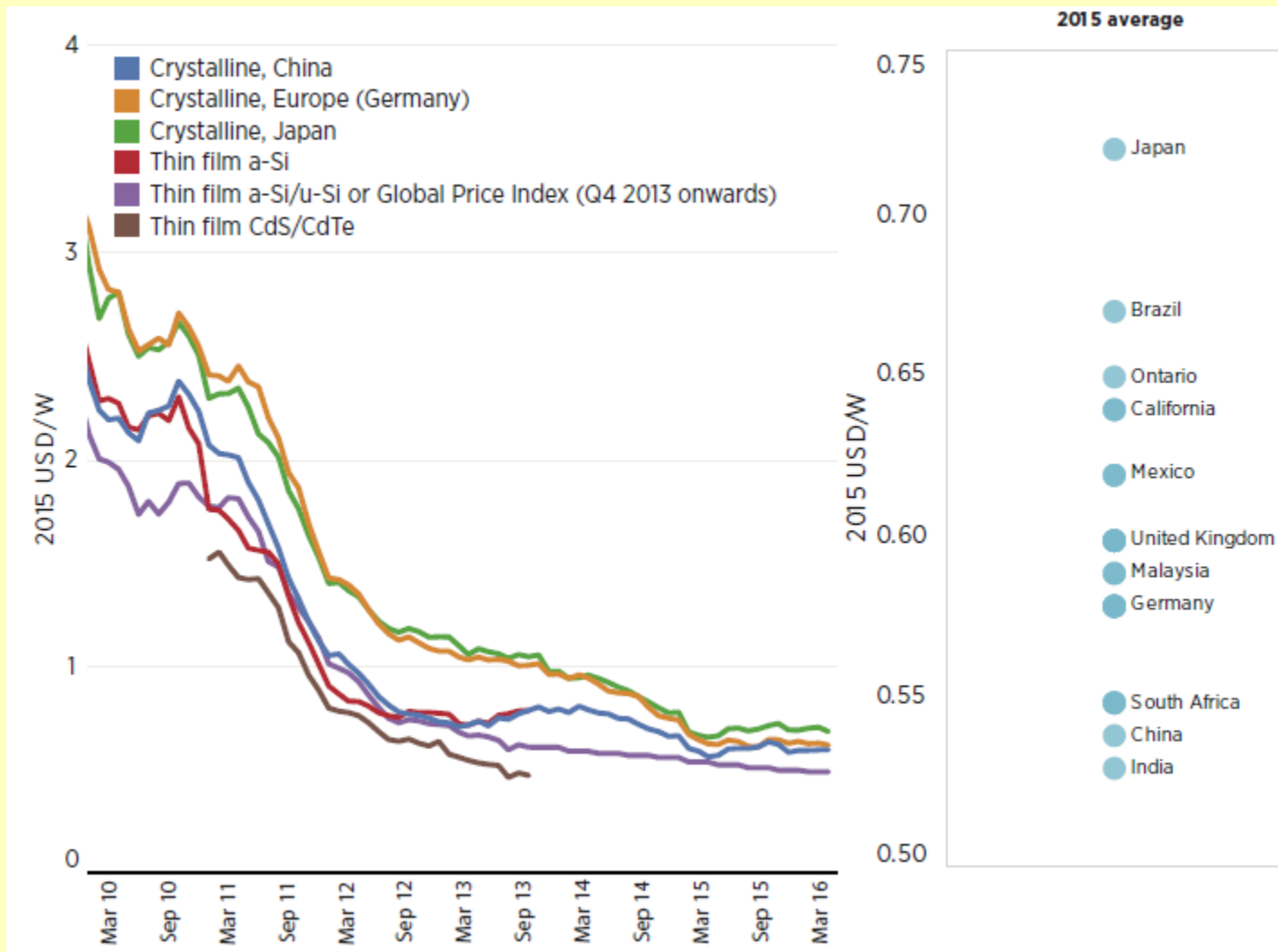
FONTE: IRENA (Adaptado)

PREÇO DA CÉLULA DE SILÍCIO



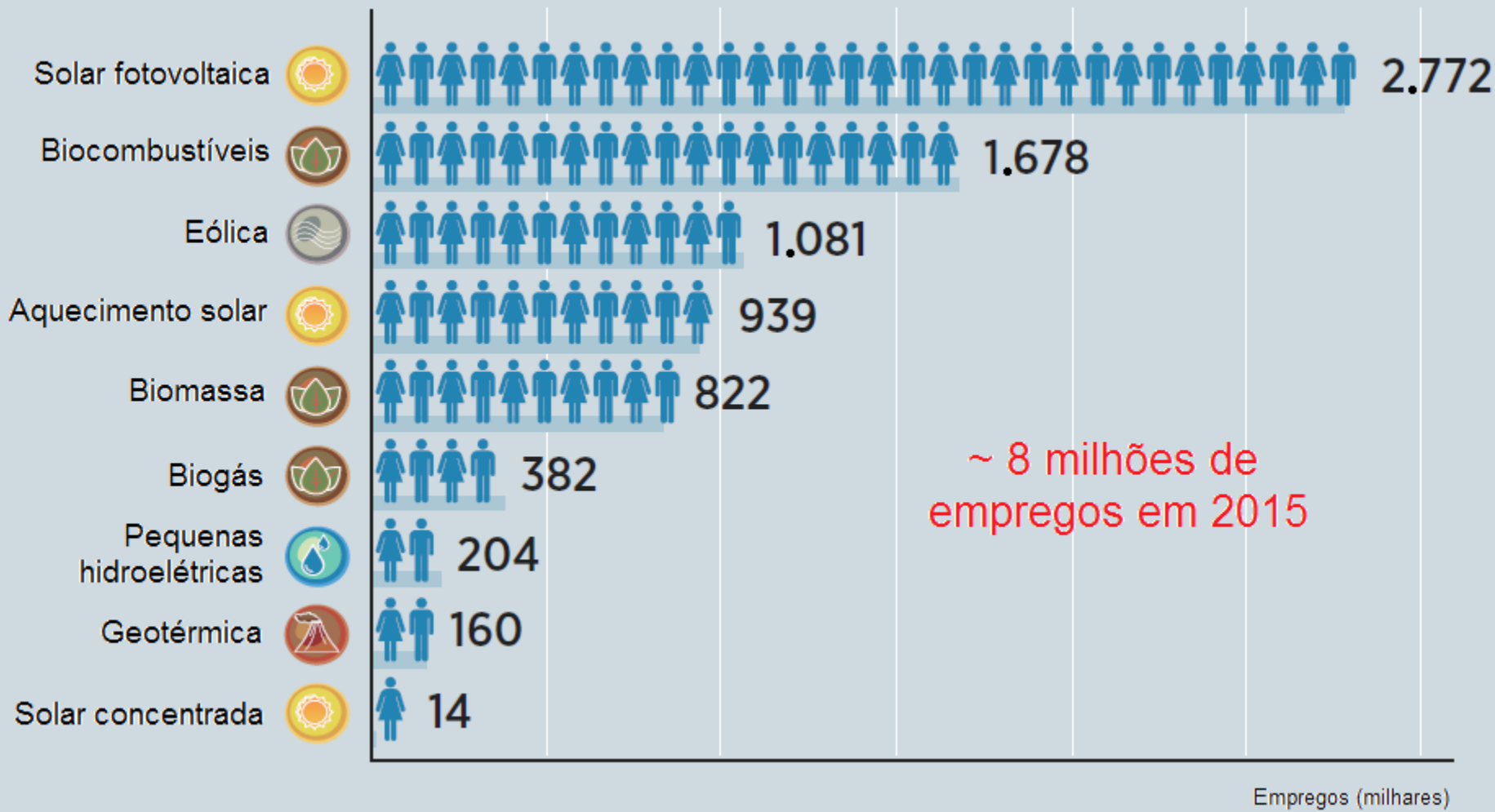
FONTE: BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (Adaptado)

TENDÊNCIAS PARA PREÇOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - MUNDO



FONTE: IRENA

GERAÇÃO DE EMPREGOS POR FONTES RENOVÁVEIS – MUNDO - 2015



ENERGIA SOLAR – CAPACIDADE INSTALADA NO BRASIL (ATUAL)

- Empreendimentos (usinas comerciais) em operação: 39.
- Potência fiscalizada: 22,95 MW.
- Corresponde a 0,02% da capacidade de geração no Brasil.

ENERGIA SOLAR – CAPACIDADE INSTALADA NO BRASIL (ATUAL)

- As maiores usinas solares fotovoltaicas em operação no país:
 - Fonte Solar I e II: 11 MW_p;
 - Cidade Azul: 3,1 MW_p;
 - Usina Sol Moradas Salitre e Rodeadouro: 2,1 MW_p;
 - Central Mineirão : 1,4 MW_p ;
 - Tauá: 1 MW_p;
 - CPFL Tanquinho: 1 MW_p e
 - Megawatt Solar: 1 MW_p.

MARCOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

- Chamada de Projeto Estratégico de Pesquisa & Desenvolvimento N° 013/2011 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Publicação da Resolução N° 482/2012 da ANEEL;
- Leilões de energia do Governo Federal;
- Publicação de normas técnicas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- Publicação da Resolução N° 687/2015 da ANEEL.

LEILÃO DE ENERGIA A-3 2014

- Realizado em **31/10/14**.
- Esse leilão contratou energia elétrica para abastecer o mercado nacional a partir de 2017.
- É a primeira vez que a geração solar competiu com ela mesma.
- A geração solar fotovoltaica teve 31 projetos vencedores (**1.048 MWp**) .
- O preço médio final foi de **R\$ 215,12/MWh** (deságio de 17,89% em relação ao preço teto de R\$ 262,00).

