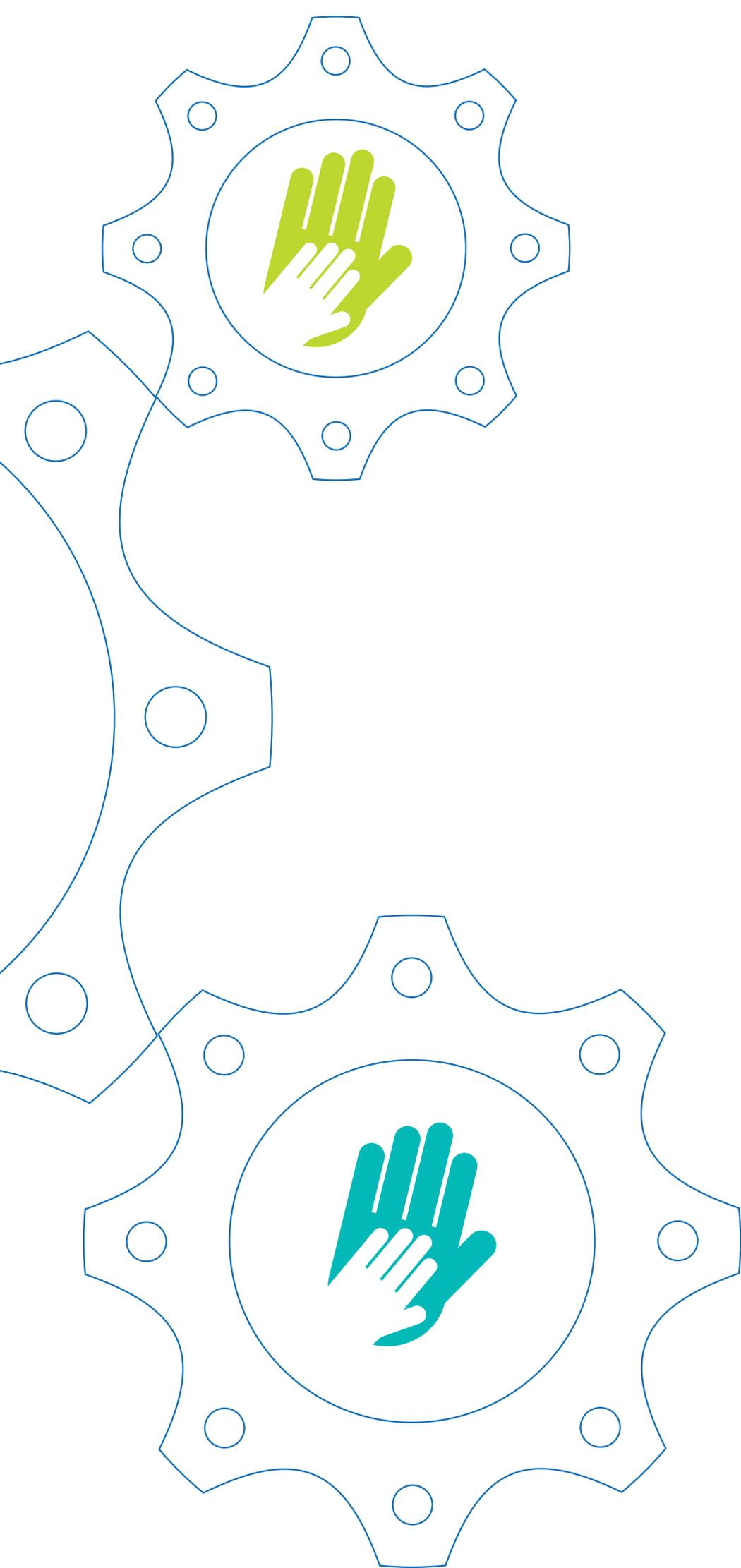




# Cadeia de Valor da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

Projeto  
Plataforma

**SEBRAE**





## CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

© 2017 Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae  
Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998).

### **Informações e contatos**

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae  
Unidade de Atendimento Setorial – Indústria  
SGAS 605 – Conjunto A – CEP 70200-904 – Brasília/DF  
Telefone: 0800 570 0800  
www.sebrae.com.br

### **Presidente do Conselho Deliberativo Nacional**

Robson Braga de Andrade

### **Diretor-Presidente**

Guilherme Afif Domingos

### **Diretora Técnica**

Heloisa Regina Guimarães de Menezes

### **Diretor de Administração e Finanças**

Vinicius Lages

### **Unidade de Atendimento Setorial – Indústria**

#### **Gerente**

Kelly Cristina Valadares de Pinho Sanches

#### **Gerente Adjunta**

Analuiza de Andrade Lopes

#### **Equipe Técnica**

Camila M. A. Gontijo  
Ana Carolina Toledo

### **CELA – Clean Energy Latin America**

### **Unidade de Desenvolvimento de Produtos e Cultura Empresarial**

#### **Gerente**

Mirela Malvestiti

### **Gerente Adjunta**

Olívia Castro

### **Editoração**

Lourdes Hungria  
Luciana Rodrigues

### **Revisão Ortográfica**

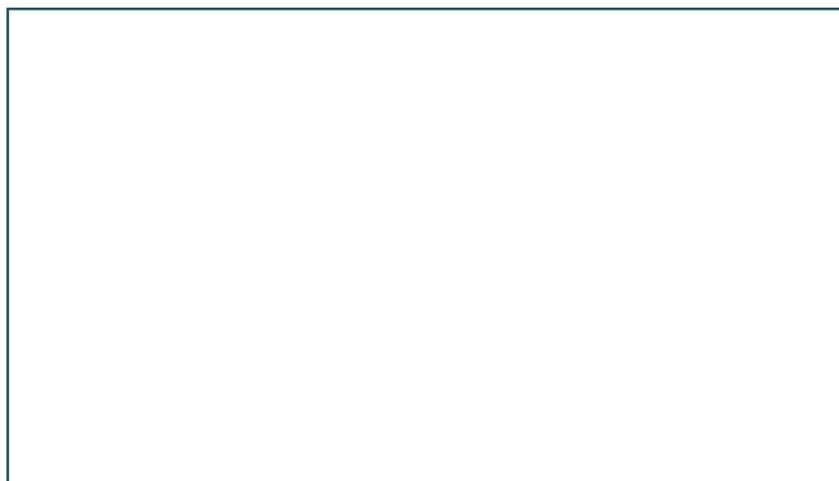
Discovery - Formação Profissional Ltda. - ME

### **Projeto gráfico**

Vanessa Farias Kassabia

### **Diagramação**

Jéssica Martins





# Apresentação

No âmbito do Projeto Plataforma de Colaboração para a Difusão e Implantação de Iniciativas de Apoio às Micro e Pequenas, fruto de parceria firmada com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI), foram realizados cinco grandes estudos técnicos sobre cadeias de valor estratégicas para a indústria nacional. Uma delas é a de Energia Solar Fotovoltaica (ESFV), objeto deste documento.

A ESFV é uma fonte de energia limpa, que aproveita a radiação solar para gerar eletricidade, de forma distribuída ou centralizada. Nos próximos anos, esse tipo de energia deve crescer e se fortalecer, no Brasil e no mundo. O barateamento da tecnologia, a crescente preocupação com o meio ambiente, a abundância do recurso solar em muitos pontos do planeta e a melhoria da eficiência dos materiais utilizados pela indústria são alguns dos fatores que contribuirão para a difusão da ESFV.

Esse prognóstico, contudo, não elimina os desafios, especialmente para os pequenos negócios. É nesse cenário que se insere o Projeto Plataforma. Ao reunir informações sensíveis sobre o segmento, estruturá-las, apontar tendências e traçar projeções, o Projeto contribui para o fortalecimento da rede de apoio necessária ao salto quantitativo e qualitativo que se espera por parte das empresas que compõem a cadeia nos próximos anos.

O Projeto Plataforma se configura em uma das principais ferramentas auxiliares ao planejamento de intervenções em prol dos pequenos negócios, considerando um cenário de crise, em que o diferencial competitivo das micro e pequenas empresas – e também dos microempreendedores – será cada vez mais decisivo.

Esperamos que as próximas páginas sejam inspiradoras e que tragam insumos para a elaboração de planos de ação locais e regionais. Boa leitura.



# Lista de figuras

Figura 1. Fluxograma da energia, armazenamento e destruição .....	14
Figura 2. Fluxograma da cadeia solar fotovoltaica .....	25
Figura 3. Bens da cadeia de valor da energia fotovoltaica .....	28
Figura 4. Amostra de silício grau metalúrgico e lâmina de silício grau solar .....	29
Figura 5. Lingotes e lâminas de silício .....	31
Figura 6. Células fotovoltaicas .....	38
Figura 7. Peças de alumínio.....	40
Figura 8. Estrutura de uma moldura de um módulo fotovoltaico .....	49
Figura 9. Vidro especial.....	62
Figura 10. Pistola de silicone .....	67
Figura 11. Filme enapsulante .....	73
Figura 12. Backsheet de um modo fotovoltaico.....	73
Figura 13. Caixa de junção de um módulo fotovoltaico .....	74
Figura 14. Exemplos de módulos fotovoltaicos .....	74
Figura 15. Módulo fotovoltaico de filme fino .....	75
Figura 16. Outros componentes e equipamentos do sistema fotovoltaico .....	75
Figura 17. String box.....	76
Figura 18. Cabos de conexão para módulo fotovoltaico .....	77
Figura 19. Tubos de aço .....	77
Figura 20. Pistola supercola utilizada para fixação de módulos .....	78
Figura 21. Estrutura metálica de um módulo fotovoltaico.....	78
Figura 22. Inversor.....	79
Figura 23. Medidor fotovoltaico .....	79
Figura 24. Banco de baterias de geração distribuída e geração centralizada.....	80
Figura 25. Controlador de carga e descarga .....	80
Figura 26. Interface de um sistema de monitoramento .....	80
Figura 27. Sistema solar fotovoltaico de geração distribuída .....	80
Figura 28. Sistema solar fotovoltaico de geração centralizada .....	80
Figura 29. Radiação solar no plano horizontal, média anual e diária .....	80
Figura 30. Radiação solar diária no plano inclinado no Brasil .....	80
Figura 31. Produção de energia elétrica global ao final de 2015.....	80
Figura 32. Crescimento da capacidade instalada solar fotovoltaica global, 2015.....	80
Figura 33. Sistemas fotovoltaicos individuais .....	80
Figura 34. Sistemas fotovoltaicos de mini e microgeração distribuída - Possibilidades com a REN.....	80
Figura 35. Procedimentos e etapas de acesso.....	80
Figura 36. Estados que já aderiram ao convênio ICMS 16/2015.....	80
Figura 37. Regras de conteúdo local de módulos fotovoltaicos BNDES .....	80
Figura 38. Regras de conteúdo local de sistemas fotovoltaicos BNDES.....	80
Figura 39. Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil .....	80
Figura 40. Cadeia produtiva de principais equipamentos do segmento fotovoltaico no Brasil* .....	80
Figura 41. Foto da fábrica de módulos fotovoltaicos da Canadian Solar em Sorocaba .....	80
Figura 42. Empresas de principais serviços do segmento fotovoltaico no Brasil* .....	80
Figura 43. Mapeamento de startups, incubadoras e aceleradoras* .....	80
Figura 44. Filme OPV da Sunew .....	80
Figura 45. Mapa dos projetos fotovoltaicos operacionais e distribuidoras por estado .....	80
Figura 46. Mapa do sistema de transmissão brasileiro, horizonte 2015 .....	80
Figura 47. Concentração de empresas da cadeia produtiva solar fotovoltaica no Brasil* .....	80
Figura 48. Foto fábrica de módulos fotovoltaicos da Canadian Solar em Sorocaba.....	80
Figura 49. Foto fábrica de seguidores solares da Nexttracker em Sorocaba .....	80
Figura 50. Diversas tecnologias de armazenamento, classificadas pela potência, taxa de descarga .....	80
Figura 51. Redes inteligentes - Possibilitando soluções conectadas à nuvem.....	80

Figura 52. Mercados que utilizam ou planejam utilizar leilões solares, 2017 .....	80
Figura 53. Condomínio solar da Enel Soluções para a farmácia Pague Menos no Ceará .....	191
Figura 54. Sistema fotovoltaico da Greenyellow no telhado do Assaí Atacadista, no MatoGrosso .....	192
Figura 55. Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil .....	197
Figura 56. Perspectivas de risco país em fevereiro de 2016 .....	216
Figura 57. Ranking de atratividade de investimentos em energias renováveis por país em outubro de 2016 .....	220
Figura 58. Principais áreas de apoio para pequenos negócios na cadeia de valor da energia renovável .....	239