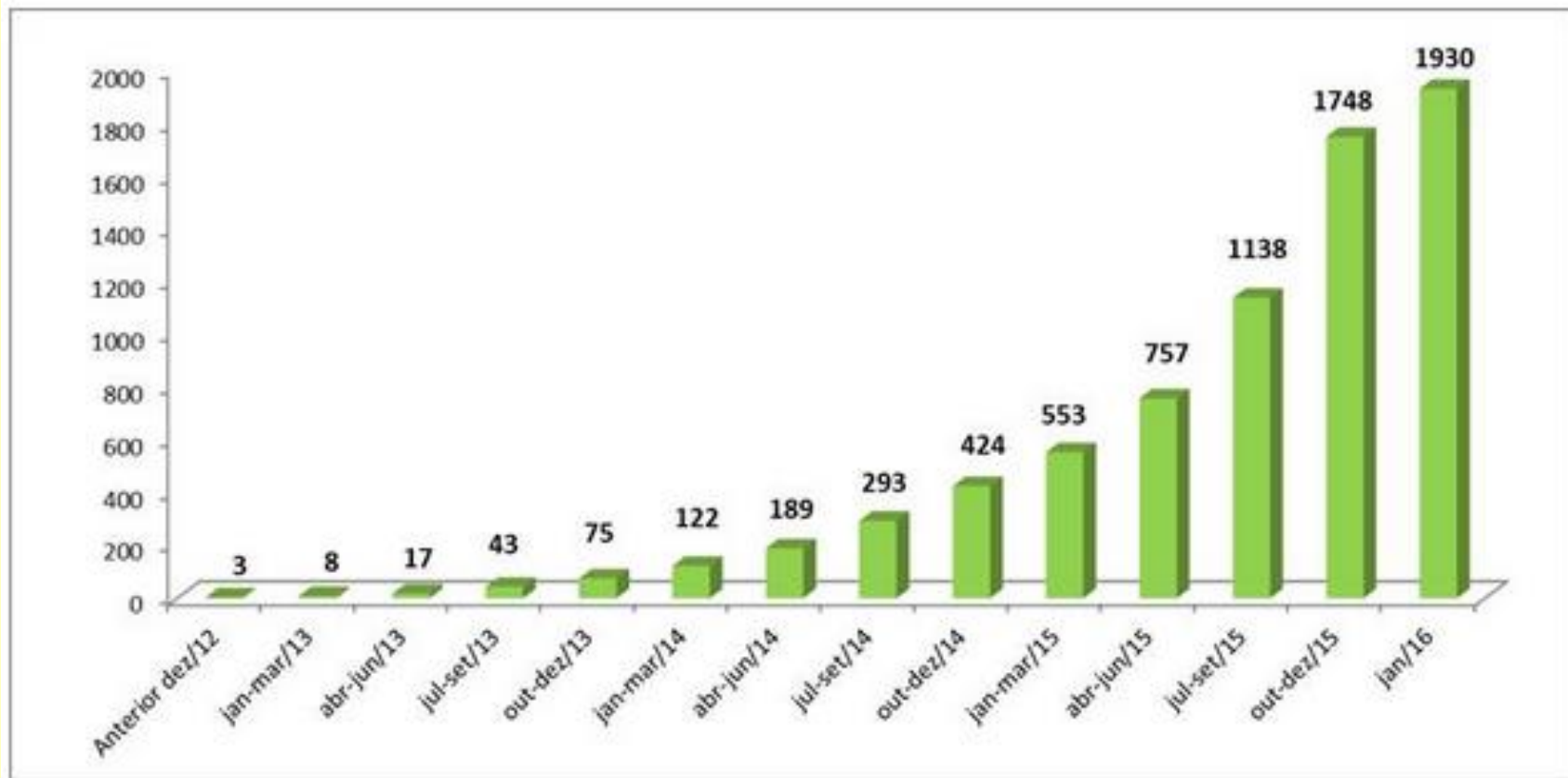
2º LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA 2015

- Realizado em **13/11/15**.
- Esse leilão contratou energia elétrica para abastecer o mercado nacional a partir de 2018.
- A geração solar fotovoltaica teve 33 projetos vencedores (**1.115 MWp**) .
- O preço médio final foi de **R\$ 297,75/MWh** (deságio de 21% em relação ao preço teto de R\$ 381,00).

LEILÃO DE ENERGIA SOLAR DE PERNAMBUCO 2013

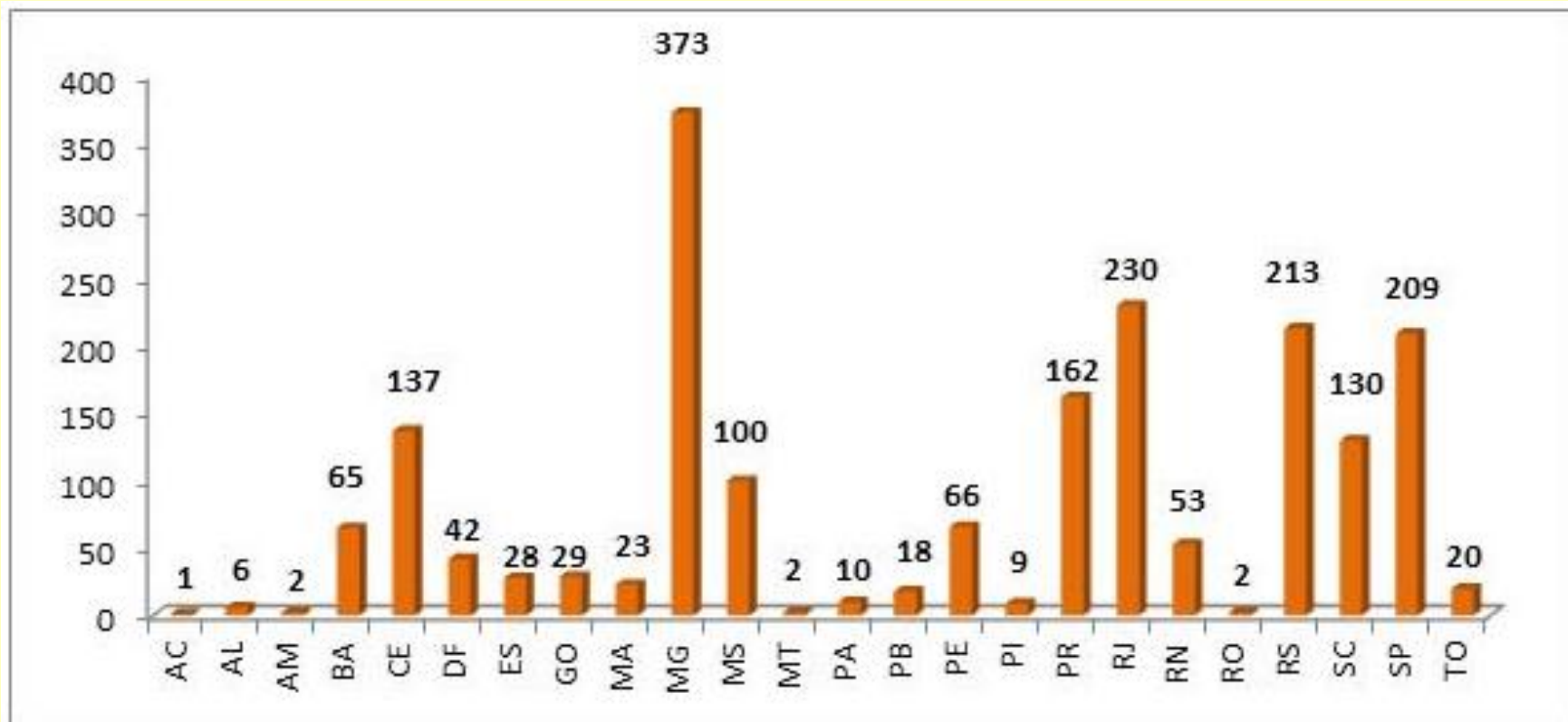
- Realizado em dezembro de 2013.
- A geração solar fotovoltaica teve 6 projetos vencedores (121,8 MWp).
- O preço médio final foi de R\$ 228,63/MWh.

NÚMERO DE CONEXÕES ACUMULADO- BRASIL



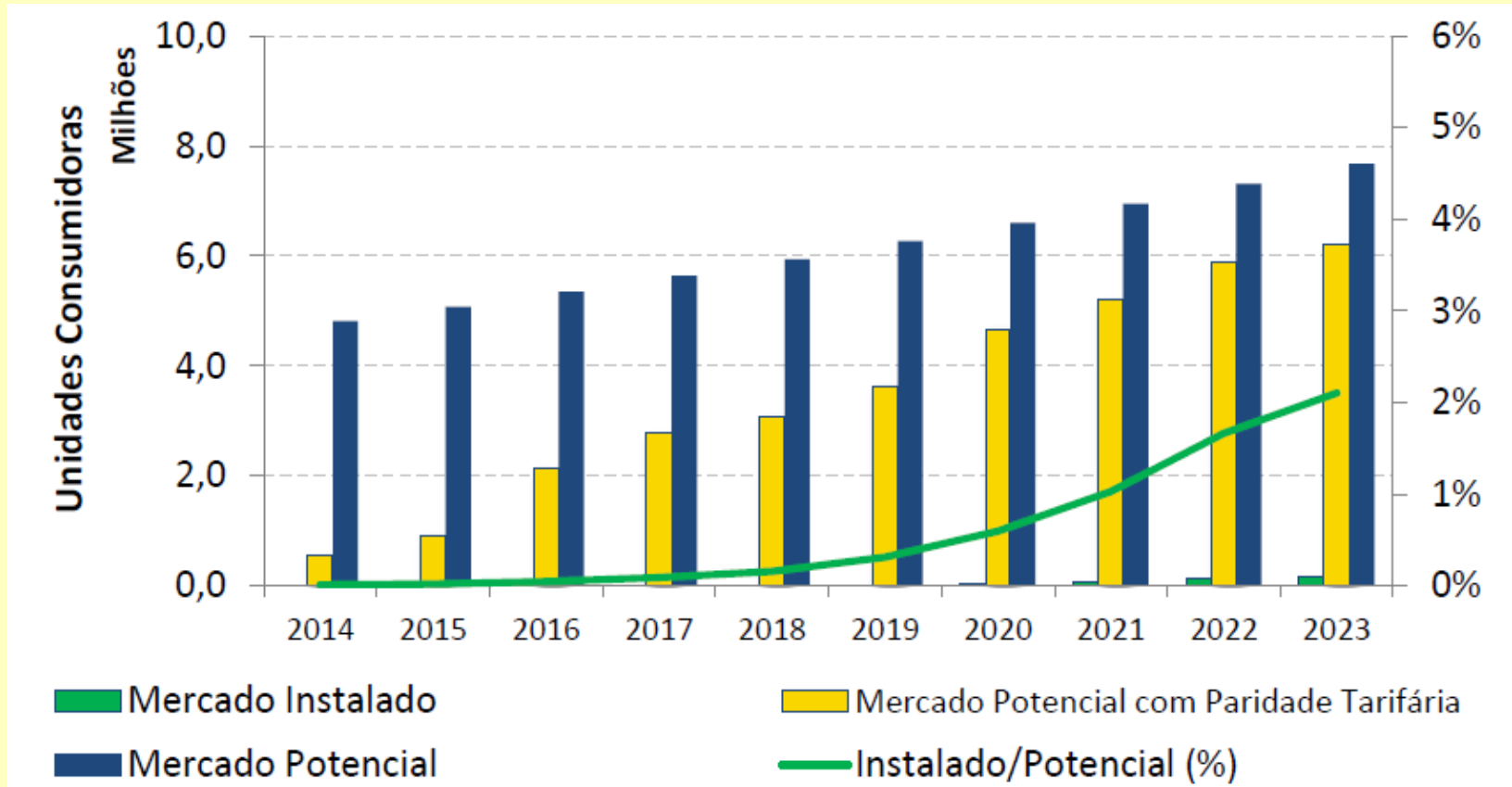
FONTE: ANEEL

NÚMERO DE CONEXÕES POR UF - BRASIL



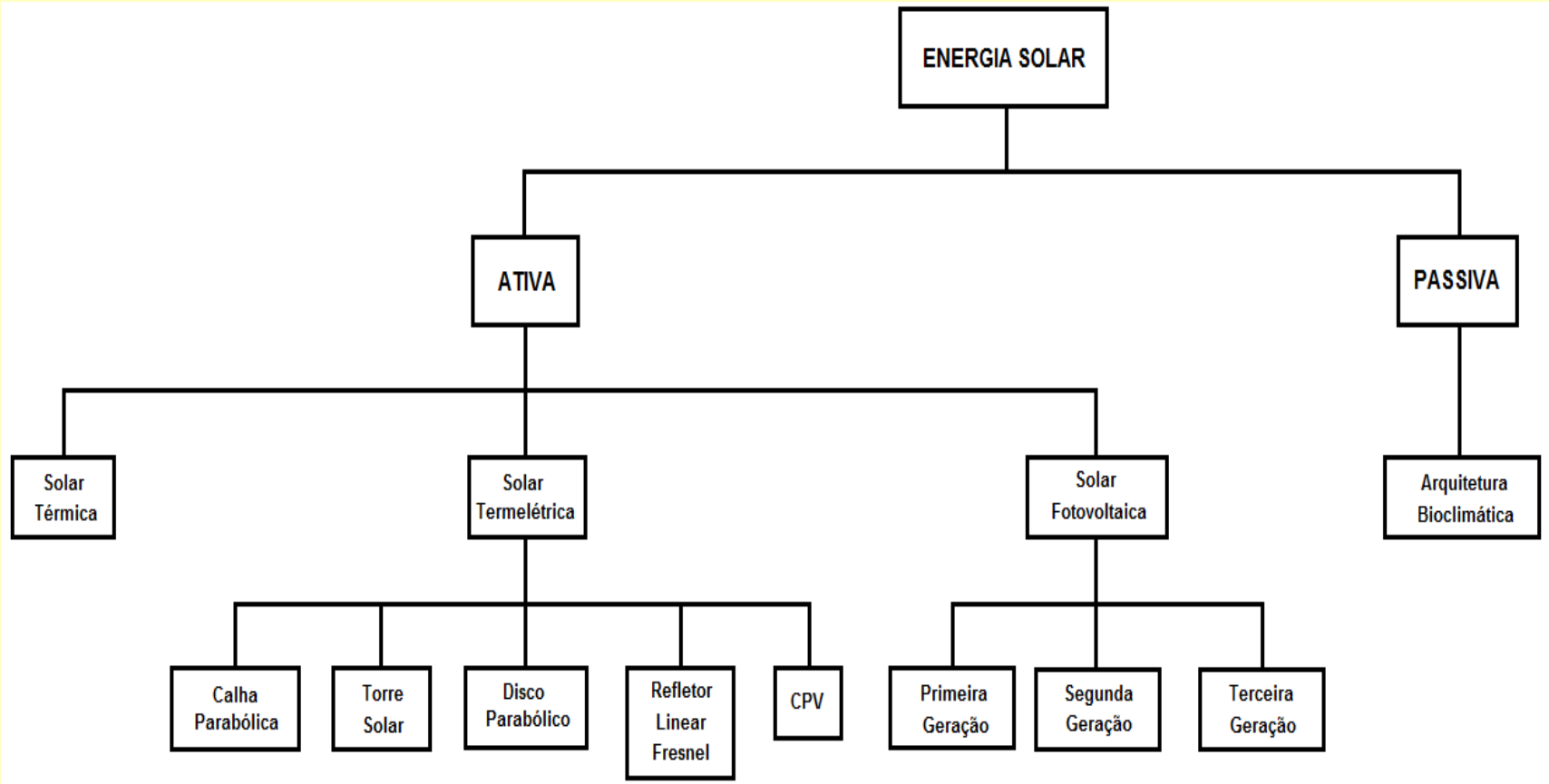
FORNTE: ANEEL

EVOLUÇÃO DO MERCADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DISTRIBUÍDOS NO BRASIL



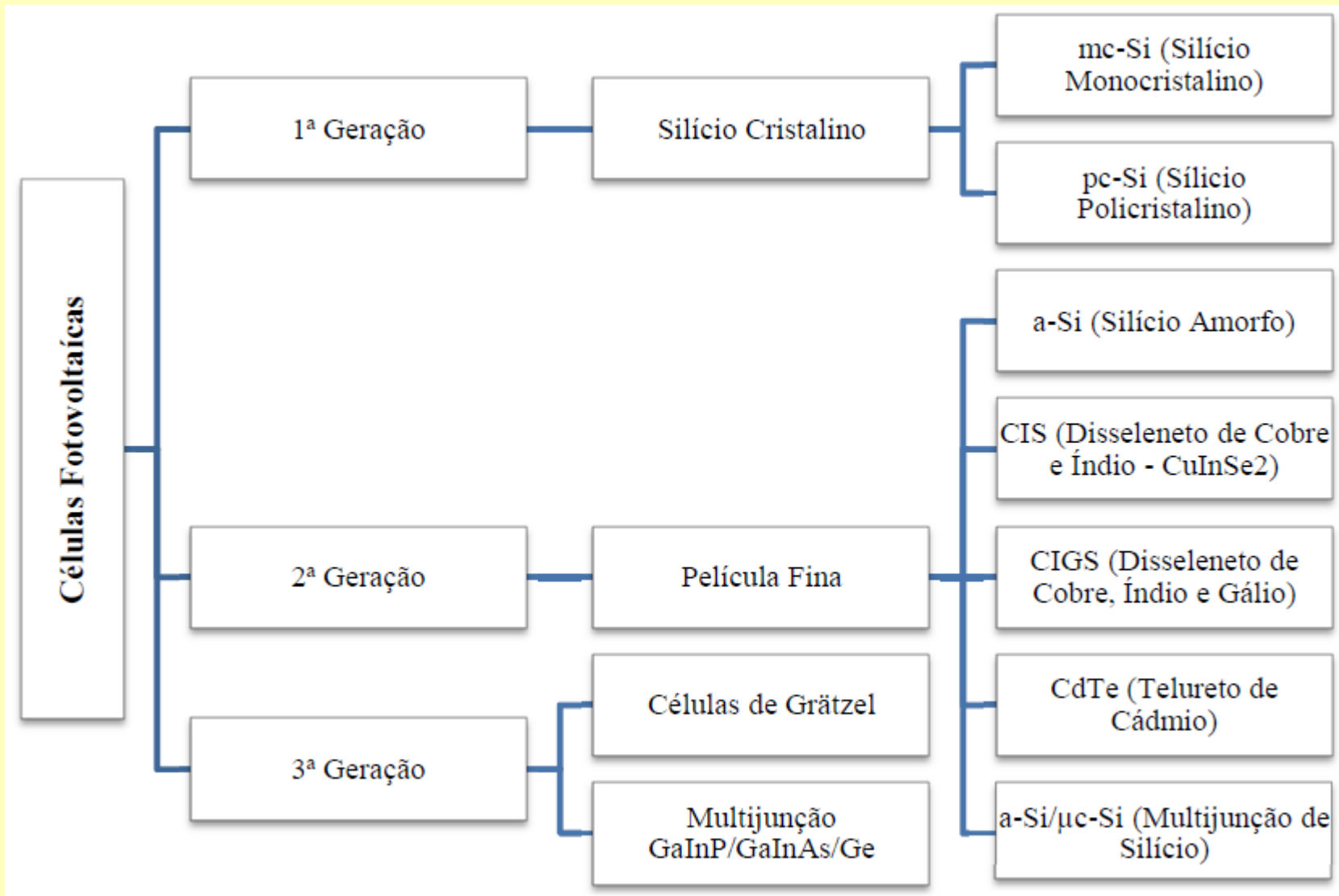
FONTE: ANEEL

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR



FONTE: PROENÇA

CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS



TIPOS DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

- O silício é o material mais utilizado na fabricação de células fotovoltaicas.
- Representou 93% da produção em 2015.

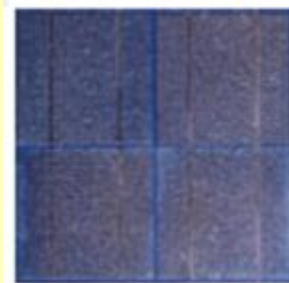
Silício monocristalino



Silício policristalino



Silício amorfo



FONTE: GAZOLI

TIPOS DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

- Tecnologia dos filmes finos: produção de células mais baratas do que as fabricadas com silício cristalino.
- Representou 7% das vendas globais de módulos fotovoltaicos em 2015.



FONTE: GAZOLI

EFICIÊNCIAS DE CÉLULAS SOLARES

TIPO DE CÉLULA		EFICIÊNCIA	
		TÍPICA	MELHOR VALOR
Silício monocristalino (mono-Si)		18%	25,6%
Silício policristalino (Si-poli)		16%	20,8%
Silício amorfo (a-Si)		10%	----
Filme fino	Silício amorfo	4% a 8%	----
	Telureto de cádmio (CdTe)	10% a 11%	21%
	Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio (CIGS)	7% a 12%	20,5%

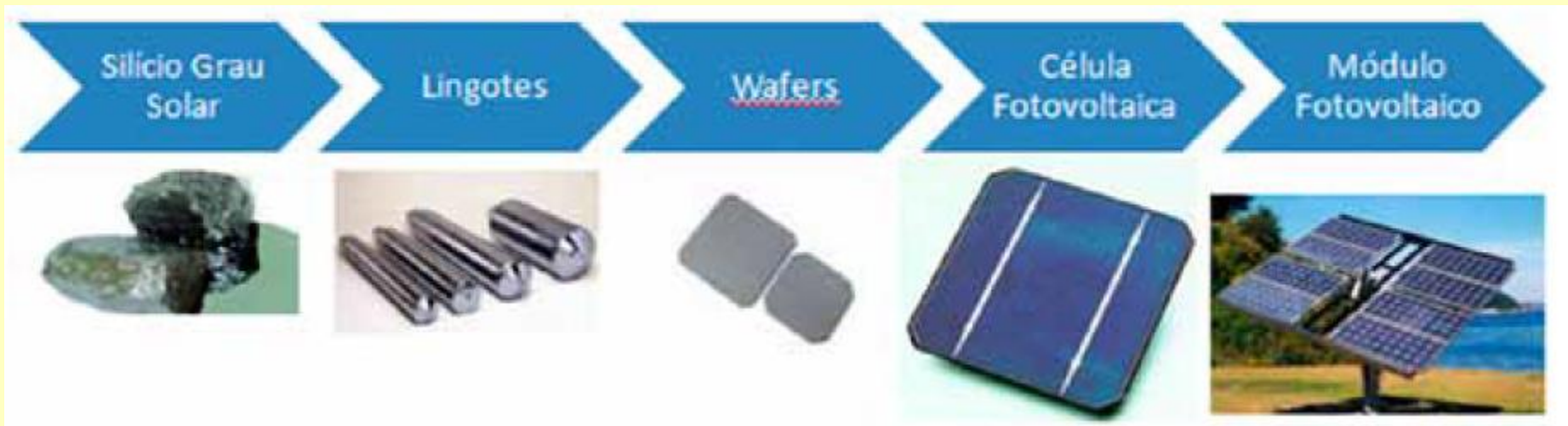
FONTE: REN 21 (Adaptado)

TIPOS DE SILÍCIO CRISTALINO

- **Grau metalúrgico (SIGM):** Pureza entre 98% e 99%;
- **Grau químico (SIGQ):** É a matéria-prima básica para a produção de silicones especiais, chamados óleos leves;
- **Grau solar (SIGS):** Pureza usualmente na faixa de 99,999% a 99,99999%;
- **Grau eletrônico (SIGE):** Pureza de 99,9999999%.