## Lista de gráficos

Gráfico 1. Capacidade instalada da energia fotovoltaica no mundo, 2000 a 2015 (GWac) .....	43
Gráfico 2. Participação dos segmentos de energia solar fotovoltaica no mundo em 2015.....	44
Gráfico 3. Cenários de capacidade solar fotovoltaica instalada no mundo até 2020 (GWac).....	45
Gráfico 4. Matriz elétrica global em 2040 e incrementos anuais de 2015 até 2040 (14.216 GWac).....	46
Gráfico 5: Matriz elétrica brasileira de 2016 (150,6 GWac)*. ....	47
Gráfico 6. Número de conexões e capacidade instalada de geração distribuída solar fotovoltaica acumulada .....	48
Gráfico 7. Divisão de micro e minigeradores solares fotovoltaicos em número de instalações por classe de consumo em 2016 .....	49
Gráfico 8. Potência dos projetos vencedores dos leilões de energia solar fotovoltaica no Brasil (MWac) ....	53
Gráfico 9. Ranking de empresas vencedoras dos leilões de energia solar fotovoltaica no Brasil (MWac)* ..	54
Gráfico 10. Matriz elétrica brasileira - Projeção para 2040 (400,0 GWac) .....	55
Gráfico 11. Capacidade instalada de geração solar fotovoltaica do SIN e na geração distribuída em 2030 (256,5 GWac) .....	56
Gráfico 12. Crescimento instalada solar fotovoltaica no Brasil (GWac).....	57
Gráfico 13. Investimento global em energia renovável, por setor (US\$ bilhões) .....	58
Gráfico 14. Investimento em energia renovável no Brasil, 2004 – 2016 (US\$ milhões).....	58
Gráfico 15. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração fotovoltaica centralizada no Brasil (GWac).....	60
Gráfico 16. Projeções de investimentos acumulados em projetos de geração solar fotovoltaica centralizada no Brasil em valores de janeiro 2017 (R\$ bilhões) .....	61
Gráfico 17. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica distribuída no Brasil (GWac).....	62
Gráfico 18. Projeções de investimentos acumulados em geração solar fotovoltaica distribuída no Brasil em valores de janeiro 2017 (R\$ bilhões) .....	63
Gráfico 19. Potência instalada de geração solar distribuída por estado em dezembro de 2016 .....	162
Gráfico 20. Número de conexões de geração solar distribuída por estado em dezembro de 2016.....	162
Gráfico 21. Tamanho médio das instalações de geração distribuída por estado em dezembro de 2016 .....	163
Gráfico 22. Distribuidoras com maior número de conexões em geração solar distribuída em geração solar de 2016.....	164
Gráfico 23. Distribuidoras com maior potência conectada em geração solar distribuída em dezembro de 2016.....	164
Gráfico 24. Desenvolvimento de eficiência de células fotovoltaicas em laboratório .....	176
Gráfico 25. Comparação das eficiências de diferentes tecnologias de módulos e células fotovoltaicas.....	177
Gráfico 26. Eficiência de diferentes tecnologias em escala comercial de módulos fotovoltaicos .....	178
Gráfico 27. Tarifa de eletricidade versus custo da geração solar distribuída - Paridade tarifária .....	183
Gráfico 28. Curva de experiência da energia solar fotovoltaica .....	183
Gráfico 29. Queda no preço de venda da energia solar em leilões no mundo, 2015-2016 .....	184
Gráfico 30. Modalidade das novas instalações fotovoltaicas residenciais nos Estados Unidos .....	186
Gráfico 31. Participação do Brasil nas exportações e no valor adicionado mundial de produtos manufaturados (%) .....	218
Gráfico 32. Produtividade do trabalho relativa efetiva da indústria de transformação (índice, 2000 = 100)..	218
Gráfico 33. Evolução do custo médio da energia elétrica para a indústria (R\$/MWh) .....	219
Gráfico 34. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica no Brasil (GWac)	221
Gráfico 35. Horas gastas com o cumprimento de obrigações tributárias por empresas.....	226
Gráfico 36. Taxa de câmbio R\$/US\$ de 01 Set. 2013 aa 09 Mar. 2017 .....	228
Gráfico 37. Porte das empresas solares fotovoltaicas na Austrália, 2013.....	241

Gráfico 38. Participação em valor dos principais componentes do sistema fotovoltaico.....	244
Gráfico 39. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica centralizada e distribuída no Brasil (GWac) .....	245
Gráfico 40. Projeções do valor total de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional e internacional a partir dos projetos em valores de janeiro (R\$ bilhões)* .....	246
Gráfico 41. Projeções do valor acumulado de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional - Cenário de nacionalização da cadeia "Greenpeace" em valores de janeiro de 2017 (R\$ bilhões)* .....	247
Gráfico 42. Projeções do valor acumulado de investimentos de valor da energia solar fotovoltaica nacional - Cenário de nacionalização "base" em valores de janeiro de 2017 (R\$ bilhões)* .....	248
Gráfico 43. Projeções do valor acumulado de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional - Cenário de nacionalização "conservador" em valores de janeiro de 2017 (R\$ bilhões)* .....	249
Gráfico 44. Participação da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica na economia brasileira de 2017 a 2040 em valores de janeiro de 2017.....	250
Gráfico 45. Tamanho do mercado de tecnologias limpas em países em desenvolvimento entre 2014 e 2023, por tamanho do negócio .....	252
Gráfico 46. Tamanho do mercado de tecnologias limpas para pequenos e médios negócios na América Latina entre 2014 e 2023.....	253
Gráfico 47. Valor agregado na cadeia de valor da energia renovável global, por segmento .....	255

## Lista de tabelas

Tabela 1. Comparação da eficiência e participação de mercado das diferentes tecnologias fotovoltaicas ....	24
Tabela 2. Módulos fotovoltaicos de classe 1 .....	30
Tabela 3. Capacidade fotovoltaica contratada no Brasil por leilões .....	49
Tabela 4. Projetos vencedores dos leilões de energia solar fotovoltaica por estado .....	50
Tabela 5. Projeções da geração distribuída fotovoltaica.....	56
Tabela 6. Linha BNDES FINEM – Geração de energia .....	80
Tabela 7. Linha BNDES FINEM – Geração de energia para ler agosto e novembro de 2015 .....	80
Tabela 8. Linha BNDES FINEM – Eficiência energética.....	81
Tabela 9. Linha BNDES automático segmentos prioritários e MPME investimento .....	82
Tabela 10. Linha FNE verde e FNE sol.....	83
Tabela 11. Linha FNO Amazônia sustentável.....	84
Tabela 12. Linha FCO empresarial .....	84
Tabela 13. Bancos multilaterais de desenvolvimento .....	85
Tabela 14. Export Credit Agencies .....	86
Tabela 15. Debêntures de infraestrutura.....	88
Tabela 16. Linha BNDES FINEM – Apoio à produção de bens de capital .....	89
Tabela 17. Linha BNDES FINAME – BK Produção .....	90
Tabela 18. Linha BNDES FINEM – Apoio à engenharia nacional.....	90
Tabela 19. Linha BNDES FUNTEC .....	91
Tabela 20. Linha FNE industria.....	91
Tabela 21. Linhas cartão BNDES.....	92
Tabela 22. Linha BNDES FINAME – BK aquisição .....	93
Tabela 23. Linha BNDES microcrédito – Empreendedor .....	93
Tabela 24. Programa ABC .....	94
Tabela 25. Santander – CDC eficiência energética .....	94
Tabela 26. BNB – CDC sol .....	94
Tabela 27. Banco do Brasil – Proger urbano empresarial.....	95
Tabela 28. Banco do Brasil – Proger turismo investimento.....	95
Tabela 29. CEF – Programa BCD ecoeficiência PJ .....	95
Tabela 30. CEF – Construcard.....	96
Tabela 31. Producard caixa empresa.....	96
Tabela 32. PE solar .....	97

Tabela 33. Banco do Brasil – Consórcio verde .....	97
Tabela 34. Consórcio nacional solar.....	97
Tabela 35. Consórcio solar blue sol.....	98
Tabela 36. Dsesenvole SP – Economia verde.....	98
Tabela 37. FUNDES – Economia verde.....	98
Tabela 38. Goiás fomento – Crédito produtivo energia solar .....	99
Tabela 39. AGERIO – Ecoeficiência.....	99
Tabela 40. CELESC – Bônus eficiente linha fotovoltaica.....	99
Tabela 41. SICREDI – Financiamento para energia solar.....	100
Tabela 42. PRONAF eco .....	100
Tabela 43. PRONAF maíãs alimentos .....	101
Tabela 44. Agricultura irrigada paulista.....	101
Tabela 45. Desenvolvimento regional sustentável paulista .....	101
Tabela 46. FAMPE.....	102
Tabela 47. BNDES FGI.....	103
Tabela 48. Funproger .....	103
Tabela 49. Mecanismo de garantia de eficiência energética .....	103
Tabela 50. Linha BNDES FINEM – Inovação.....	104
Tabela51. Linha BNDES MPME inovadora .....	105
Tabela 52. Linha BNDES inovagro .....	105
Tabela 53. FINEP inovação.....	106
Tabela 54. FINEP inovacred .....	107
Tabela 55. FNE inovação.....	108
Tabela 56. Desenvolve SP – Linha de incentivo à inovação .....	108
Tabela 57. Desenvolve SP – Linha de incentivo à tecnologia .....	109
Tabela 58. Equipamentos da cadeia fotovoltaica no Brasil .....	124
Tabela 59. Serviços da cadeia fotovoltaica no Brasil.....	125
Tabela 60. Fabricantes de módulos fotovoltaicos no Brasil .....	128
Tabela 61. Fabricantes de estruturas metálicas, seguidores/trackers no Brasil .....	129
Tabela 62. Fabricantes de inversores no Brasil.....	130
Tabela 63. Fabricantes de string box no Brasil.....	130
Tabela 64. Fabricantes de medidores no Brasil .....	131
Tabela 65. Fabricantes de sistemas de armazenamento/baterias no Brasil.....	131
Tabela 66. Fabricantes de controladores de carga no Brasil .....	131
Tabela 67. Fabricantes desistemas de monitoramento no Brasil .....	132
Tabela 68. Fabricantes de células de filmes finos no Brasil.....	132
Tabela 69. Fabricantes de cabeamento no Brasil.....	132
Tabela 70. Fabricantes de componentes elétricos no Brasil.....	133
Tabela 71. Fabricantes de policarbonato no Brasil .....	134
Tabela 72. Fabricantes de aço no Brasil.....	135
Tabela 73. Fabricantes de alumínio no Brasil.....	135
Tabela 74. Fabricantes de silicone para vedação no Brasil.....	136
Tabela 75. Emprase de editoração no Brasil.....	138
Tabela 76. Empresas de licenciamento ambiental no Brasil .....	139
Tabela 77. Empresas de avaliação de recurso solar no Brasil.....	140
Tabela 78. Empresas de engenharia atuantes no segmento fotovoltaico no Brasil.....	141
Tabela 79. Empresas distribuidoras de equipamentos e kits fotovoltaicos no Brasil.....	142
Tabela 80. Empresas integradoras de sistemas FV/instaladores – Geração distribuída no Brasil.....	143
Tabela 81. Empresas de desenvolvimento de projetos para geração centralizada no Brasil.....	144
Tabela 82. Empresas de EPC no Brasil – Geração centralizada .....	145
Tabela 83. Produtores de energia fotovoltaica no Brasil – Geração centralizada .....	146
Tabela 84. Empresas de operação e manutenção fotovoltaica no Brasil .....	147
Tabela 85. Starups focadas em novas tecnologias .....	154
Tabela 86. Startups focadas em modelos de negócios .....	155
Tabela 87. Incubadoras no Brasil .....	156
Tabela 88. Aceleradoras no Brasil .....	157
Tabela 89. Programas de empresas para startups.....	159
Tabela 90. Cocentração de empresas da cadeia produtiva solar fotovoltaica no Brasil .....	173
Tabela 91. Forças competitivas da cadeia do silício metalúrgico no segmento solar fotovoltaico brasileiro	198
Tabela 92. Forças competitivas da cadeia do acrílico e policarbonato no segmento solar fotovoltaico	

brasileiro .....	198
Tabela 93. Forças competitivas da cadeia de filmes finos no segmento solar fotovoltaico brasileiro.....	199
Tabela 94. Forças competitivas da cadeia da moldura no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	199
Tabela 95. Forças competitivas da cadeia do silicone de vedação no segmento solar fotovoltaico brasileiro 200	200
Tabela 96. Forças competitivas da cadeia do módulo no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	200
Tabela 97. Forças competitivas da cadeia do alumínio no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	201
Tabela 98. Forças competitivas da cadeia do cabeamento e componentes elétricos no segmento solar fotovoltaico brasileiro.....	201
Tabela 99. Forças competitivas da cadeia das colas e outros adesivos no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	202
Tabela 100. Forças competitivas da cadeia da estrutura metálica e do seguidor solar no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	202
Tabela 101. Forças competitivas da cadeia do string box no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	203
Tabela 102. Forças competitivas da cadeia do inversor no segmento solar fotovoltaico brasileiro.....	204
Tabela 103. Forças competitivas da cadeia do medidor no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	205
Tabela 104. Forças competitivas da cadeia do sistema de monitoramento no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	205
Tabela 105. Forças competitivas da cadeia do sistema de armazenamento no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	206
Tabela 106. Forças competitivas da cadeia do controlador de carga e descarga mp segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	206
Tabela 107. Forças competitivas da cadeia do distribuidor de equipamentos/kits no segmento solar fotovoltaico brasileiro.....	207
Tabela 108. Forças competitivas da cadeia do desenvolvedor de projetos/integrador de sistemas no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	208
Tabela 109. Forças competitivas da cadeia do fornecedor de EPC no segmento solar fotovoltaico brasileiro 209	209
Tabela 110. Forças competitivas da cadeia do produtor de energia no segmento solar fotovoltaico brasileiro 210	210
Tabela 111. Forças competitivas da cadeia de operação e manutenção no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	211
Tabela 112. Forças competitivas da cadeia de editoração e publishing no segmento solar fotovoltaico brasileiro.....	212
Tabela 113. Forças competitivas da cadeia dos agentes financiadores no segmento fotovoltaico brasileiro 213	213
Tabela 114. Forças competitivas da cadeia das seguradoras no segmento fotovoltaico brasileiro .....	214
Tabela 115. Forças competitivas da cadeia de assessorias e consultorias (licenciamento ambiental, avaliação de recurso solar, consultoria técnica e de engenharia, modelagem financeira e financiamento, treinamento e capacitação) no segmento solar fotovoltaico brasileiro .....	215
Tabela 116. Ranking de atratividade de investimentos em projetos de energia de baixo carbono .....	220
Tabela 117. Valor do investimento em sistema fotovoltaico de geração distribuída de 75 KWp com módulo importado (base Mar. 2017) .....	223
Tabela 118. Valor do investimento em sistema fotovoltaico de geração distribuída de 75 KWp com módulo montado no Brasil (base Mar. 2017).....	224
Tabela 119. Diagnóstico de competitividade no Brasil versus mercado internacional: módulos fotovoltaicos.....	231
Tabela 120. Diagnóstico de competitividade no Brasil versus mercado internacional: outros componentes e equipamentos do sistema fotovoltaico .....	231
Tabela 121. Diagnóstico de competitividade no Brasil versus mercado internacional: serviços .....	232
Tabela 122. Complementariedade na cadeia nacional para atuação na cadeia solar fotovoltaica - bens .....	234
Tabela 123. Complementariedade na cadeia nacional para atuação na cadeia solar fotovoltaica -serviços. ....	237
Tabela 124. Cenário de taxas de nacionalização da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica .....	243
Tabela 125. Participação da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica na economia brasileira em 2016 .....	250
Tabela 126. Oportunidades para o pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica - Serviços .....	254
Tabela 127. Oportunidades para o pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica - Bens .....	258
Tabela 128. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos -Integração de sistemas .....	260