A purificação do silício apresenta elevado valor agregado, chegando o produto final a valer mais de 100 vezes o preço do silício grau metalúrgico atualmente exportado pelo Brasil.

CADEIA PRODUTIVA DO MÓDULO FOTOVOLTAICO DE SILÍCIO CRISTALINO

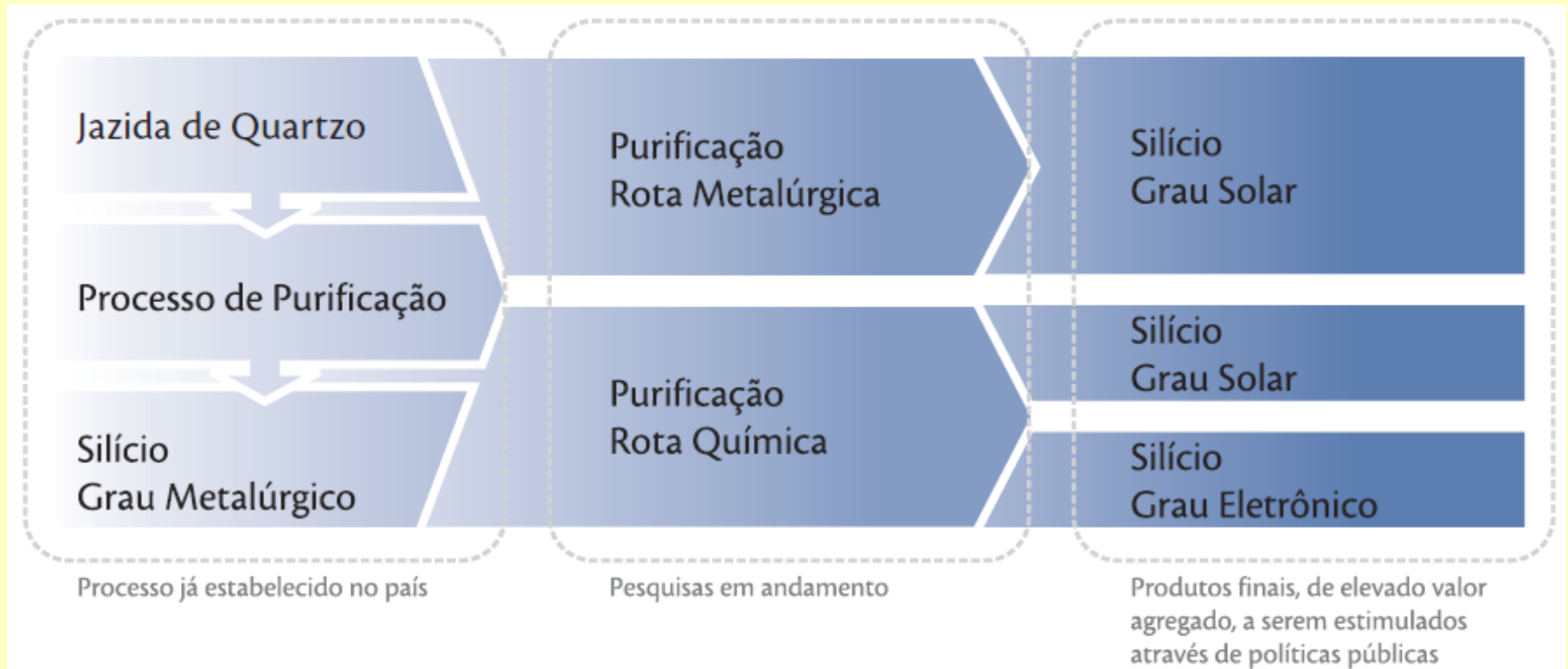


FONTE: CEMIG

RESERVAS DE QUARTZO NO BRASIL

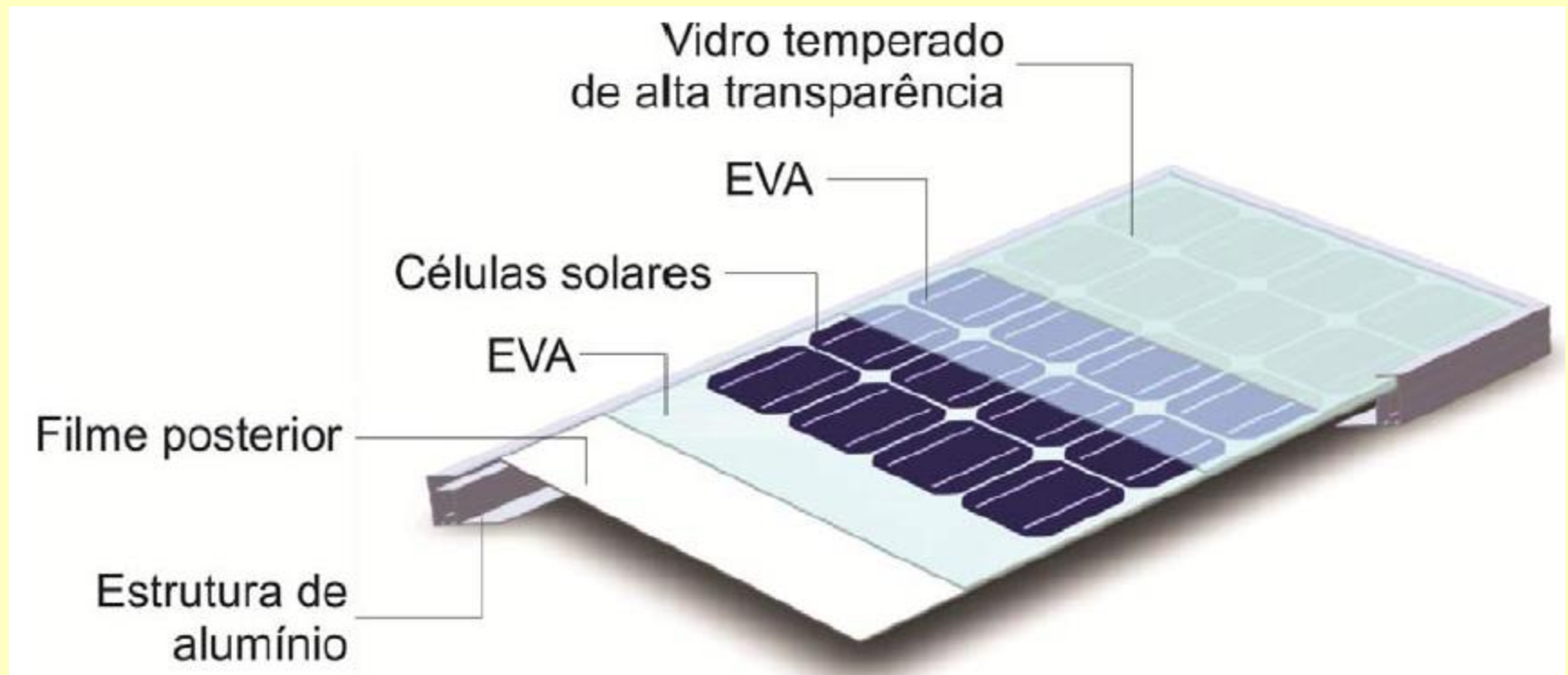
- No Brasil concentram-se as maiores reservas mundiais de quartzo de alta qualidade.
- O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico: ~ 8% da produção mundial.
- Cerca de 82% da produção nacional é voltada para a exportação.
- A produção de silício cristalino no Brasil ainda é inexistente, assim como a produção de células solares.

PROCESSOS PARA PRODUÇÃO DO SILÍCIO



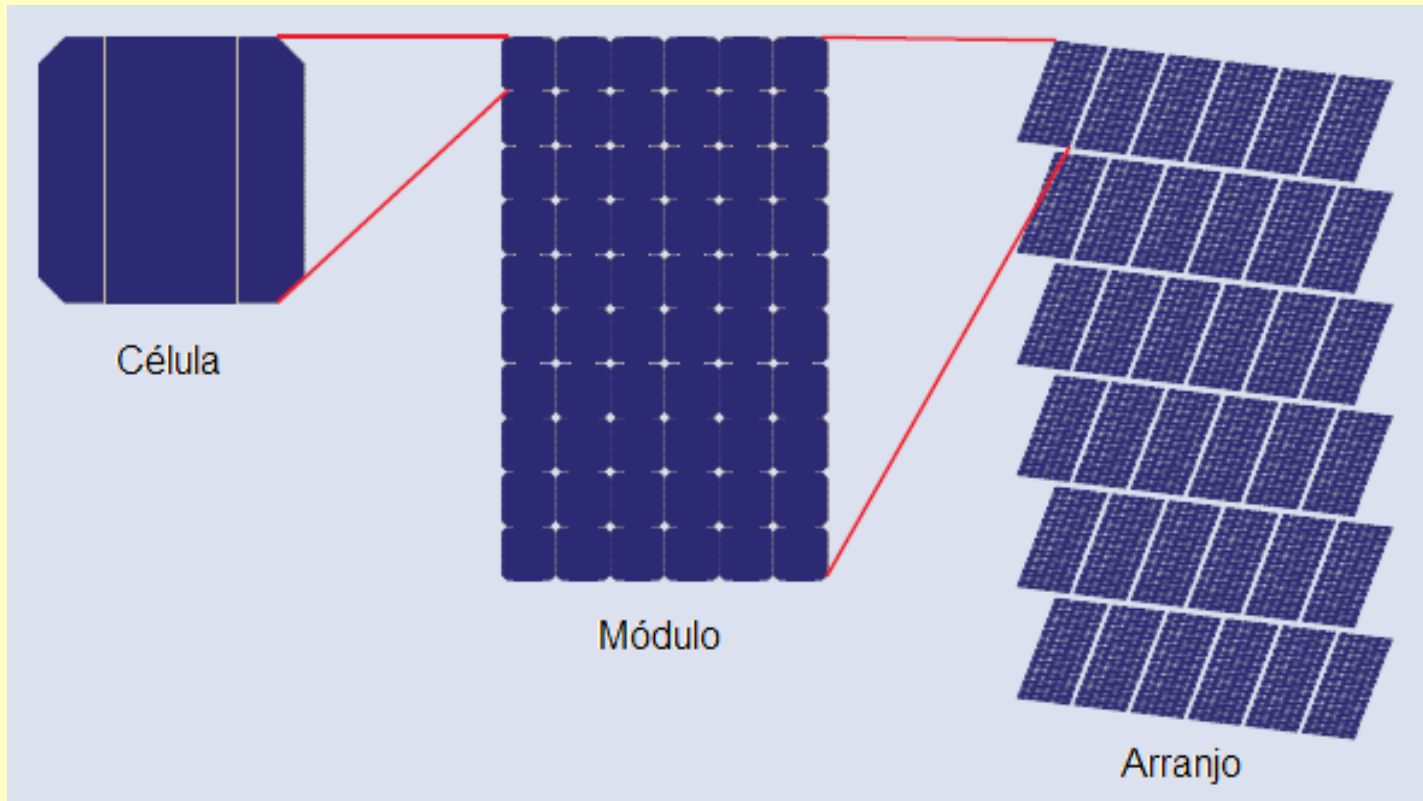
FONTE: CRESESB

COMPONENTES DE UM MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO DE SILÍCIO



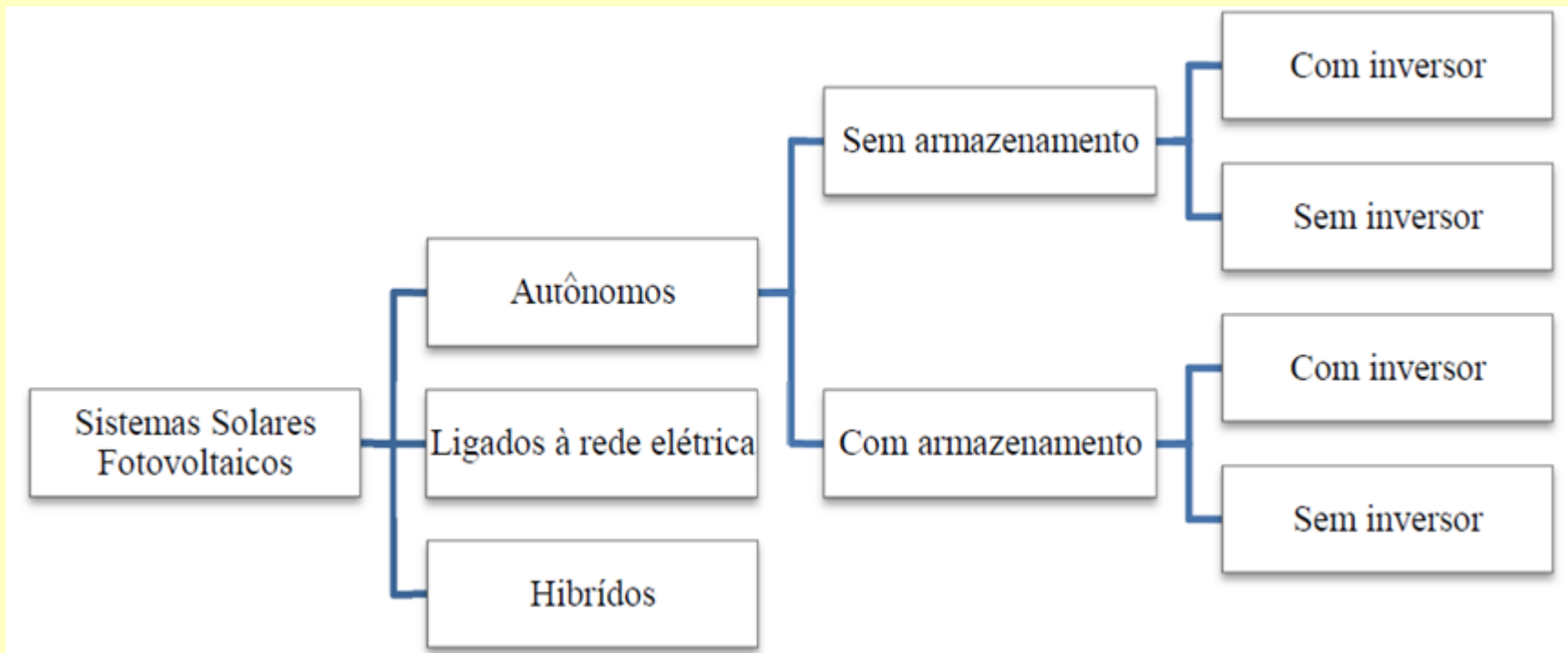
FONTE: CRESESB

COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO



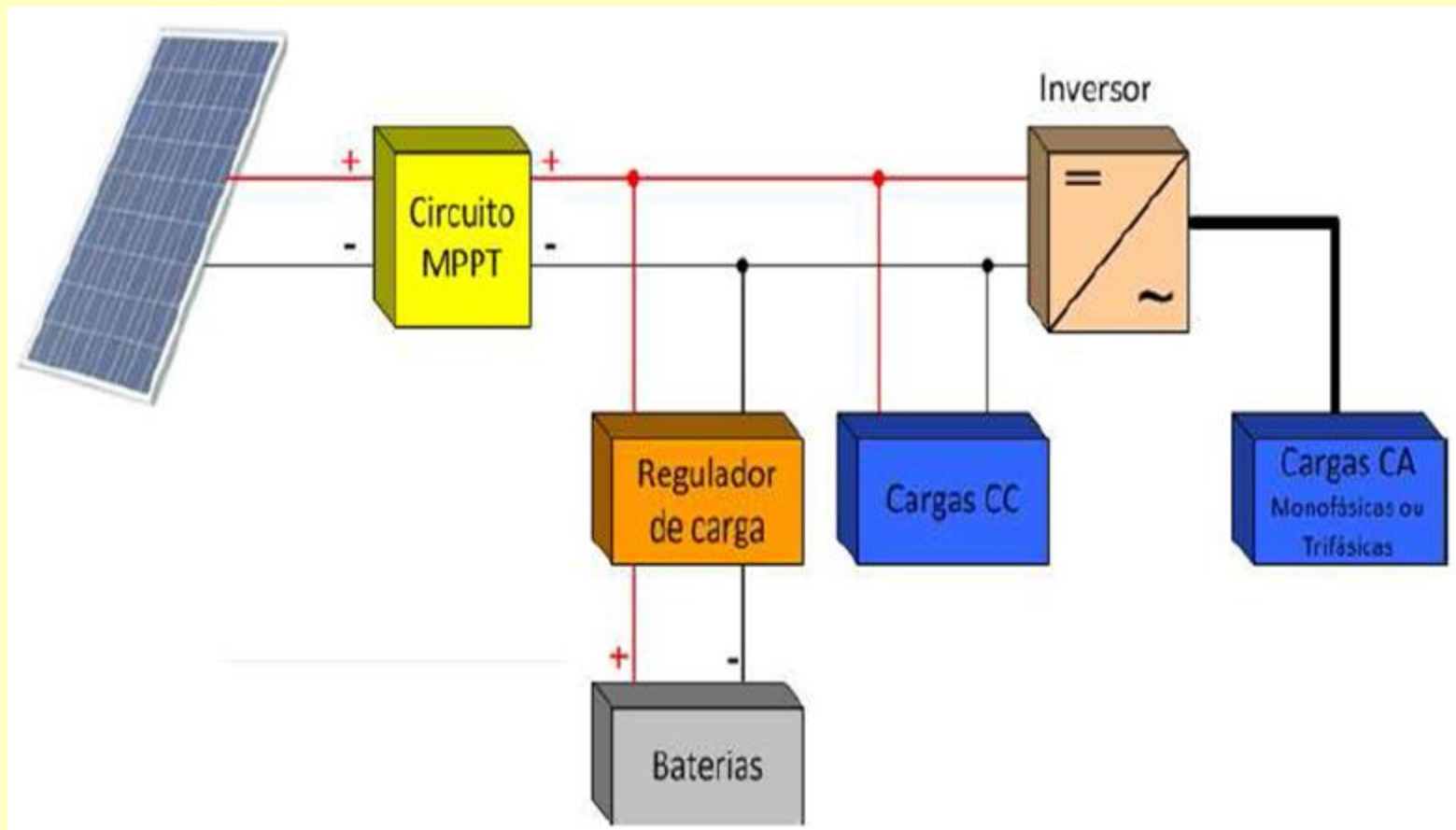
FONTE: MIT

TIPOS DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS



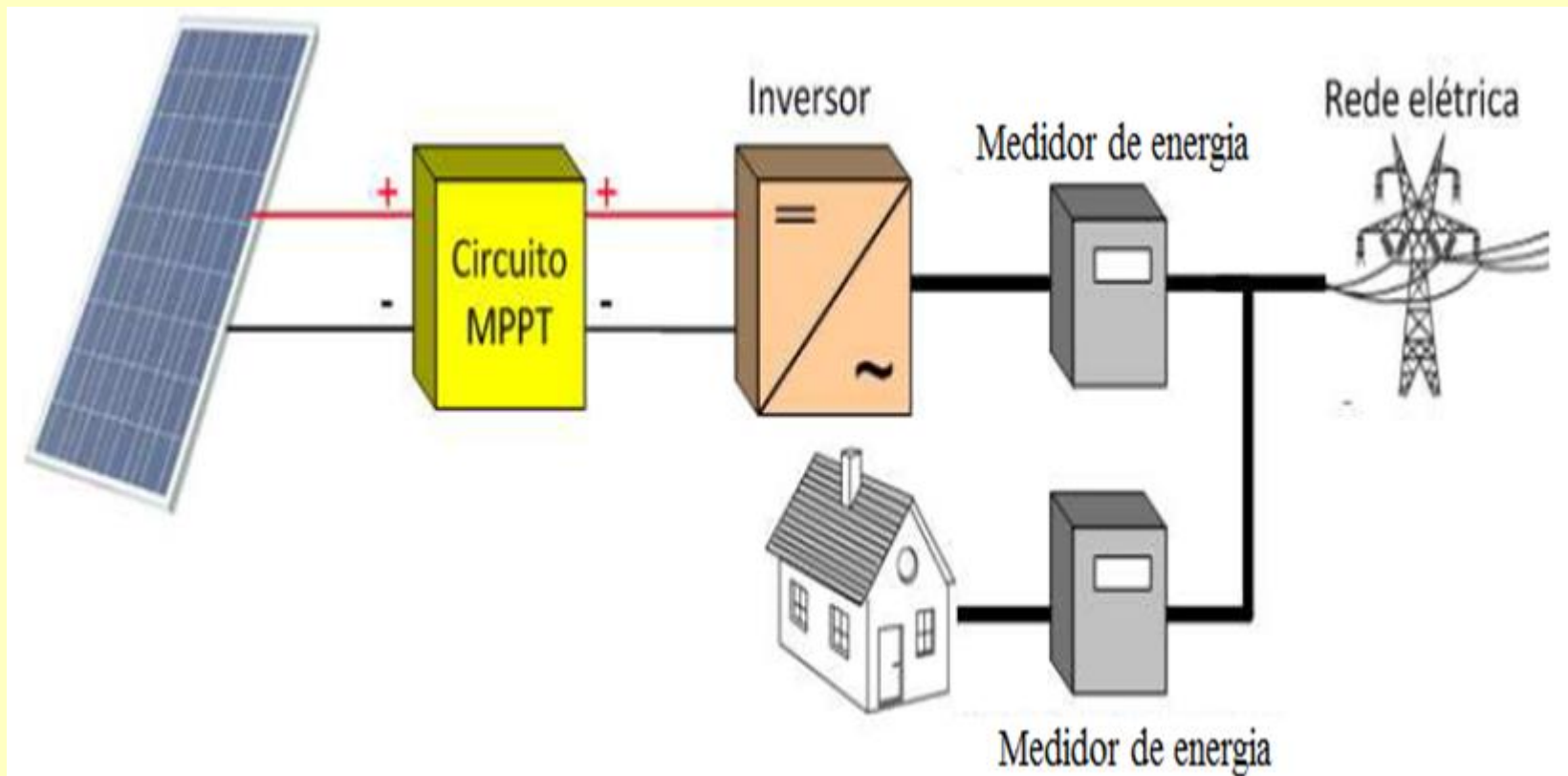
FONTE: PROENÇA

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO



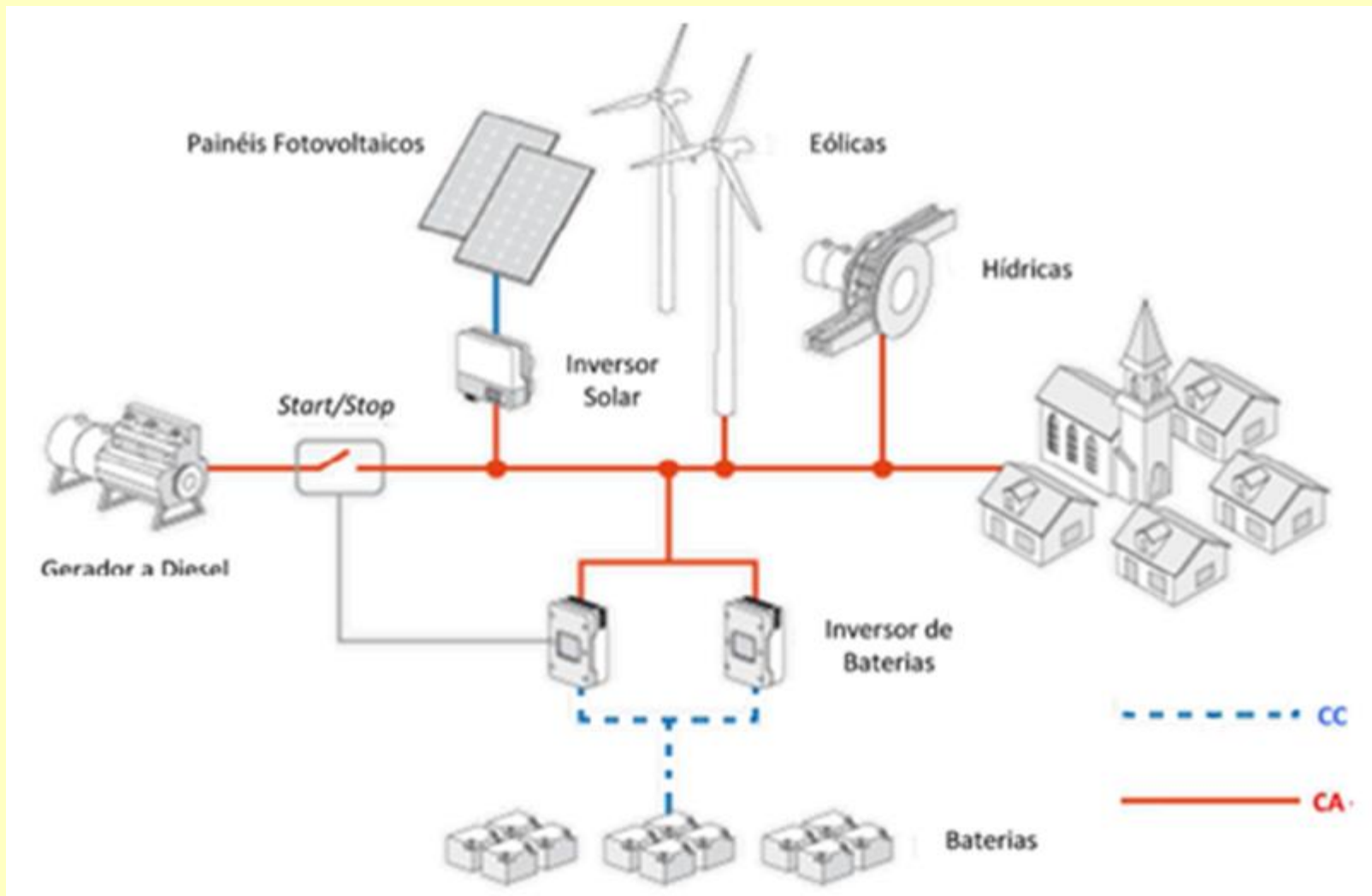
FONTE: PROENÇA

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO LIGADO À REDE ELÉTRICA



FONTE: PROENÇA

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO



ESTUDO DO GREENPEACE (PERÍODO 2015 – 2030)

Cenário “O Brasil continua o mesmo”:

- *Tarifa de eletricidade* com valor constante ao que era praticado em dezembro de 2015;
- *Tarifa com bandeira verde*;
- *PIS e COFINS constantes*, com alíquota de 6,5%;
- *ICMS incidente* sobre a tarifa de eletricidade com valores estaduais constantes. A alíquota média no país é de 25%;
- *ICMS incidente* (para os estados que, em dezembro de 2015, ainda não haviam zerado sua cobrança);

ESTUDO DO GREENPEACE (PERÍODO 2015 – 2030)

Cenário “O Brasil continua o mesmo”:

- *Despesas com a operação e a manutenção* dos painéis fotovoltaicos na ordem de 1% ao ano do faturamento bruto;
- *Preço do kWp instalado* nas residências em R\$ 8,81 mil e nos comércios em R\$ 7,85 mil;
- *Queda no preço do kWp instalado*, por conta de ganhos de escala, de 3,6% ao ano entre 2015 e 2020 e de 4% ao ano entre 2021 e 2030.