Tabela 129. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Consultoria ambiental..	260
Tabela 130. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos – Consultoria jurídica.....	261
Tabela 131. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Consultoria tributária ....	262
Tabela 132. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos -Consultoria fundiária .....	262
Tabela 133. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Assessoria financeira...	263
Tabela 134. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Avaliação de recurso solar .....	263
Tabela 135. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Consultoria técnica/ engenharia .....	264
Tabela 136. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Treinamento e capacitação .....	264
Tabela 137. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - EPC e O&M.....	265
Tabela 138. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Editoração.....	265
Tabela 139. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Sistemas de monitoramento .....	266
Tabela 140. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos - Fornecedores de fornecedores.....	266

## Lista de siglas e abreviaturas

°C – Grau Celsius
µm – Micrômetro
µ-Si – Silício Micro Amorfo
a.a. – Ao ano
a.m. – Ao mês
ABB – Asea Brown Boveri
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABEAMA – Associação Brasileira de Energias Alternativas e Meio Ambiente
ABENS – Associação Brasileira de Energia Solar
ABGD – Associação Brasileira de Geração Distribuída
ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica
ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
AC – Corrente Alternada (do inglês Alternating Current)
ACL – Ambiente de Contratação Livre
ACORE – American Council on Renewable Energy
ACR – Ambiente de Contratação Regulado
AEE – Advanced Energy Economy
AFEAM – Agência de Fomento do Estado do Amazonas
AFRMM – Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante
AGEFEPE – Agência de Fomento do Estado de Pernambuco
Agehab – Agência Goiana de Habitação
AgeRio – Agência Estadual de Fomento do Rio de Janeiro
AIE/IEA – Agência Internacional de Energia (do inglês International Energy Agency)
AmE – Amazonas Distribuidora de Energia
ANBIMA – Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
Anpei – Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
Anprotec – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores
APEX – Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos
a-Si – Silício Amorfo
BACEN – Banco Central do Brasil
Badesul – Banco de Desenvolvimento do Estado do Rio grande do Sul
BLS – Bureau of Labor Statistics
BANAGRO – Banco do Agronegócio Familiar

BANDEIRANTE – Bandeirante Energia  
BANDES – Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo  
BASA – Banco da Amazônia  
BB – Banco do Brasil  
BCD – Bens de Consumo Duráveis  
BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais  
BID/IDB – Banco Interamericano de Desenvolvimento (do inglês Inter-American Development Bank)  
BNB – Banco do Nordeste do Brasil  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
BNDESPar – BNDES Participações  
BNP – Banque Nationale de Paris  
BOVESA – Boa Vista Energia  
BRB – Banco de Brasília  
BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul  
BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul  
CAF – Banco de Desenvolvimento da América Latina  
Capex – Investimento em Bens de Capital (do inglês Capital Expenditure)  
CCD – Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão  
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica  
CCT – Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão  
CDC – Crédito Direto ao Consumidor  
CDI – Certificado de Depósito Interbancário  
CdTe – Telureto de Cádmiio  
CEA – Companhia de Eletricidade do Amapá  
CEAL – Eletrobrás Distribuição Alagoas  
CEB – Companhia Energética de Brasília  
CEEE – Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica  
CEF – Caixa Econômica Federal  
CELA – Clean Energy Latin America  
Celesc – Centrais Elétricas de Santa Catarina  
CELG-D – Centrais Elétricas de Goiás  
CELPA – Centrais Elétricas do Pará  
CELPE – Companhia Energética de Pernambuco  
CEMAR – Companhia Energética do Maranhão  
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais  
CEMIRIM – Cooperativa de Eletrificação e Desenvolvimento da Região de Mogi Mirim  
CEPISA – Companhia Energética do Piauí  
CERNE – Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia  
CERON – Centrais Elétricas de Rondônia  
CERR – Companhia Energética de Roraima  
CESCE – Compañía Española de Seguros de Crédito a la Exportación  
C-EXIM – Chinese Import-Export Bank  
CFLO – Companhia Força e Luz do Oeste  
CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco  
CHESP – Companhia Hidrelétrica São Patrício  
CIEMAT – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
CIS/CIGS – Cobre, Índio e Gálio Seleneto  
CNEE – Companhia Nacional de Energia Elétrica  
CNI – Confederação Nacional da Indústria  
CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica  
CNPq – Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
COCEL – Companhia Campolarguense de Energia  
COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia  
COELCE – Companhia Energética do Ceará  
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
COGEN – Associação Brasileira de Cogeração de Energia  
CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária  
COOPERALIA – Cooperativa Aliança  
COPEL – Companhia Paranaense de Energia  
COPEL-d – Companhia Paranaense de Energia Distribuição  
COSERN – Companhia Energética do Rio Grande do Norte

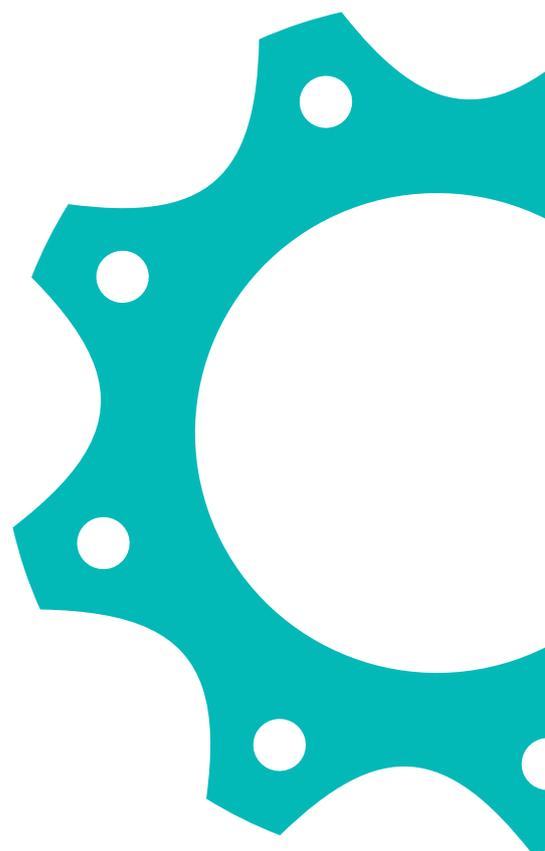
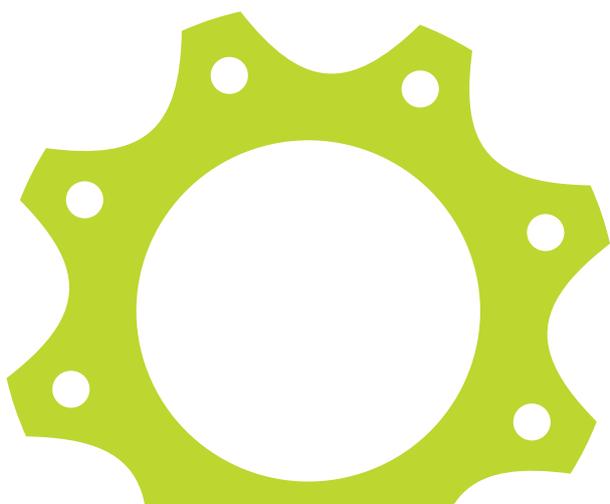
CPF – Cadastro de Pessoa Física  
CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz  
CREST – Center for Renewable Energy Systems Technology  
c-Si – Silício Cristalino  
CSP – Concentrated Solar Power  
CTPES – Cadastro de Terras com Potencial Eólico e Solar  
CUSD – Contrato de Usos do Sistema de Distribuição  
CVU – Custo Variável Unitário  
DC – Corrente Contínua (do inglês Direct Current)  
DEMEI – Departamento Municipal de Energia de Ijuí  
DERs – Recursos de Energia Distribuída (do inglês Distributed Energy Resources)  
Desenbahia – Agência de Fomento da Bahia  
Desenvolve AL – Agência de Fomento de Alagoas  
Desenvolve SP – Agência de Desenvolvimento Paulista  
DLC – Carbono Tipo Diamante  
DMED – DME Distribuição  
EBO – Energisa Borborema Distribuidora de Energia  
ECAs – Agências de Crédito à Exportação (do inglês Export Credit Agencies)  
EDEVP – Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema  
EDP – Energias de Portugal  
EDP-ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétricas  
EEB – Empresa Elétrica Bragantina  
EEGM – Mecanismo de Garantia de Eficiência Energética  
EFLJC – Empresa Força e Luz João Cesa  
EFLUL – Empresa Força e Luz Urussanga  
EFLUL – Empresa Força e Luz Urussanga  
EIA-RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente  
ELEKTRO – Elektro Eletricidade e Serviços  
ELETROACRE – Eletrobrás Distribuição Acre  
ELETROCAR – Centrais Elétricas de Carazinho  
ELETROPAULO – Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo  
ELFSM – Estado são a Empresa Luz e Força Santa Maria  
EMG – Energisa Minas Gerais  
EMS – Energisa Mato Grosso do Sul Distribuidora de Energia  
EMT – Energisa Mato Grosso Distribuidora de Energia  
ENEL COELCE – ENEL Distribuição Ceará  
ENEL-AMPLA – Ampla Energia e Serviços  
ENF – Energisa Nova Friburgo  
EPB – Energisa Paraíba Distribuidora de Energia  
EPC – Empresas de Desenho, Engenharia, Compras e Construção (do inglês Engineering, Procurement and Construction)  
EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas  
ESE – Energisa Sergipe Distribuidora de Energia  
ETO – Energisa Tocantins Distribuidora de Energia  
EVA – Etileno Acetato de Vinila (do inglês Ethylene-Vinyl Acetat)  
EX-IM Bank – Export-Import Bank of the United States  
FAMPE – Fundo de Aval às Micro e Pequenas Empresas  
FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais  
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
FAT – Fundo de Amparo do Trabalhador  
Fator N – Fator de Nacionalização  
FBCF – Formação Bruta de Capital Fixo  
FCO – Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste  
FEAP – Fundo de Expansão do Agronegócio Paulista  
FEN – Fundo de Energia do Nordeste  
FESC – Fundo de Energia do Sudeste e Centro-Oeste  
FGI – Fundo Garantidor de Investimentos  
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  
FIDC – Fundos de Investimento em Direitos Creditórios  
Fieb – Federação das Indústrias do Estado da Bahia  
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FI-FGTS – Fundo de Investimento do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  
FINAME – Financiamento de Máquinas e Equipamentos  
FINEM – Financiamento a Empreendimento  
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos  
FIPs – Fundos de Investimento em Participação  
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro  
FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
FNE – Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste  
FNO – Fundo Constitucional de Financiamento do Norte  
FORCEL – Força e Luz Coronel Vivida  
FSA Caixa – Fundo Socioambiental Caixa  
Funcet – Fundo Estadual Científico e Tecnológico  
FUNDES – Fundo de Desenvolvimento Econômico do Espírito Santo  
Fundo Clima – Fundo Nacional sobre Mudança do Clima  
FUNPROGER – Fundo de Aval para Geração de Emprego e Renda  
Funtec – Fundo Tecnológico  
Furnas – Furnas Centrais Elétricas  
FV – Fotovoltaica  
FV-UFSC – Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina  
GaN – Nitreto de gálio  
GD – Geração Distribuída  
GEF – Fundo Global para o Meio Ambiente  
GFM – Geradores Fotovoltaicos Móveis  
GIZ – Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit  
GLC – Carbono Semelhante A Grafite  
Goiás Fomento – Agência de Fomento de Goiás  
GSL – Grüner Strom Label e.V.  
GW – Giga Watt  
GWA – Giga Watt ac  
GWp – Giga Watt pico  
HIDROPAN – Hidroelétrica Panambi  
HJT – Heterojunção (do inglês Heterojunction Technologies)  
IBC – Interdigitated Back Contact Solar Cells  
IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia  
ICE – Inovação em Cidadania Empresarial  
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços  
ICSD – Índice de Cobertura do Serviço da Dívida  
ICT – Instituições Científicas e Tecnológicas  
IDEAL – Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina  
IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente  
IENERGIA – Iguaçu Energia  
IFC – International Finance Corporation  
IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais  
II – Imposto de Importação  
INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia  
INCT-EREEA – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia  
INCT-NAMITEC – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos  
INES – Instituto Nacional de Engenharia de Superfícies  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Energéticas  
INPEs – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo  
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados  
IPP – Instituto Pereira Passos  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano  
IR – Imposto de Renda  
IRENA – International Renewable Energy Agency  
ISO – International Organization for Standardization  
ISSQN – Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza

ITBI – Imposto de Transferência de Bens Imóveis  
JP – Jovem Pesquisador  
kV – Kilo Volt  
kW – Kilo Watt  
KWh – Quilo Watt por Hora  
LABSOL-UFRGS – Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
LAJIDA – Lucro antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização  
LER – Leilão de Energia de Reserva  
LES-GEDAE – Laboratório de Energia Solar do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas  
Libor – London InterBank Offered Rate  
LIGHT – Light Serviços de Eletricidade  
LPF-UNICAMP – Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas da Universidade Estadual de Campinas  
LSF-IEE/USP – Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo  
MA – Módulos de Avaliação  
MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação  
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior  
MEC – Ministério da Educação e Cultura  
MI – Ministério da Integração Nacional  
MIGDI – Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica  
mm – Milímetro  
MMA – Ministério de Meio Ambiente  
MME – Ministério de Minas e Energia  
MP – Medida Provisória  
MPME – Micro, Pequena e Média Empresa  
MT Fomento – Agência de Fomento do Mato Grosso  
MUXENERGIA – Muxfeldt Marin & Cia  
MW – Mega Watt  
MWp – Mega Watt Pico  
NDB – New Development Bank  
NEXI – Nippon Export and Investment Insurance  
Nord/LB – Norddeutsche Landesbank  
NREL – National Renewable Energy Laboratory  
NT-Solar PUC-RS – Núcleo de Tecnologia em Energia Solar da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
O&M – Operação e Manutenção  
OAB – Ordem dos Advogados do Brasil  
OCDE ou OECD – Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico  
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável  
OEI – Organização dos Estados Ibero-americanos  
ONG – Organização Não Governamental  
ONS – Operador Nacional do Sistema  
ONU – Organização das Nações Unidas  
OPIC – Overseas Private Investment Corporation  
OPV – Filmes Finos Orgânicos (do inglês Organic Photovoltaics)  
OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público  
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento  
PADIS – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores  
PASEP – Programa de Integração Social e do Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público  
PCH – Pequena Central Hidrelétrica  
PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PIB – Produto Interno Bruto  
PIS – Programa de Integração Social  
PJ – Pessoa Jurídica  
PLC – Carbono Polimérico  
PNE – Plano Nacional de Energia  
PNP – Plano de Nacionalização Progressiva  
PNUD – Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas  
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional  
ProGD – Programa de Geração Distribuída  
PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar  
Pró-Solar – Política Estadual de Incentivo à Geração e ao Uso da Energia Solar  
PUC-Rio – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
PUC-RS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
RADAR – Rastreamento da Atuação dos Intervenientes Aduaneiros  
REC – Renewable Energy Corporation  
RECs – Certificados de Energia Renovável  
REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura  
REN – Resolução Normativa  
REN 482 – Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012  
REN 493 – Resolução Normativa ANEEL nº 493, de 5 de junho de 2012  
REN 687 – Resolução Normativa ANEEL nº 687, de 24 de novembro de 2015  
RGE – Rio Grande Energia  
RGE SUL – RGE Sul Distribuidora de Energia  
SCEE – Sistema de Compensação de Energia Elétrica  
SDEC – Secretaria de Desenvolvimento Econômico  
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  
Secima – Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos  
SEDEIS – Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços do Governo do estado do Rio de Janeiro  
SEIA – Solar Energy Industries Association  
SEMPETQ – Secretaria de Micro e Pequena Empresa, Trabalho e Qualificação  
SERIS – Solar Energy Research Institute of Singapore  
Serviço da Dívida – Amortização da dívida somada ao pagamento de juros  
Si – Silício  
SIBRATEC – Sistema Brasileiro de Tecnologia  
SIGFI – Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente  
SILÍCIO GM/SI-GM – Silício Metalúrgico  
SIN – Sistema Integrado Nacional  
SIO2 – Dióxido de Silício  
SPE – Sociedades de Propósito Específico  
SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia  
SUDECO – Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste  
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste  
SULGIPE – Companhia Sul Sergipana de Eletricidade  
ta-C – Carbono Amorfo Tetraédrico  
TE – Tarifa de Energia Elétrica  
TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação  
TJPL – Taxa de Juros de Longo Prazo  
TR – Taxa Referencial  
TUSD – Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição  
TUST – Tarifas de Uso do Sistema de Transmissão  
UCS – Universidade de Caxias do Sul  
UEA – Universidade do Estado do Amazonas  
UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
UFBa – Universidade Federal da Bahia  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
UFU – Universidade Federal de Uberlândia  
UFV – Universidade Federal de Viçosa  
UHENPAL – Usina Hidroelétrica Nova Palma  
Unicamp – Universidade Estadual de Campinas  
UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná  
UNSW – University of New South Wales  
USP – Universidade de São Paulo

UV – Radiação Ultravioleta  
V – Volt  
VRES – Valores Anuais de Referência Específicos  
W – Watt  
WCRE – World Council for Renewable Energy  
Wp – Watt Pico  
WWF-Brasil – World Wildlife Fund-Brasil

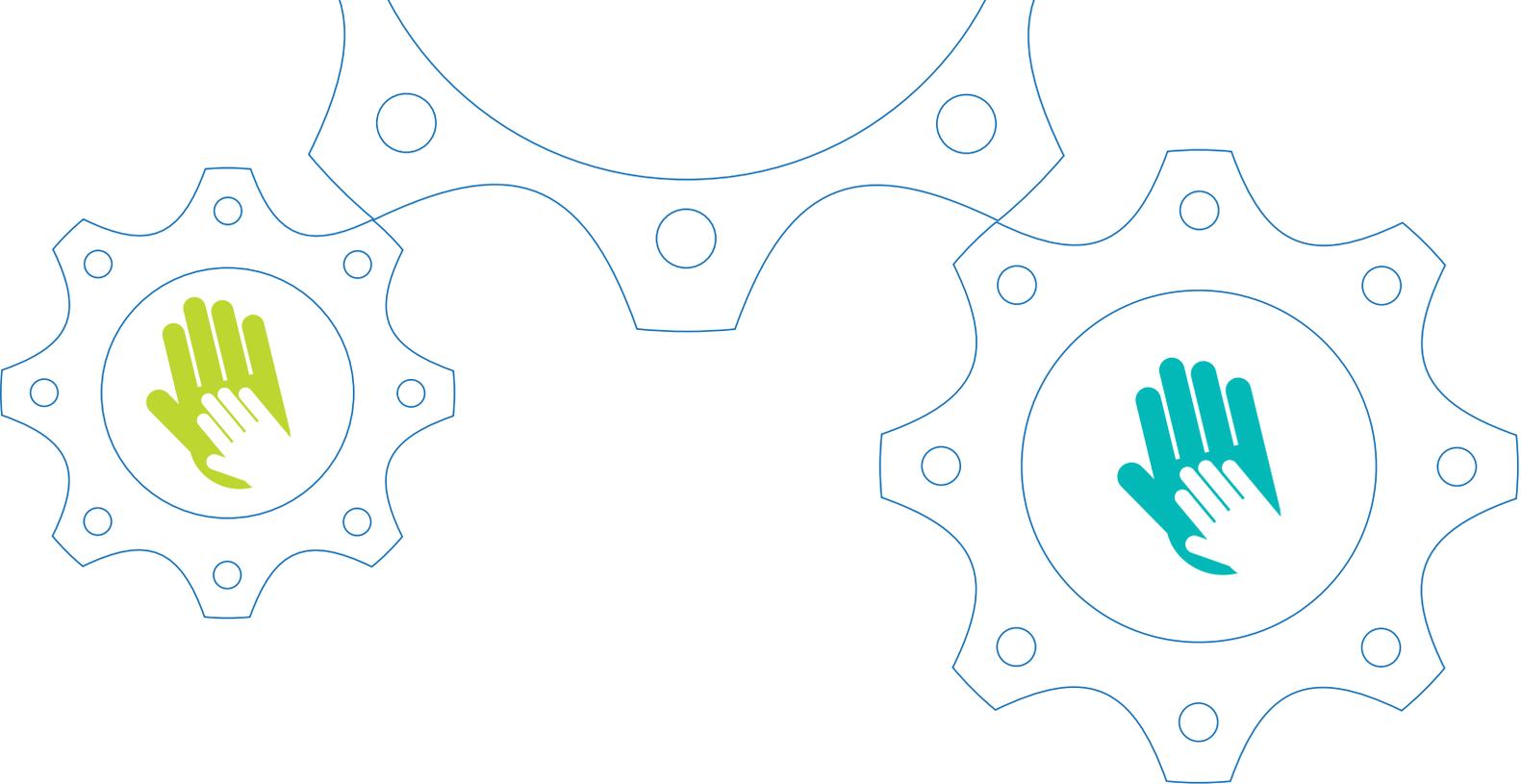




# Sumário

<b>1. A CADEIA DE VALOR MUNDIAL DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>8</b>
1.1 Energia solar .....	14
1.2 A cadeia de valor fotovoltaica .....	14
<b>2. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL E NO BRASIL.....</b>	<b>10</b>
2.1 Potencial fotovoltaico .....	14
2.2 Capacidade instalada .....	14
2.3 Investimento .....	14
2.4 Geração de emprego .....	14
<b>3. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL .....</b>	<b>24</b>
3.1 Regulamentação .....	25
3.2 Tributação e incentivos fiscais .....	28
3.3 Impactos regulatórios aos pequenos negócios .....	29
<b>4. FINANCIAMENTO PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>46</b>
4.1 Apoio financeiro a projetos geradores de energia fotovoltaica .....	49
4.2 Apoio financeiro à cadeia de suprimentos .....	14
4.3 Apoio financeiro a micro e pequenas empresas e pessoas físicas.....	14
4.4 Programas e projetos de P&D&I.....	14
4.5 Impactos das políticas e financiamento aos pequenos negócios .....	14
<b>5. INSTITUIÇÕES DE APOIO ATUANTES NA CADEIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>52</b>
5.1 Associações.....	62
5.2 Institutos de ensino e pesquisa .....	62
5.3 Organizações Não Governamentais (ONGs).....	62
5.4 Outras instituições.....	62
<b>6. ATIVIDADES DE VALOR, BENS E SERVIÇOS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL .....</b>	<b>64</b>
6.1 Bens da cadeia fotovoltaica .....	67
6.2 Serviços da cadeia fotovoltaica.....	62
<b>7. MAPEAMENTO DAS EMPRESAS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....</b>	<b>72</b>
7.1 Empresas com presença no Brasil - bens.....	73
7.2 Empresas com presença no Brasil -serviços .....	73

7.3	Oportunidades para o pequeno negócio.....	79
<b>8.</b>	<b>MAPEAMENTO DE STARTUPS NA CADEIA DE NEGÓCIOS NO BRASIL.....</b>	<b>94</b>
8.1	Conceito de startup.....	97
8.2	Startups focadas em novas tecnologias.....	100
8.3	Startups focadas em novos modelos de negócios.....	103
8.4	Outras oportunidades para startups brasileiras.....	104
8.5	Apoio de empresas e instituições a startups.....	114
<b>9.</b>	<b>MAPA DE INSERÇÃO DO SEGMENTO FOTOVOLTAICO NA CADEIA DO SETOR ELÉTRICO.....</b>	<b>116</b>
	Centro-Oeste.....	97
	Nordeste.....	97
	Norte.....	97
	Sudeste.....	97
	Sul.....	97
<b>10.</b>	<b>POTENCIAIS POLOS DA CADEIA PRODUTIVA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....</b>	<b>120</b>
	São Paulo e Minas Gerais.....	122
	Nordeste.....	125
	Sul.....	127
	Demais regiões.....	127
<b>11.</b>	<b>TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>130</b>
11.1	Células fotovoltaicas.....	97
11.2	Módulos.....	100
11.3	Inversores.....	103
11.4	Sistemas de armazenamento/baterias.....	104
11.5	Sistemas de monitoramento e operação e manutenção.....	114
11.6	Sistemas e casas inteligentes.....	114
<b>12.</b>	<b>TENDÊNCIAS DE MERCADO E ANÁLISE DAS MOVIMENTAÇÕES ESTRATÉGICAS DE MERCADO.....</b>	<b>134</b>
12.1	Tendências de mercado.....	97
12.2	Análise das movimentações estratégicas de mercado.....	100
<b>13.</b>	<b>ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....</b>	<b>142</b>
13.1	Forças competitivas na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil.....	97
13.2	Indicadores de competitividade (cadeia brasileira versus internacional).....	100
13.3	Lacunas de competitividade e gargalos produtivos da cadeia no Brasil.....	100
13.4	Diagnóstico da competitividade da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil versus mercado internacional.....	100
<b>14.</b>	<b>POTENCIALIDADES NA CADEIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....</b>	<b>146</b>
14.1	Complementariedade na cadeia nacional.....	147



14.2	Melhores práticas para inserção de pequenos negócios na cadeia fotovoltaica.....	148
14.3	Cenários e projeções da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil.....	150
<b>15.</b>	<b>OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL PARA O PEQUENO NEGÓCIO E SUA INSERÇÃO NA CADEIA .....</b>	<b>154</b>
15.1	Principais desafios e oportunidades na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil para os pequenos negócios.....	159
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>193</b>



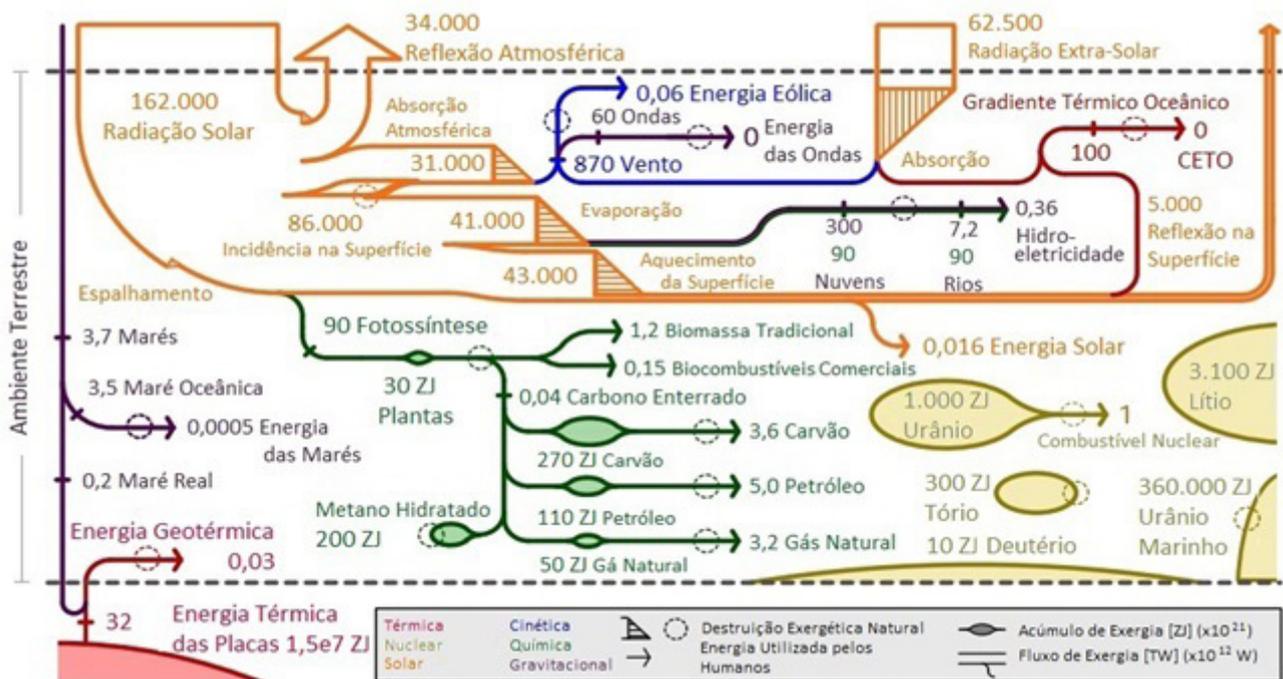


# A cadeia de valor mundial de energia solar fotovoltaica

# 1.1 Energia solar

O sol é a fonte de energia mais abundante no mundo. A radiação solar atinge todos os cantos da superfície terrestre e é capaz de gerar energia elétrica suficiente para atender à demanda global atual em 10 mil vezes continuamente (Estados Unidos, 2016). A energia solar pode ser utilizada em qualquer lugar na superfície do planeta e no espaço, e não envolve nenhum custo de combustível, além de ser limpa e sustentável, pois sua geração não envolve emissões de gases de efeito estufa e sua fonte é renovável. O sol gera energia nas horas de maior demanda, capacitando uma tecnologia comprovada, visto que é utilizada há mais de 60 anos, possibilitando a geração distribuída (GD), sendo facilmente instalada em lugares remotos e de diversas características, com baixa complexidade de implementação e abundância dos materiais que compõem seus equipamentos.

Figura 1. Fluxograma da energia, armazenamento e distribuição

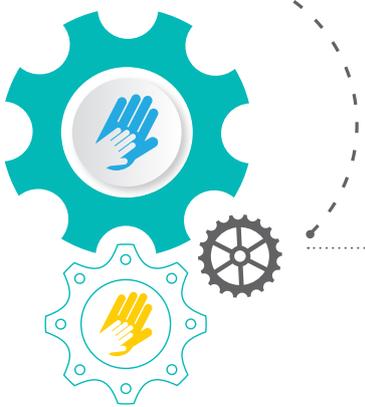


FONTE: HERMANN E SIMON, 2007.

A energia solar pode ser dividida em três principais grupos: energia solar química, solar térmica e solar fotovoltaica.

## Energia solar química

A energia solar química pode ser gerada por meio de diversos processos que geram energia pela absorção da luz do sol em uma reação química similar à fotossíntese nas plantas, sem a utilização de organismos vivos. Nenhuma tecnologia solar química é ainda comercialmente viável, e os processos solares químicos são relativamente desconhecidos na indústria de energia renovável hoje.



## Energia solar térmica

A energia solar térmica é uma tecnologia conhecida, de baixo custo, amplamente utilizada e altamente eficiente. Ela utiliza a energia do sol para geração de energia térmica (calor). Sistemas de aquecimento solar utilizam módulos solares, os chamados coletores, que utilizam o calor do sol para aquecimento de água, que é armazenada em cilindros de água quente. Sistemas de aquecimento solar podem ser utilizados para aquecimento de água, aquecimento de residências, e processos industriais de aquecimento e resfriamento.

A energia solar térmica também pode ser utilizada para produção de eletricidade: o sol aquece um fluido (normalmente óleo sintético) que move um sistema que produz eletricidade. Dependendo do processo, o fluido é aquecido a 400-600° C e a eletricidade é produzida em uma turbina a vapor. Outra tecnologia que utiliza energia solar térmica para produção de eletricidade é a utilização de refletores parabólicos (espelhos curvados ou torres que concentram a luz do sol), que fervem a água e produzem vapor, como a tecnologia Concentrated Solar Power (CSP), entre outras. São tecnologias mais caras e economicamente viáveis em regiões, como o deserto do Atacama, do Saara, entre outras, nas quais é possível produção em larga escala.

## Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é a mais utilizada no mundo para a produção de eletricidade e é o objeto deste estudo. Células fotovoltaicas convertem energia solar diretamente em eletricidade pelo processo de conversão da luz (fótons) em eletricidade (elétrons), o chamado efeito fotovoltaico, descoberto em 1839.

Os módulos fotovoltaicos utilizados hoje em casas e usinas fotovoltaicas são feitos de células solares laminadas em módulos ou filmes, que podem ser conectados ou não à rede de distribuição de energia elétrica. Como exemplo prático, uma residência típica familiar utiliza entre cinco e 10 módulos fotovoltaicos para gerar eletricidade para toda a casa. Os módulos podem ser montados em um ângulo fixo ou sobre estruturas de apoio que seguem o sol (seguidores solares ou trackers), que possibilitam a captura de mais irradiação e, conseqüentemente, gerando mais eletricidade.

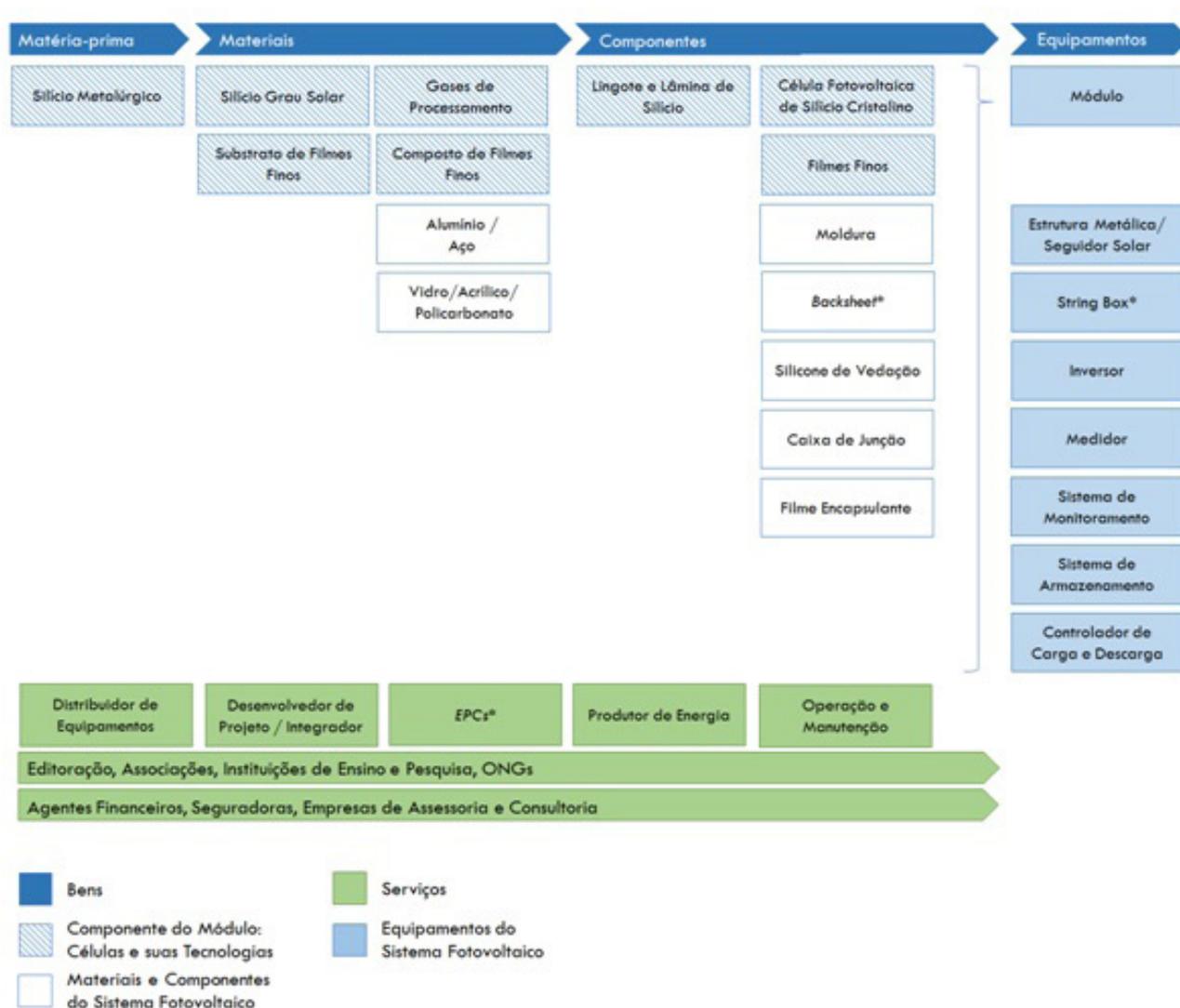
## 1.2 A cadeia de valor fotovoltaica

A cadeia de valor solar fotovoltaica compreende a cadeia produtiva (fabricantes e fornecedores de bens – equipamentos, componentes e materiais), além de todos os serviços relacionados ao segmento, como por exemplo: associações, agentes financiadores, instituições de ensino e pesquisa,

## 1. A CADEIA DE VALOR MUNDIAL DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

empresas de consultoria e engenharia, distribuição de equipamentos, desenvolvimento de projetos, fornecedores do inglês Engineering, Procurement and Construction (EPC), que fornecem serviço de desenho/engenharia, compras e construção, e operação e manutenção (O&M) de sistemas e usinas fotovoltaicas.

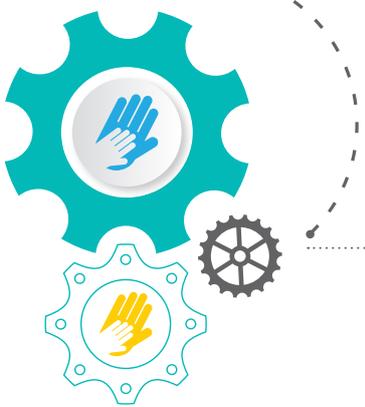
Figura 2. Fluxograma da cadeia solar fotovoltaica



NOTA:

\*A DEFINIÇÃO DE BACKSHEET, STRING BOX E EPC ESTÃO NAS PÁGINAS 13, 16 E 23, RESPECTIVAMENTE.

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA



## Principais tecnologias fotovoltaicas

### CÉLULAS FOTOVOLTAICAS DE SILÍCIO CRISTALINO (c-Si)

As células fotovoltaicas tradicionais são feitas de silício, normalmente chatas, e geralmente as mais eficientes para o uso comercial em massa. Esta é a tecnologia mais utilizada hoje no mundo, sendo dividida em dois grupos principais: células fotovoltaicas de silício monocristalinas e multicristalinas. As células monocristalinas têm uma estrutura de cristal homogênea e seu processo produtivo é mais caro do que o processo produtivo das células multicristalinas, porém têm maior eficiência de conversão de energia. As células multicristalinas com estruturas de cristal não homogêneas utilizam menos energia em seu processo produtivo e conseqüentemente são mais baratas.

### CÉLULAS DE FILMES FINOS

Células de filme fino são geralmente divididas em três principais grupos: amorfas (a-Si e  $\mu$ -Si), telureto de cádmio (CdTe) e cobre, índio e gálio seleneto (CIGS/CIS). As células fotovoltaicas de filme fino utilizam camadas de materiais semicondutores extremamente finas. Uma vantagem desta tecnologia é que ela pode ser utilizada em substratos rígidos ou flexíveis, o que possibilita que seja utilizada também em superfícies e aplicações diversas.

O filme fino é geralmente menos eficiente na conversão de luz do sol para eletricidade hoje, logo, módulos fotovoltaicos cristalinos utilizam menos espaço do que módulos de filme fino para produzir a mesma quantidade de eletricidade. Células mono e multicristalinas no mercado hoje têm uma eficiência de conversão média global entre 12,0% e 25,6%. Algumas tecnologias de filme fino podem ter a metade dessa eficiência. No entanto, a tecnologia de filme fino tem avançado rapidamente, atingindo eficiência máxima de 21,0%.

Tabela 1. Comparação da eficiência de mercado das diferentes tecnologia fotovoltaicas

Tecnologia	Eficiência da célula	Eficiência do módulo	Participação de mercado**
<b>Silício cristalino</b>			<b>92,5%</b>
Monocristalino	13 a 25,6% *	21,0%	24,5%
Multicristalino	11 a 20,8% *	12 a 17,0%	68,0%
<b>Filme fino</b>			<b>7,5%</b>
Silício Amorfo (a-Si/ $\mu$ -Si)	4 a 20,4% *	8,1% ***	0,5%
Cádmio Telúrio (Cd-Te)	10 a 21,0% *	9 a 16% **	5%
Cobre Índio Gálio (di) Seleno (CIGS e CIS)	10 a 20,5% *	16 a 22% *	2,0%

NOTAS:

\* EFICIÊNCIA MÁXIMA DE CÉLULAS TESTADAS PELO NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL) NOS ESTADOS UNIDOS. EXISTEM OCORRÊNCIAS DE EFICIÊNCIAS MAIORES EM REGIÕES COMO A AMÉRICA LATINA POR EXEMPLO, ATINGINDO EFICIÊNCIAS DE ATÉ 32% COM CÉLULAS MULTICRISTALINAS (FONTE: NREL, 2016).

\*\* PARTICIPAÇÃO DA TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO ANUAL EM 2015. (FONTE: FRAUNHOFER IINSTITUTE, 2016).

\*\*\* NÃO CONSIDERA OUTRAS TECNOLOGIAS, COMO PROTOCRISTALINO, NANOCRISTALINO, SILÍCIO NEGRO E CÉLULAS FOTOVOLTAICAS ORGÂNICAS (FONTE: MAEHLUM, 2015).

## Bens da Cadeia de Valor da Energia Solar Fotovoltaica: Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos a partir de células fotovoltaicas de silício cristalino são produzidos com a utilização dos seguintes materiais e componentes:

Figura 3. Bens da cadeia de valor da energia solar



FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

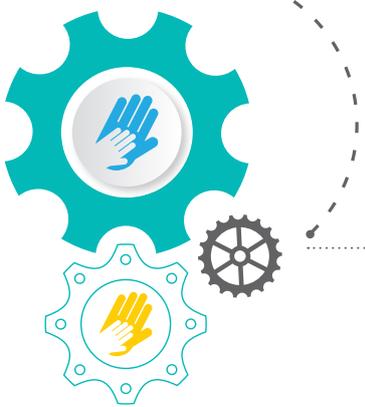
## SILÍCIO METALÚRGICO E SILÍCIO GRAU SOLAR

Figura 4. Amostra de silício grau metalúrgico e lâmina de silício grau solar



Silício é o oitavo elemento mais comum no universo em termos de massa, mas muito raramente ocorre como elemento puro na natureza. Está presente em poeiras, areias e em planetas (no universo), em várias formas de "silicatos". Mais de 90% da crosta terrestre é composta por minerais silicatos, fazendo do silício o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre (28% da massa da Terra), somente atrás do oxigênio.