ESTUDO DO GREENPEACE **(PERÍODO 2015 – 2030)**

Cenário “FGTS para comprar placas solares”:

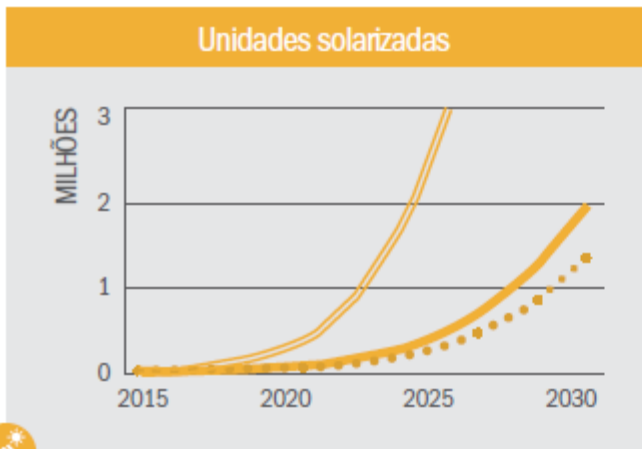
- Este tipo de cenário analisa o que aconteceria se o consumidor pudesse usar o dinheiro de seu FGTS para comprar sistemas fotovoltaicos.

ESTUDO DO GREENPEACE (PERÍODO 2015 – 2030)

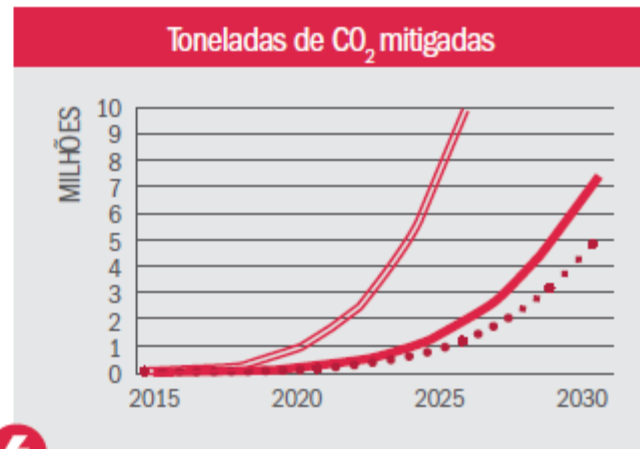
Cenário “Melhor Brasil”:

- *Liberação do FGTS* para aquisição de sistemas fotovoltaicos no cenário conservador;
- *Aumento do fator de aptidão* por conta da Resolução Normativa 687, tanto das residências quanto nos estabelecimentos comerciais;
- *Isenção do ICMS* em todos os estados do país (onze estados até dezembro de 2015);
- *Isenção dos Impostos de Importação e do PIS/COFINS* tributados sobre os módulos fotovoltaicos e do IPI sobre os inversores.

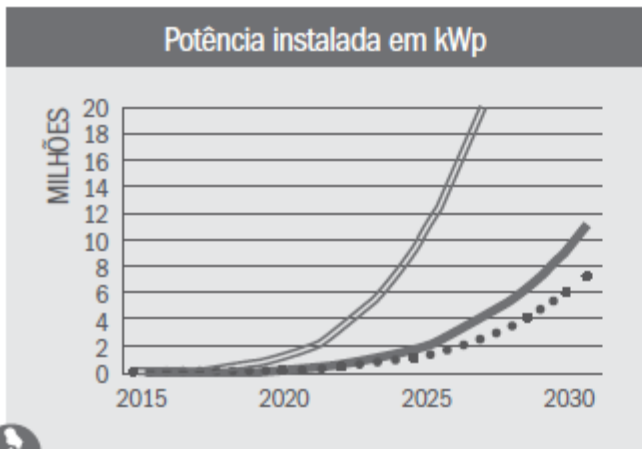
ESTUDO DO GREENPEACE (PERÍODO 2015 – 2030)



8.768.194 unidades solarizadas no Cenário C



No Cenário A será evitada a emissão de 122,2 milhões de CO₂



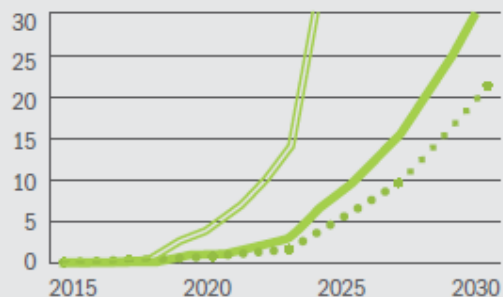
O Cenário C teria 41,4 mil MWp de potência instalada

- *O Brasil continua o mesmo*
(Cenário A)
- *FGTS para comprar placas solares*
(Cenário B)
- ==== *Melhor Brasil*
(Cenário C)

FONTE: GREENPEACE (Adaptado)

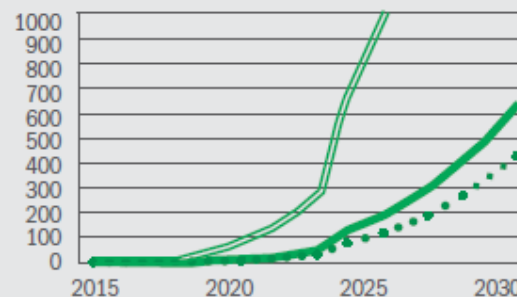
ESTUDO DO GREENPEACE (PERÍODO 2015 – 2030)

Valor adicionado a economia em bilhões de R\$



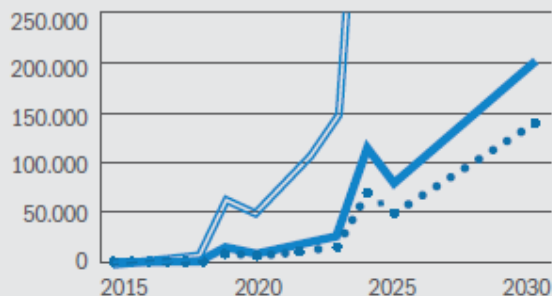
Cenários: A: 81,5 bilhões
B: 130 bilhões
C: 561,5 bilhões