Para a produção do silício metalúrgico (Silício GM ou Si-GM), também denominado silício metálico, é realizada a redução do dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), presente nos silicatos, a altas temperaturas, que podem ser superiores a  $1.900^\circ\text{C}$ . A redução química pode ser definida como a diminuição da carga formal de uma determinada espécie química por consequência da transferência de elétrons oriundos de outra espécie química, conhecida como agente redutor. No caso da obtenção do silício metalúrgico, os agentes redutores são substâncias formadas por moléculas de carbono, como coque, semicoque ou coque de petróleo (Serodio, 2009). Alguns dos principais produtores de silício grau metalúrgico no mundo são: Elkem (Noruega), JFE Steel (Japão), Mississippi Silicon (Estados



Unidos), Renewable Energy Corporation (REC) (Singapura, Estados Unidos, Suíça e Noruega) e SunEdison (Estados Unidos).

Após o processo de redução, o silício metalúrgico em estado líquido se acumula no fundo do forno, podendo assim ser extraído, resfriado e refinado. Com um grau de pureza de até 99,5%, ele é utilizado como elemento de liga para outros metais, matéria-prima para a indústria química em geral e também para indústria de semicondutores e células fotovoltaicas. Alguns dos principais produtores de silício grau solar do mundo incluem: Elkem (Noruega), GCL (China), Hemlock (Estados Unidos), LDK Solar (China), REC (Singapura, Estados Unidos, Suíça e Noruega) e Wacker Chemie (Alemanha).

### LINGOTE E LÂMINA DE SILÍCIO

Um lingote é o material que é puxado (monocristalino) ou fundido (multicristalino) no formato propício para processamento. O silício líquido de grau solar é aquecido após seu ponto de fusão de 1.401°C e puxado em uma barra ou fundido em um bloco utilizando um método de resfriamento. O objetivo é obter uma estrutura mais coerente e homogênea, livre de certos elementos e impurezas que reduzem o efeito fotovoltaico da célula.

Os lingotes podem então ser processados novamente em blocos e cortados em lâminas de silício bem finas. Alguns dos maiores produtores de lingotes e lâminas de silício no mundo são: Elkem (Noruega), GCL (China), Hemlock (Estados Unidos), Jinglong (China), LDK Solar (China), ReneSola (China) e Yingli (China).

FONTES: <[HTTP://WWW.GREENMATCH.CO.UK/BLOG/2014/12/HOW-ARE-SOLAR-PANELS-MADE](http://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/12/how-are-solar-panels-made)> E <[HTTP://WWW.PIMAGAZINE-ASIA.COM/NEWS/SHUNFENG-CHINAS-NEW-MAJOR-SOLAR-PLAYER/](http://www.pimagazine-asia.com/news/shunfeng-chinas-new-major-solar-player/)>. ACESSO EM: 12 JAN.2017. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Figura 5. Lingotes e lâminas de silício



### GASES DE PROCESSAMENTO DE CÉLULAS

Os gases de processamento de células são aqueles utilizados para produção de silano e destilação do mesmo, e também para a transformação da lâmina de silício em célula fotovoltaica.

### CÉLULA FOTOVOLTAICA

Figura 6. Células fotovoltaicas



Uma célula solar fotovoltaica é um dispositivo semicondutor que converte a energia do sol diretamente em eletricidade, pelo efeito fotovoltaico. Dependendo da tecnologia utilizada, lâminas de silício são processadas em 15 a 20 passos de tratamentos químicos até chegar a uma célula fotovoltaica. Alguns dos maiores produtores de células fotovoltaicas no mundo são: Canadian Solar (Canadá/China), REC (Singapura, Estados Unidos, Suíça e Noruega), Suntech Solar (China, África do Sul, Alemanha, Austrália, Inglaterra e Japão), Trina Solar (China, Estados Unidos, Itália e Singapura) e Yingli (China).

FONTE: <[HTTP://WWW.CISEMI.COM/MARKETS](http://www.cisemi.com/markets)>. ACESSO EM: 12 JAN.2017.

## ALUMÍNIO

O alumínio tem função estruturante para o módulo fotovoltaico, sendo o material mais utilizado para a confecção da moldura. O alumínio se destaca pelo fato de ser leve e ainda assim ter resistência mecânica e corrosiva, que são essenciais em uma estrutura que fica exposta ao ambiente. Além disso, o alumínio é um dos materiais que podem ser reciclados ao fim da vida produtiva de um módulo fotovoltaico (Associação Brasileira do Alumínio, 2007). Alguns dos maiores produtores de alumínio no mundo são: Alcoa (Estados Unidos), Chalco (China), Hongqiao (China), Rio Tinto (Inglaterra) e UC Rusal (Rússia) (Statista, 2016).

Figura 7. Peças de alumínio



FONTE: <[HTTP://WWW.MANUTENCAOESUPRIMENTOS.COM.BR/CONTEUDO/7697-EXTRUSAO- DE- ALUMINIO/](http://www.manutencaoessuprimentos.com.br/conteudo/7697-extrusao-de-aluminio/)>. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

## MOLDURA

A moldura é responsável pelo enquadramento do módulo fotovoltaico, garantindo assim a robustez e a integridade deste. Os materiais utilizados na confecção das molduras podem ser de aço ou alumínio, além disso, silicones, colas e adesivos também são necessários para garantir a vedação e fixação. Alguns dos maiores produtores de molduras fotovoltaicas são: Hydro Aluminium (Noruega), Sunrise Power (China), Press Metal International Technology (China).

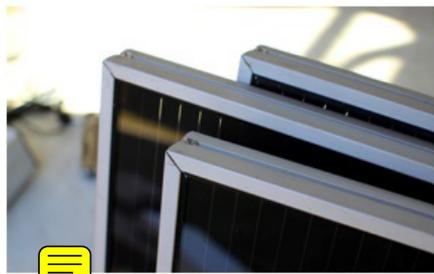


Figura 8. Estrutura de uma moldura de um módulo fotovoltaico

FONTE: <[HTTP://WWW.QUECURIOUS.COM/ WP-CONTENT/GALLERY/SOLAR- PANELS/CLO- SEUP- STACKED.JPG](http://www.quecurious.com/wp-content/gallery/solar-panels/clo-seup-stacked.jpg)>. ACESSO EM: 12 JAN. 2017.

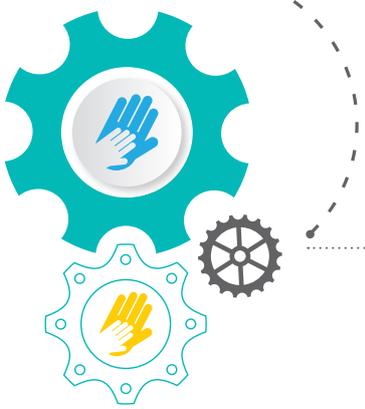
## VIDRO ESPECIAL

O vidro especial para módulo fotovoltaico tem como característica principal proteger as células fotovoltaicas de agressores externos. Ele é temperado e possui uma espessura que varia de 3,2 milímetros (mm) a 4,0 mm. Entretanto, para a elaboração de um módulo fotovoltaico é necessário que, além de características resistivas, o vidro apresente elevada absorção de luz. Para isso, utilizam-se vidros puros, com baixíssimo teor de ferro, e revestidos por uma substância antirreflexiva, que permite a absorção. Alguns dos maiores fornecedores desse componente são: DSM Advanced Surfaces (Holanda), Pilkington Group (Inglaterra) e Xinyi Glass (China).

Figura 9. Vidro especial



FONTE: <[HTTP://WWW.PORTALSOLAR.COM.BR/PASSO- A- PASSO- DA- FABRICACAO- DO- PAINEL- SOLAR.HTML](http://www.portalsolar.com.br/passos-a-passos-da-fabricacao-do-painel-solar.html)>. ACESSO 12 JAN. 2017.



## SILICONE DE VEDAÇÃO

O silicone de vedação tem como finalidade a proteção física e química do módulo fotovoltaico. Ele é comumente aplicado entre o vidro especial e a moldura, já que este pode ser um ponto de infiltração de água entre outras substâncias. Alguns dos maiores produtores de silicone de vedação do mundo são: ACC Silicones (Estados Unidos), Dow Corning (Estados Unidos) e Wacker Chemie (Alemanha).

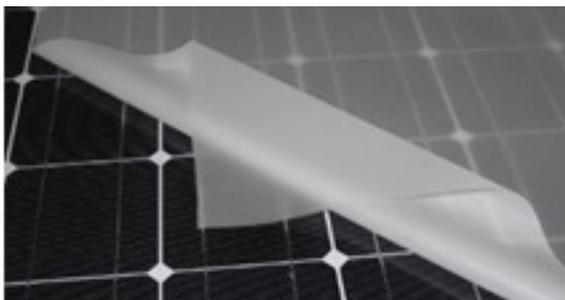
Figura 10. Pistola de silicone



FONTE: <[HTTP://PALACIODASFERRAMENTAS.BLOGSPOT.COM.BR/2012/02/VEDAR-COM-SILICONE.HTML](http://PALACIODASFERRAMENTAS.BLOGSPOT.COM.BR/2012/02/VEDAR-COM-SILICONE.HTML)>. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

## FILME EMCAPSULANTE

Figura 11. Filme encapsulante



FONTE: <[HTTP://WWW.TERAPEAK.COM/WORTH/550MM-X-12-METERS-PV-SOLAR-CELL-PANEL-EVA-FILM-FOR-SOLAR-PANEL-ENCAPSULATION/121954494600/](http://WWW.TERAPEAK.COM/WORTH/550MM-X-12-METERS-PV-SOLAR-CELL-PANEL-EVA-FILM-FOR-SOLAR-PANEL-ENCAPSULATION/121954494600/)>. ACESSO EM: 12 JAN. 2017.

O filme encapsulante é composto por materiais, como silicone, ou também por etileno acetato de vinila do inglês para Ethylene Vinyl Acetat (EVA), um material que é selante de cura rápida. Sua principal função é proteger as células fotovoltaicas contra o envelhecimento causado por raios ultravioleta, temperaturas extremas e umidade, além de assegurar que o máximo de luz visível atinja as células solares. Alguns dos maiores produtores deste componente no mundo incluem: 3M Renewable Energy (Estados Unidos), Bridgestone (Japão) e LG Chem (Coreia do Sul).

## BACKSHEET

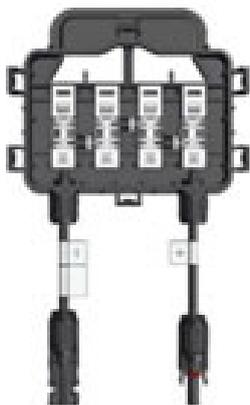
O backsheet tem a função de isolante elétrico, sendo responsável pela proteção dos componentes internos, mais precisamente das células fotovoltaicas. São fabricados de materiais poliméricos. Alguns dos maiores produtores desse material são: 3M Renewable Energy (Estados Unidos) e LG Chem (Coreia do Sul). É possível substituir essa camada por uma camada de vidro fotovoltaico, no caso de módulos vidro-vidro.

Figura 12. Backsheet de um módulo fotovoltaico



FONTE: <[HTTP://WWW.PORTALSOLAR.COM.BR/PASSO-A-PASSO-DA-FABRILACAO-DO-PAINEL-SOLAR.HTML](http://WWW.PORTALSOLAR.COM.BR/PASSO-A-PASSO-DA-FABRILACAO-DO-PAINEL-SOLAR.HTML)>. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

### CAIXA DE JUNÇÃO



A caixa de junção é responsável pela proteção elétrica do módulo fotovoltaico e apresenta cabos especiais, que são específicos para interconexão dos módulos instalados em um telhado. Outros componentes essenciais da caixa de junção são os materiais poliméricos. A caixa de junção está localizada atrás do módulo onde as células fotovoltaicas estão interconectadas eletricamente em série. Alguns dos maiores produtores mundiais de caixas de junção são: Jinko Solar (China), Mitsubishi Electric (Japão), SolarEdge Technologies (Israel) e Zhejiang Forsol Energy (China).

Figura 13. Caixa de junção de um módulo fotovoltaico

FONTE: <[HTTP://WWW.PORTALSOLAR.COM.BR/PASSO-A-PASSO-DA-FABRICACAO-DO-PAINELO-SOLAR.HTML](http://www.portalsolar.com.br/passos-a-passos-da-fabricacao-do-painel-solar.html)>. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

### MÓDULO FOTOVOLTAICO

Devido à baixa tensão de uma célula fotovoltaica individual, tipicamente 0,5 Volt (V), as células são conectadas em série. Diversas linhas com aproximadamente 60 células são então laminadas a vácuo em um laminador solar e uma caixa de junção é adicionada para a conexão elétrica. Os módulos solares podem ser laminados em várias combinações de vidro-vidro ou vidro com outros metais ou plásticos para aumentar sua eficiência. Os módulos podem ir de 1 Watt (W) até mais de 400 W de potência, fazendo da tecnologia fotovoltaica uma tecnologia realmente escalável e modular.

Figura 14. Exemplos de módulos fotovoltaicos



FONTE: <[HTTP://WWW.SUNENERGY.ECO.BR/INSTALACAO.PHP?MENU=INSTALACAO](http://www.sunenergy.eco.br/instalacao.php?menu=instalacao)>. ACESSO EM: 12 JAN. 2017.

A Bloomberg New Energy Finance (BNEF) classifica os produtores mundiais de módulos fotovoltaicos em 3 classes. A classe 1 (Tier 1) representa os principais fabricantes do mercado mundial, e a metodologia de classificação inclui: fabricantes que fornecem módulos de marca própria e fabricados por eles mesmos, para pelo menos cinco projetos, financiados sem garantia dos acionistas (garantia baseada em ativos do projeto) por pelo menos cinco diferentes bancos nos últimos dois anos. Os fabricantes classificados como classe 1 em 2016 pela Bloomberg são:

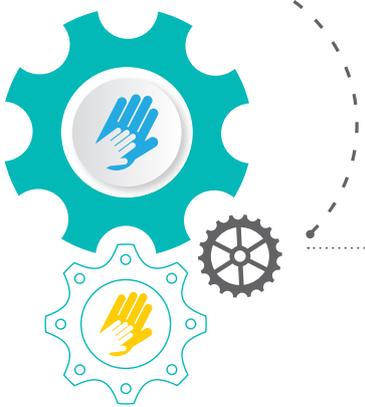


Tabela 2. Módulos fotovoltaicos de classe 1

Empresa	País de origem	Filiais industriais	Website
Jinko Solar	China	Malásia	<a href="http://www.jinkosolar.com/index.html?lan=pt">http://www.jinkosolar.com/index.html?lan=pt</a>
GCL	China		<a href="http://www.gcl-poly.com.hk/en/">http://www.gcl-poly.com.hk/en/</a>
Trina Solar	China	Estados Unidos, Itália e Singapura	<a href="http://www.trinasolar.com/us/">http://www.trinasolar.com/us/</a>
Canadian Solar	Canadá	China e Brasil	<a href="http://www.canadiansolar.com/">http://www.canadiansolar.com/</a>
Hanwa Q CELLS	Alemanha	Malásia, Coreia do Sul e China	<a href="https://www.hanwha-qcells.com/">https://www.hanwha-qcells.com/</a>
JA Solar	China	Malásia	<a href="http://www.jasolar.com/">http://www.jasolar.com/</a>
Risen Energy	China		<a href="http://www.risenenergy.com/en/">http://www.risenenergy.com/en/</a>
First Solar	Estados Unidos	Alemanha, Paquistão e Malásia	<a href="http://www.firstsolar.com/">http://www.firstsolar.com/</a>
Talesun	China		<a href="http://www.talesun-eu.com/">http://www.talesun-eu.com/</a>
Chint/Astronergy	China		<a href="http://en.chint.com/">http://en.chint.com/</a>
Hareon Solar	China		<a href="http://en.hareonsolar.com/">http://en.hareonsolar.com/</a>
Eging	China		<a href="http://www.egingpv.com/en">http://www.egingpv.com/en</a>
SunPower	Estado Unidos		<a href="https://us.sunpower.com/">https://us.sunpower.com/</a>
ZNShine Solar	China	Japão e África do Sul	<a href="http://en.znshinesolar.com/">http://en.znshinesolar.com/</a>
Renesola	China		<a href="http://www.renesola.com/">http://www.renesola.com/</a>
China Sunergy	China		<a href="http://www.csun-solar.com/">http://www.csun-solar.com/</a>
REC Solar	Estados Unidos	Singapura e Noruega	<a href="http://www.recgroup.com/en">http://www.recgroup.com/en</a>
Seraphim	Estados Unidos	China	<a href="http://www.seraphim-energy.com/en/">http://www.seraphim-energy.com/en/</a>
HT-SAAE	China		<a href="http://en.ht-saae.com/">http://en.ht-saae.com/</a>
Solar Frontier	Japão		<a href="http://www.solar-frontier.com/eng/">http://www.solar-frontier.com/eng/</a>
LG Chem	Coreia do Sul	Estados Unidos, China, Rússia, Alemanha, França, Japão e Índia	<a href="http://www.lgchem.com/">http://www.lgchem.com/</a>
Phono Solar	China		<a href="http://www.phonosolar.com/EN/Index.html">http://www.phonosolar.com/EN/Index.html</a>
ET Solar	China		<a href="http://www.etsolar.com/">http://www.etsolar.com/</a>
BYD	China	Brasil	<a href="http://www.byd.com/indexglobal.html/">http://www.byd.com/indexglobal.html/</a>

Hyundai Heavy	Coreia		<a href="http://www.hhib.com.br/pt/">http://www.hhib.com.br/pt/</a>
S-Energy	Coreia		<a href="http://www.s-energy.com/eindex.php">http://www.s-energy.com/eindex.php</a>
Vikram Solar	Índia		<a href="https://www.vikramsolar.com/">https://www.vikramsolar.com/</a>
Aleo Solar	Alemanha		<a href="http://www.aleo-solar.com/">http://www.aleo-solar.com/</a>
Heliene	Canadá		<a href="http://www.heliene.ca/">http://www.heliene.ca/</a>
Winaico	Taiwan		<a href="http://www.winaico.com/en/">http://www.winaico.com/en/</a>

FONTE: BNEF, 2015a.

Portanto, a China, que dispõe de fabricação própria desde o silício purificado até a fabricação de células e módulos fotovoltaicos, lidera a fabricação de módulos fotovoltaicos no mundo.

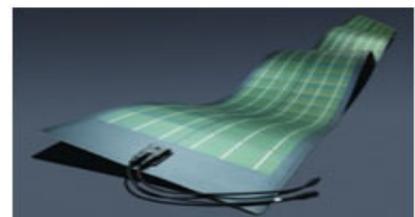
Apesar dos módulos tradicionais com a utilização de molduras e backsheets serem muito utilizados e difundidos, uma nova tecnologia sem a utilização desses componentes, denominada dual glass ou double glass, tem se expandido no ramo fotovoltaico. Isso porque em um módulo dual glass a célula fotovoltaica é fundida diretamente no vidro. Atualmente as empresas que produzem esse tipo de módulos incluem: BYD (China), Canadian Solar (Canadá), Onyx Solar (Espanha), Sharp (Japão) e Trina Solar (China) (Peng, 2016).

Além desses materiais, que podem ser comuns aos módulos fotovoltaicos cristalinos, ainda há materiais que são específicos para os módulos de filme fino, e que serão discutidos nas seções de filmes finos.

## FILMES FINOS

A célula fotovoltaica de filme fino tem como principal característica a sua espessura, que está na faixa de 1 micrômetro ( $\mu\text{m}$ ), sendo até 400 vezes mais fina que uma célula de silício cristalino. Essa tecnologia tem como principal objetivo reduzir os custos dos módulos fotovoltaicos, visto que utiliza uma quantidade de energia menor para a sua produção em comparação ao método tradicional. Alguns dos maiores produtores de células de filmes finos são: First Solar (Estados Unidos e Malásia), Global Solar Energy (Estados Unidos), Onyx Solar (Espanha), Sharp (Japão) e Suntech Solar (China).

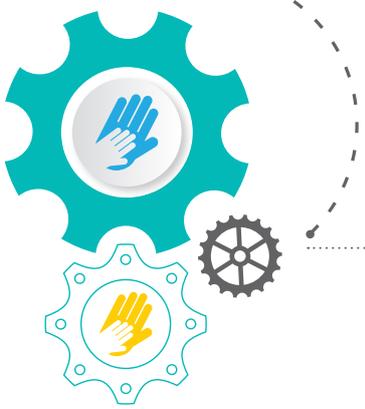
Figura 15. Módulo fotovoltaico de filme fino



FONTE: < [HTTPS://WWW.CNET.COM/NEWS/GLOBAL-SOLAR-ROLLS-OUT-STICK-ON-SOLAR-PANELS/](https://www.cnet.com/news/global-solar-rolls-out-stick-on-solar-panels/) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017

## SUBSTRATO DE FILME FINO

O substrato de filme fino é a superfície onde se aplica as finas camadas de compostos fotovoltaicos que darão origem à célula de filme fino. Os substratos são compostos basicamente por vidros e polímeros.



## COMPOSTOS DE FILME FINO

Os compostos de filme fino são as substâncias responsáveis pelo efeito fotovoltaico. Devido à sua estrutura, as células fotovoltaicas de filmes finos podem utilizar uma gama maior de substâncias para a sua confecção. Dentre esses produtos, pode-se destacar: telureto de cádmio em pó, cloreto de cobre 1, cloreto de cádmio, sulfeto de germânio, seleneto de cádmio em pó, silício amorfo, cobre, índio, selênio e células solares fotovoltaicas orgânicas.

## Bens da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica: outros componentes e equipamentos do sistema fotovoltaico

Outros componentes e equipamentos de um sistema fotovoltaico, além dos módulos, incluem:

Figura 16. Outros componentes e equipamentos do sistema fotovoltaico

String Box	Cabeamento e componentes: Elétricos	Alumínio/Aço	Cola e outros adesivos	Estrutura metálica/seguidor solar
Inversor	Medidor	Sistema de Armazenamento	Controlador de carga e descarga	Sistema de monitoramento

FONTE: CELA-CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## STRING BOX

A string box é conectada ao inversor de frequência e ao quadro de proteção da rede elétrica. Quando conectado ao lado da corrente contínua, do inglês Direct Current (DC), ele protege a instalação e os módulos fotovoltaicos contra descargas elétricas. Quando os dispositivos de segurança estão presentes na conexão com o lado da corrente alternada, do inglês Alternating Current (AC), ele realiza a proteção da instalação contra descargas atmosféricas. Importantes fabricantes mundiais de string box incluem: Asea Brown Boveri (ABB) (Suíça, Brasil e Portugal), Mersen (França), WEG (Brasil, Argentina, México, Estados Unidos, Áustria, Portugal, África do Sul, China, Alemanha e Índia), Schneider Electric (França) e SMA Solar (Alemanha).

Figura 17. String box



FONTE: < [HTTP://WWW.MINASOLAR.COM.BR/HOME/INDEX.PHP/2016-06-10-19-22-16/PHB-SOLAR](http://www.minasolar.com.br/home/index.php/2016-06-10-19-22-16/PHB-SOLAR) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

### CABEAMENTO E COMPONENTES ELÉTRICOS

Figura 18. Cabos de conexão para módulo fotovoltaico



FONTE: < [HTTP://WWW.MINASOLAR.COM.BR/HOME/INDEX.PHP/2016-06-10-19-22-16/PHB-SOLAR](http://www.minasolar.com.br/home/index.php/2016-06-10-19-22-16/PHB-SOLAR) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

Em um sistema fotovoltaico, o cabeamento tem funções que vão além da conexão elétrica, já que todo o sistema está exposto a intempéries e também ao fato do módulo fotovoltaico poder atingir altas temperaturas. Dentre essas funções que garantem a segurança da instalação, pode-se destacar: a máxima limitação da queda de tensão, a unipolaridade e o isolamento duplo dos cabos, a separação por polos em eletrodutos distintos e caixa de passagem, e o isolamento físico e térmico dos componentes. Outra característica importante dos cabos é que eles têm conectores específicos para conexões fotovoltaicas, do tipo MC4. Alguns dos maiores produtores mundiais desse cabeamento são: Atkore International (Estados Unidos), General Cable (Portugal) e ReneSola (China). Produtores de conectores fotovoltaicos incluem: Staubli Electrical Connectors (Suíça) e Mouser (Reino Unido).

### AÇO

O aço é uma das principais matérias-primas para a fabricação das estruturas metálicas que sustentam os módulos fotovoltaicos. Sua utilização é muito difundida para essa finalidade, pois o aço tem características como sua durabilidade e resistência à corrosão, visto que, na grande maioria das vezes, o sistema fotovoltaico fica totalmente exposto a ações do ambiente e também devido à sua maleabilidade e elasticidade, permitem que o material seja moldado de acordo com especificações estritas. Dentre as maiores empresas produtoras de aço no mundo, pode-se destacar: ArcelorMittal (Luxemburgo), Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation (Japão), Hebei Iron and Steel Group (China), Baosteel (China) e Wuhan Iron and Steel Group (China).

Figura 19. Tubos de aço



FONTE: < [HTTP://WWW.ACOFERA.COM.BR/NOTICIAS/CURIOSIDADES-O-AÇO](http://www.acofera.com.br/noticias/curiosidades-o-aço) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

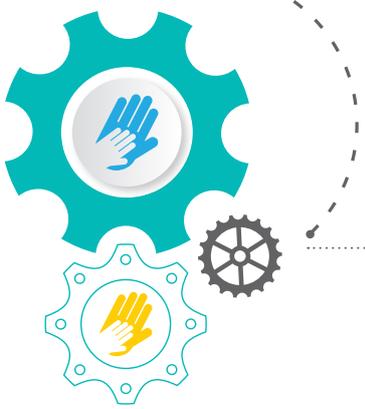
### COLAS E OUTROS ADESIVOS

Figura 20. Pistola de super cola utilizada para fixação de módulos



Colas e adesivos são utilizados principalmente na fixação do módulo fotovoltaico. Entretanto, sua utilização é muito específica e só é feita quando não há a possibilidade de fixar o equipamento à superfície desejada. Alguns dos maiores produtores desse tipo específico de cola são: 3M Renewable Energy (Estados Unidos), Henkel (Alemanha) e RPM International (Estados Unidos).

FONTE: < [HTTP://WWW.PORTALSOLAR.COM.BR/GUIA-RAPIDO-ESTRUTURA-DE-SUPOORTE-PARA-FIXACAO-DE-PAINEL-SOLAR-FOTOVOLTAICO.HTML](http://www.portalsolar.com.br/guia-rapido-estrutura-de-suporte-para-fixacao-de-painel-solar-fotovoltaico.html) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.



## ESTRUTURA METÁLICA E SEGUIDOR SOLAR

Os módulos são montados em estruturas de metal e conectados por cabos elétricos em diferentes superfícies. As instalações podem ter um ângulo fixo (estrutura fixa) ou sistema de seguidores ou rastreadores solares (trackers), que seguem o ângulo do sol, aumentando a produção de eletricidade. Seguidores são geralmente mais eficientes em regiões com forte irradiação direta, como é o caso do Brasil. A desvantagem dos seguidores é seu custo adicional de instalação, operação e manutenção, que pode ser compensado com o ganho de desempenho do sistema. Alguns dos maiores fabricantes de estruturas metálicas e seguidores solares no mundo incluem: NextTracker (Estados Unidos), Array Technologies (Estados Unidos), AllEarth Renewables (Canadá), STI Norland (Espanha) e Grupo Clavijo (Espanha) (Greentech Media, 2016c).