Tributos gerados em milhões de R\$



No Cenário C seriam arrecadados
R\$ 11,3 bilhões

Empregos diretos e indiretos gerados



No Cenário C seriam gerados quase 4 milhões
de empregos diretos e indiretos

- *O Brasil continua o mesmo*
(Cenário A)
- *FGTS para comprar placas solares*
(Cenário B)
- == *Melhor Brasil*
(Cenário C)

ATUAÇÃO PROFISSIONAL NA INDÚSTRIA SOLAR

PROJETO

MONTAGEM

OPERAÇÃO

MANUTENÇÃO

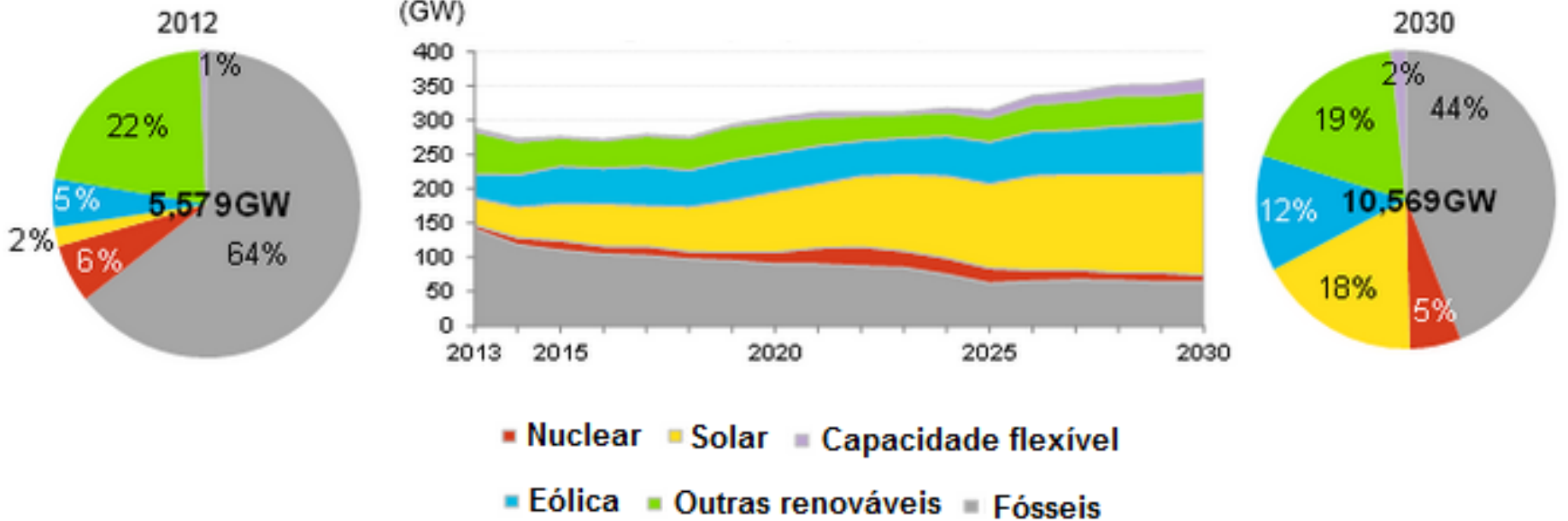
PESQUISA

ENSINO

ORÇAMENTO

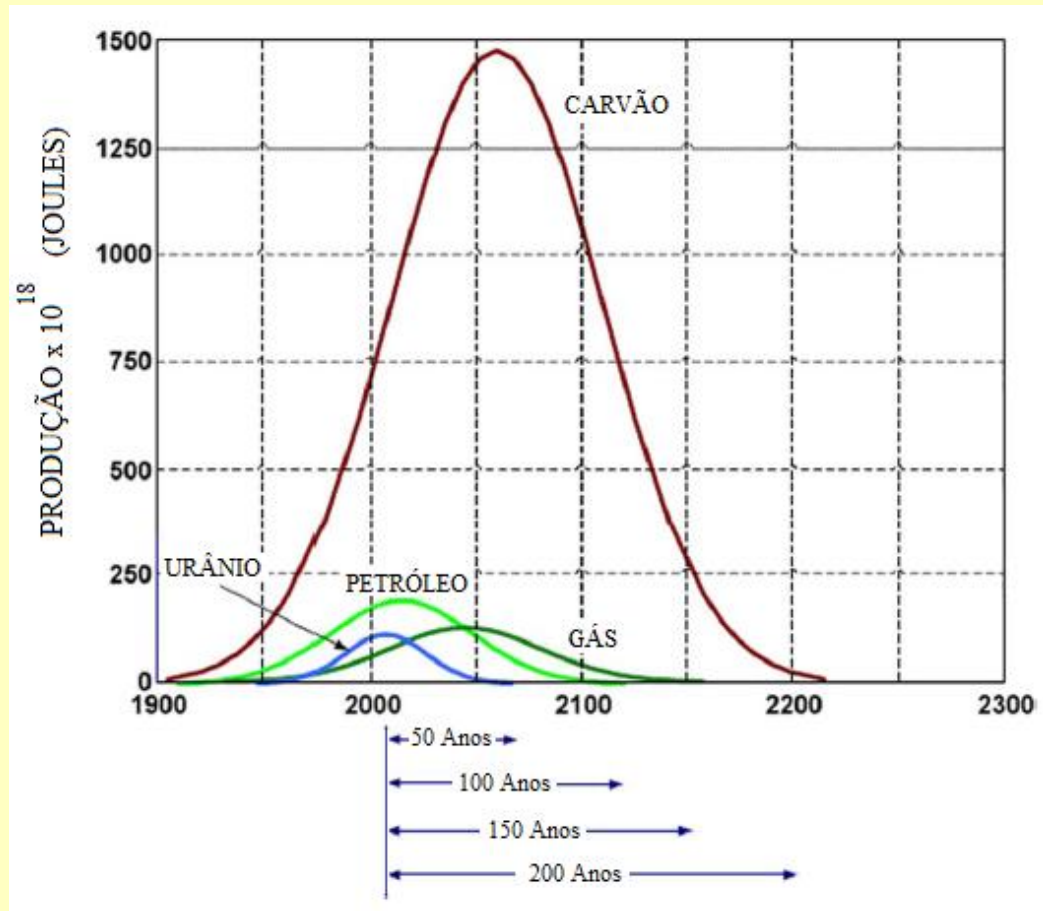
FUTURO DA ENERGIA SOLAR

CAPACIDADE INSTALADA GLOBAL 2012-2030



FONTE: REN 21 (Adaptado)

CURVAS DE DEPLEÇÃO DE ENERGIA



FONTE: BOSE (Adaptado)

USINA SOLAR BALBINA AMAZONAS

1 MWp (em 2017)



ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O que deve ser feito:

- Políticas fiscais e de financiamento;
- investimentos;
- consolidação de uma cadeia produtiva;
- ampliar a realização de leilões específicos;
- incentivar a pesquisa e inovação tecnológicas;
- qualificação profissional;
- ampliação da coleta de dados solarimétricos.

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)

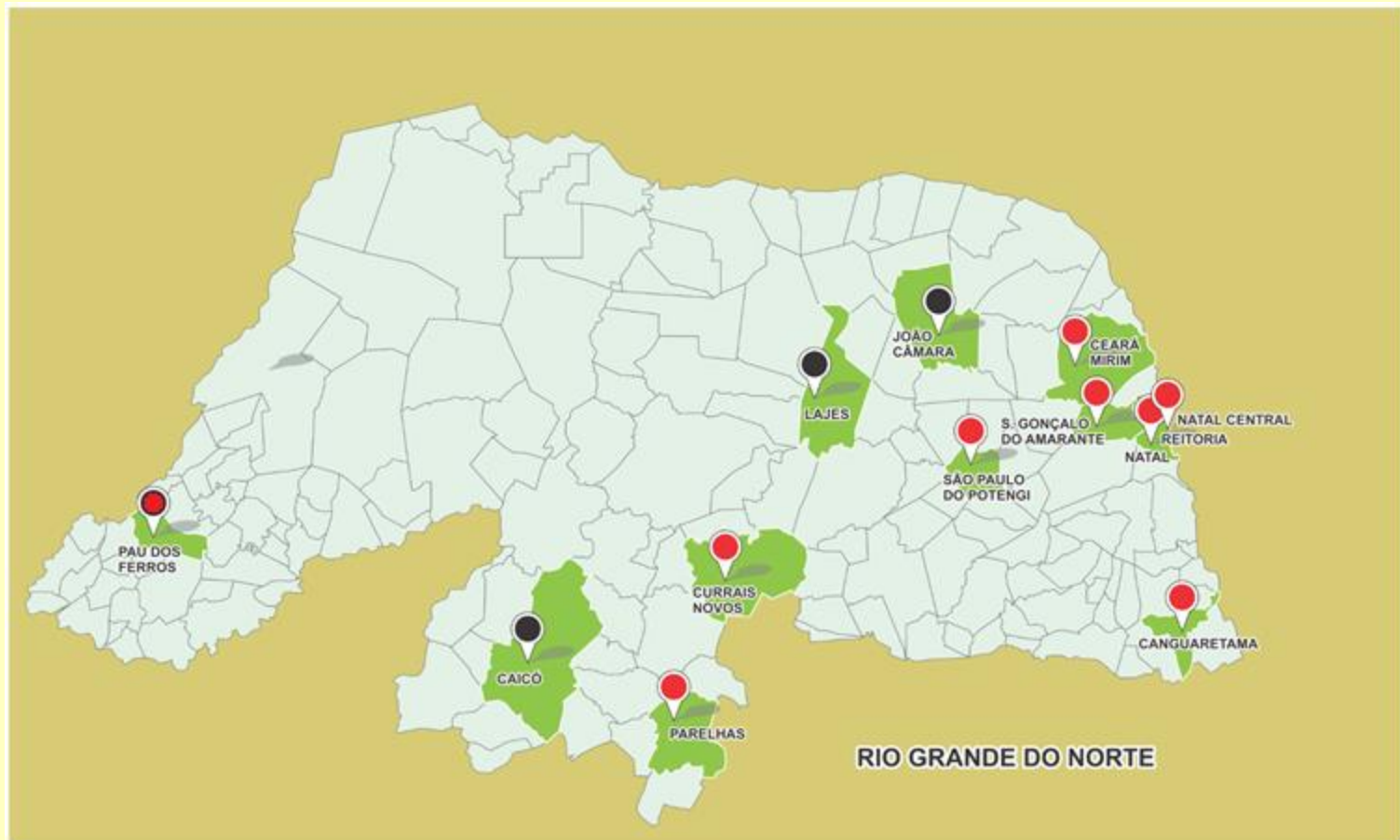
Motivações institucionais

- Resolução ANEEL nº 482/2012;
- Redução das despesas com energia elétrica;
- Desenvolvimento de pesquisas no setor;
- Contribuição para a redução da emissão de GEE;
- Disseminação da utilização da energia solar fotovoltaica no RN e no Brasil;
- Aprendizagem.

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)

- 9 usinas em operação: **925,6 kWp**.
- Mais 3 usinas a serem instaladas até julho/2016: 274 kWp.
- Potência Total: **1.199,6 kWp** (até julho/2016).
- 1ª usina entrou em operação em dezembro de 2013: 56,4 kWp (UFV REITORIA).
- Maior usina: 197 kWp (UFV CAMPUS NATAL-CENTRAL).

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV REITORIA IFRN : 240 painéis de 235 Wp = **56,4 kWp**

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN CEARÁ-MIRIM: 480 painéis de 235 Wp = **112,8 kWp**

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN SÃO PAULO DO POTENGI: 480 painéis de 235 Wp =
112,8 kWp

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN CANGUARETAMA: 480 painéis de 235 Wp =
112,8 kWp

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN CURRAIS NOVOS: 480 painéis de 235 Wp =
112,8 kWp

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN PARELHAS: 200 painéis de 250 Wp = **50 kWp**

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN NATAL-CENTRAL: 480 painéis de 235 Wp + 345
painéis de 245 Wp = **197,3 kWp**

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO INSTITUTO FEDERAL DO RN (IFRN)



UFV IFRN SÃO GONÇALO DO AMARANTE: 230 painéis de 245
 $W_p = 56,3 \text{ kWp}$

CARACTERÍSTICAS DAS USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFRN

- Produção média específica: 132 kWh/kWp/ano (Natal).
- Área necessária: 0,006 m²/Wp.
- Garantias: Instalação: 2 anos;
Inversores: 5 anos;
Painéis: 25 anos.
- Monitoramento à distância.

CARACTERÍSTICAS DAS USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFRN

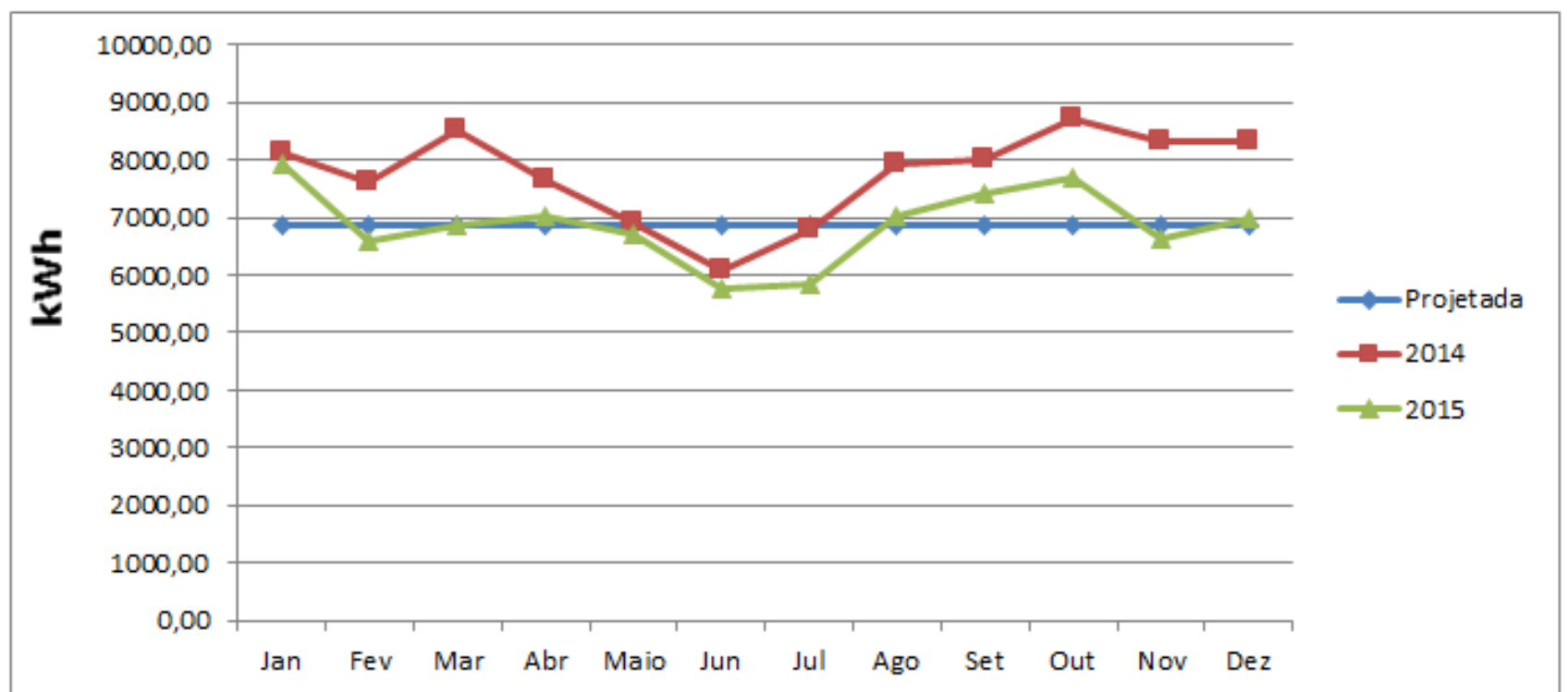
Custos aproximados por tipo de instalação:

- R\$ 7,00/Wp para instalação sobre cobertura;
- R\$ 8,00/Wp para instalação no solo;
- R\$ 9,00/Wp para instalação sobre estacionamento.

MONITORAMENTO DAS USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFRN



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFV REITORIA



USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFRN

Campus	Inauguração	Investimento	Tipo instalação	Potência instalada (kWp)	Quantidade Painéis	Potência Painéis (Wp)
Reitoria	30/12/2013	R\$ 319.000,00	cobertura	56,40	240	235
Ceará Mirim	24/03/2014	R\$ 638.000,00	cobertura	112,80	480	235
São Paulo do Potengi	17/04/2014	R\$ 638.000,00	cobertura	112,80	480	235
Canguaretama	03/02/2015	R\$ 638.000,00	solo	112,80	480	235
Currais Novos	15/05/2015	R\$ 650.000,00	solo	112,80	480	235
Parelhas	06/08/2015	R\$ 320.000,00	cobertura	50,00	200	250
São Gonçalo do Amarante	17/11/2015	R\$ 504.500,00	estacioname nto	56,40	230	245
Central	18/01/2016	R\$ 1.213.250,00	cobertura	197,40	480	235 / 245
Lajes	até jun/16	R\$ 320.000,00	cobertura	50,00	200	250
Pau dos Ferros	22/06/2016	R\$ 767.000,00	cobertura	112,80	452	250
Caicó	até jun/16	R\$ 1.009.000,00	estacioname nto	112,80	452	250
João Câmara	até jun/16	R\$ 888.000,00	solo	112,80	452	250
Total		R\$ 7.904.750,00		1.199,80	4.626	

USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFRN

Campus	Quantidade Inversores	Potência Inversores (kWp)	Área (m2)	Geração média mensal (MWh)	Economina Mensal	Cobertura consumo mensal da unidade	CO2 neutralizado mensal (T)
Reitoria	10	4,4	391	7,50	R\$ 2.625,00	25%	1,0
Ceará Mirim	20	4,4	782	14,50	R\$ 5.075,00	37%	1,91
São Paulo do Potengi	20	4,4	782	14,50	R\$ 5.075,00	40%	1,91
Canguaretama	20	4,4	782	14,50	R\$ 5.075,00	35%	1,91
Currais Novos	20	4,4	782	14,50	R\$ 5.075,00	30%	1,91
Parelhas	2	27,0	375	7,50	R\$ 2.625,00	não disponível	0,99
São G. do Amarante	10	5,0	375	7,50	R\$ 2.625,00	não disponível	0,99
Central	35	4,4 / 5	1.100	25,30	R\$ 8.855,00	11%	3,34
Lajes	2	27,0	375	7,50	R\$ 2.625,00		0,99
Pau dos Ferros	4	27,0	375	14,00	R\$ 4.900,00		1,85
Caicó	4	27,0	375	14,00	R\$ 4.900,00		1,85
João Câmara	4	27,0	375	14,50	R\$ 5.075,00		1,91
Total	151		6.869	155,80	R\$ 54.530,00		21

RESULTADOS OBTIDOS COM AS USINAS FOTOVOLTAICAS DO IFRN

- Total economizado em 2015: **R\$ 215.000,00.**
- Expectativa de economia para 2016: **R\$ 541.500,00** (corresponde a 10% da despesa total com energia elétrica do IFRN em 2015).

OBRIGADO!

Prof. Augusto César Fialho Wanderley

**Diretoria Acadêmica de Indústria
Campus Natal-Central
Instituto Federal do RN
IFRN**

augusto.fialho@ifrn.edu.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Novas regras para geração distribuída entram em vigor.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9086&id_area=90>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (BNEF). **Global trends in clean energy investment.** Disponível em: <<http://www.bbhub.io/bnef/sites/4/2016/04/BNEF-Clean-energy-investment-Q1-2016-factpack.pdf> >. Acesso em: 20 jun. 2016.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (BNEF). **Global trends in renewable energy investment 2016.** Disponível em: <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsinrenewableenergyinvestment2016lowres_0.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [BOSE, 2013] BOSE, B. K. Global Energy Scenario and Impact of Power Electronics in 21st Century. **IEEE Transactions on industrial electronics**, New York, v. 60, n. 7, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6214597>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- [CEMIG, 2012] CEMIG. **Alternativas energéticas: uma visão Cemig**. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/AlternativasEnergeticas-UmaVisaoCemig.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2016.
- [ABINEE, 2012] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. São Paulo: ABINEE, 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **End-of-life management solar photovoltaic panel**. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025**. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Renewable Energy and Jobs Annual Review 2016**. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (cont.)

- GREENPEACE. **Alvorada - Como o incentivo à energia solar fotovoltaica pode transformar o Brasil.** Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/R elatorio_Alvorada_Greenpeace_Brasil.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21). **Renewables 2016 global status report.** Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report_REN21.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos.** Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/SérieEstudosdeEnergia/DEA19-InserçãodaGeraçãoFotovoltaicaDistribuídanoBrasil-CondicionantesImpactosVF\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/SérieEstudosdeEnergia/DEA19-InserçãodaGeraçãoFotovoltaicaDistribuídanoBrasil-CondicionantesImpactosVF(Revisada).pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (cont.)

- GAZOLI, J. R.; VILLALVA, M. G.; GUERRA, J. Energia solar fotovoltaica - Introdução. **Revista O Setor Elétrico**, São Paulo, n. 81, p. 48-59, out. 2012.
- PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: < http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/05.04.14.11/doc/atlas_solar-reduced.pdf >. Acesso em: 26 jun. 2016.
- [PROENÇA, 2007] PROENÇA, E. D. R. B. **A energia solar fotovoltaica em Portugal: Estado-da-arte e perspectivas de desenvolvimento**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (cont.)

- MIT. **The future of solar energy – An interdisciplinary MIT study.** Disponível em: <http://mitei.mit.edu/system/files/MIT%20Future%20of%20Solar%20Energy%20Study_compressed.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- CRESESB. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicas.** Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2016.
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). **PHOTOVOLTAICS REPORT.** Disponível em: <<https://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/aktuelles/photovoltaics-report-in-englischer-sprache.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.