Figura 21. Estrutura metálica de um módulo fotovoltaico



FONTE: < [HTTP://WWW.FIRSTSOLAR.COM/EN/TECHNOLOGIES-AND-CAPABILITIES/MOUNTING-SYSTEMS](http://www.firstsolar.com/en/technologies-and-capabilities/mounting-systems) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

## INVERSOR

Figura 22. Inversor



FONTE: < [HTTP://SOLAR.SCHNEIDER-ELECTRIC.COM/PRODUCT/CONEXT-CORE-XC/](http://solar.schneider-electric.com/product/conext-core-xc/) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

A grande maioria dos sistemas fotovoltaicos realiza a conversão da DC produzida pela maioria dos módulos fotovoltaicos em AC, para permitir que o sistema fotovoltaico alimente eletricidade na rede elétrica com menores perdas. Essa conversão é feita por inversores, que limitam a voltagem para não mais que a voltagem da rede elétrica. O papel dos inversores é cada vez mais abrangente e importante no segmento, controlando cargas na rede, entre outras funcionalidades. Alguns dos maiores fornecedores de inversores do mundo são: Huawei (China), SMA Solar (Alemanha), Sungrow (China), Sineng (China), TMEIC (Japão), TBEA Sunoasis (China), ABB (Suíça), KStar (China), General Electric (Estados Unidos), SolarEdge Technologies (Israel), Schneider Electric (França) e Fronius (Áustria) (Greentech Media, 2016b).

## MEDIDOR FOTOVOLTAICO

Os medidores medem o número de unidades de eletricidade geradas pelo sistema fotovoltaico. Eles devem poder identificar unidades de eletricidade em ambas as direções (medidores bidirecionais) ou então dois medidores devem ser utilizados. Alguns dos maiores fabricantes de medidores no mundo são: General Electric (Estados Unidos), Schneider Electric (França) e SolarEdge Technologies (Israel).

Figura 23. Medidor fotovoltaico



FONTE: < [HTTPS://BRYAN.PIPEDOT.ORG/JOURNAL/2014-09-20/SOLAR-POWER-PART-2](https://bryan.pipedot.org/journal/2014-09-20/solar-power-part-2) >. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

### SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA/BATERIA

Figura 24. Banco de baterias de geração distribuída e geração centralizada



FONTES: <[HTTP://WWW.GREENMATCH.CO.UK/BLOG/2014/12/HOW-ARE-SOLAR-PANELS-MADE](http://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/12/how-are-solar-panels-made)> E <[HTTP://WWW.PIMAGAZINE-ASIA.COM/NEWS/SHUN-FENG-CHINAS-NEW-MAJOR-SOLAR-PLAYER/](http://www.pimagazine-asia.com/news/shun-feng-chinas-new-major-solar-player/)>. ACESSO EM: 12 JAN. 2017. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Baterias e outros sistemas de armazenamento de energia permitem maior autonomia do sistema fotovoltaico, que gera eletricidade somente durante o dia, além de amenizar os picos de produção da energia fotovoltaica durante horários de pico de irradiação solar, entre outros benefícios e funcionalidades. Portanto, esses sistemas minimizam uma das principais desvantagens da energia solar fotovoltaica – sua intermitência (produção de eletricidade somente durante o dia). Além disso, soluções solares off-grid (não conectados à rede elétrica) têm utilizado historicamente o armazenamento via baterias e controladores de carga e descarga. Dentre as maiores empresas produtoras de baterias, pode-se destacar: Panasonic (Japão), AESC (Japão), BYD (China), Mitsubishi/GS Yuasa (Japão), LG Chem (Coreia do Sul) (Ayre, 2015).

### CONTROLADOR DE CARGA E DESCARGA

O controlador/regulador de carga e descarga é utilizado quando um sistema fotovoltaico está ligado a um equipamento de armazenamento de eletricidade como uma bateria. A função do regulador de carga é proteger as baterias de serem sobrecarregadas ou descarregadas profundamente e, assim, garantir que toda a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos seja armazenada com maior eficácia nas baterias.

Os controladores de carga e descarga possuem uma série de dispositivos que informam permanentemente sobre o estado de carga do sistema e alertam o utilizador para que este possa adaptar a instalação às suas necessidades particulares, aumentando assim o tempo de vida útil das baterias. As principais empresas de controladores de carga e descarga são: ReneSola (China), Schneider Electric (França) e Ten Sources Solar Electricity (Hong Kong).

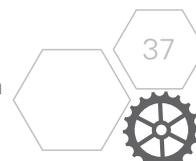
Figura 26. Interface de um sistema de monitoramento

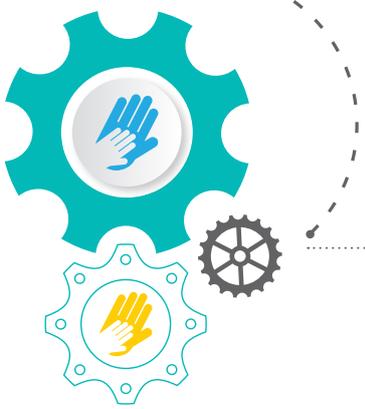


FONTE: <[HTTP://WWW.INOVAENERGIASOLAR.COM.BR/PRODUTOS/GERENCIAMENTO-ENERGIA](http://www.inovaenergiasolar.com.br/produtos/gerenciamento-energia)>. ACESSO EM: 13 JAN. 2017.

### SISTEMAS FOTOVOLTAICOS/KITS FOTOVOLTAICOS

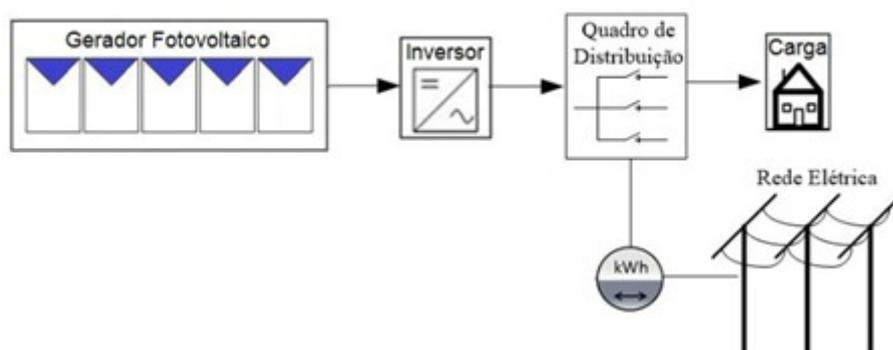
Um sistema fotovoltaico agrega grande parte ou todos os componentes acima, de forma a realizar a captação da energia solar e sua conversão em eletricidade. A energia produzida pode ser então





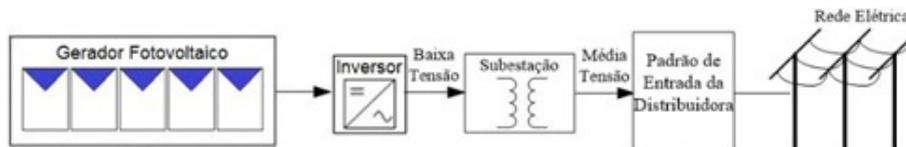
utilizada no abastecimento da rede elétrica em larga escala, como acontece em usinas solares (geração centralizada – GC), mas também pode ser gerada em escalas menores, para autoconsumo residencial e comercial (geração distribuída – GD).

Figura 27. Sistema solar fotovoltaico de geração distribuída



FONTE: GALDINO E PINTO, 2014, P. 291.

Figura 28. Sistema solar fotovoltaico de geração centralizada



FONTE: GALDINO E PINTO, 2014, P. 291.

## Serviços da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica

Serviços também são importantes atividades de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica, possibilitando que novos negócios e projetos sejam gerados e implementados, conforme discutido a seguir, por categoria de serviço.

### EDITORAÇÃO/PUBLISHING

Empresas de editoração/publishing produzem publicações e material de comunicação impresso ou eletrônico no segmento fotovoltaico, como livros, revistas, boletins, prospectos, álbuns, cadernos, websites etc. As publicações mais importantes no mundo incluem: Bloomberg New Energy Finance (Estados Unidos), Greentech Media (Estados Unidos), PV Magazine (Alemanha), PV Tech (Alemanha), entre outras.

### ASSOCIAÇÕES

As associações de classe representam fabricantes de equipamentos e componentes fotovoltaicos, geradores de energia solar fotovoltaica, empresas de serviço no segmento solar fotovoltaico na conscientização da população sobre os benefícios da energia fotovoltaica, na articulação com órgãos públicos para desenvolvimento e aprimoramento de políticas de apoio ao segmento, na promoção de ambiente para negócios no segmento, entre outros.

No segmento solar fotovoltaico mundial, as associações têm um papel estratégico representando, apoiando e incentivando o desenvolvimento do mercado e o estabelecimento de políticas públicas, regulamentações, incentivos e novos mecanismos de mercado e de financiamento para o crescimento da energia solar fotovoltaica em sua área de atuação.

Por se tratar de um segmento estratégico e de um mercado regulado na maioria dos países do mundo, ou seja, sujeito às decisões técnicas e políticas de governos, agentes regulatórios e instituições públicas, as associações são fundamentais para eliminar entraves e construir novas regras que favoreçam o uso de tecnologias fotovoltaicas, tendo desempenhado um papel de destaque ao longo da história da energia solar fotovoltaica no mundo.

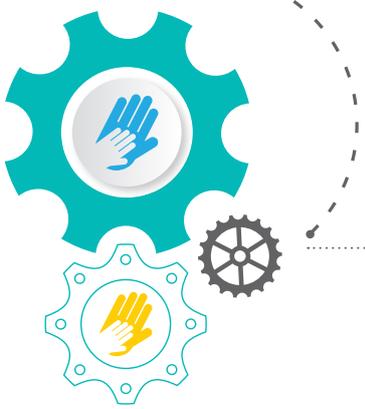
As principais associações relevantes para a energia solar fotovoltaica no mundo incluem: Solar Power Europe (Europa); Solar Energy Industries Association (SEIA) (Estados Unidos); Global Solar Council (global); American Council on Renewable Energy (ACORE) (Estados Unidos); International Renewable Energy Agency (IRENA) (global); World Council for Renewable Energy (WCRE) (global).

### INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA

Instituições de ensino e pesquisa incluem universidades e institutos de pesquisa que atuam no desenvolvimento de diferentes tecnologias fotovoltaicas, análise de mercado e tendências, além de formarem acadêmicos, pesquisadores e empresas no segmento. Algumas instituições com alcance global incluem: o Fraunhofer Ise Institute (Alemanha); National Renewable Energy Laboratory (NREL) (Estados Unidos); o Center for Renewable Energy Systems Technology (CREST), Loughborough University (Reino Unido); French National Solar Energy Institute (França); University of New South Wales (UNSW) School of Photovoltaic and Renewable Energy Engineering (Austrália); Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (Espanha); e Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS) (Singapura).

### AGENTES FINANCIADORES

Agentes financiadores viabilizam economicamente toda a cadeia produtiva dos sistemas e usinas fotovoltaicas, seja pela concessão de dívida (e.g. bancos, agências de fomento e de exportação) ou de investimento de capital próprio (e.g. fundos de Private Equity/Venture Capital). Alguns dos maiores bancos financiadores de projetos solares fotovoltaicos no mundo são: Mitsubishi UFJ Financial, Sumitomo Mitsui Financial Group, European Investment Bank, Banco Santander, Mizuho Financial, KfW Group, Norddeutsche Landesbank (Nord/LB) e Banque Nationale de Paris (BNP) Paribas (BNEF, 2017a).



## SEGURADORAS

As seguradoras têm papel crucial na mitigação de riscos de projetos de geração solar fotovoltaica. Em geral, atuam com produtos voltados a riscos pré-operacionais, operacionais e financeiros. Os principais produtos ofertados são: apólices para riscos Pré-Operacionais, Apólices para riscos Operacionais e Apólices para riscos Financeiros. As principais seguradoras no mundo são: Axa, Zurich, China Life Insurance, Berkshire Hathaway, Prudential, UnitedHealth Group, Munich, Assicurazioni Generali, Japan Post e Allianz.

## EMPRESAS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA (LICENCIAMENTO AMBIENTAL, AVALIAÇÃO DE RECURSO SOLAR, CONSULTORIA TÉCNICA E DE ENGENHARIA, MODELAGEM FINANCEIRA E FINANCIAMENTO)

Diversos segmentos de empresas de consultoria atuam no segmento solar fotovoltaico. Elas oferecem serviços que vão desde o licenciamento ambiental (no caso de projetos maiores); avaliação do recurso solar, técnico e potencial de geração de energia elétrica do projeto; avaliação do potencial da rede em absorver a energia elétrica do projeto; análise de viabilidade econômica e obtenção de financiamento; logística; corretoras de seguro; assessoria jurídica, tributária e contratual; e gestão e comercialização de eletricidade. São importantes atores no suporte à viabilização de projetos fotovoltaicos, especialmente no caso de projetos de geração centralizada.

## DISTRIBUIDORES DE EQUIPAMENTOS/KITS

Distribuidores de equipamentos e kits fotovoltaicos são empresas que comercializam esses equipamentos a clientes finais e integradores de sistemas, adquirindo-os diretamente dos fabricantes em grande volume e, portanto, a um preço competitivo, especialmente para clientes finais que não adquirem esses produtos em grande volume. Esse papel pode ser realizado pelos desenvolvedores de projetos, integradores de sistema e EPCistas. É uma atividade de valor da cadeia fundamental para o desenvolvimento do mercado de geração distribuída.

## DESENVOLVEDORES DE PROJETOS/INTEGRADORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS/PRODUTORES DE ENERGIA

Desenvolvedores de projetos (em geração centralizada) ou integradores de sistemas (em geração distribuída) vendem soluções de projetos fotovoltaicos completas ao cliente final, da concepção ao comissionamento dos projetos (que no caso da geração centralizada pode ser terceirizada para uma empresa de EPC). Na geração centralizada, são as empresas que preparam os projetos e participam dos leilões de energia fotovoltaica. Elas selecionam o local do projeto, assinam o contrato com o proprietário do imóvel, obtêm as licenças necessárias para construção do projeto, definem a estratégia de financiamento do projeto e instalam ou monitoram a construção do projeto e sua conexão à rede. Podem ou não se manter proprietários dos projetos após o início de sua operação, e os que se mantêm proprietários são os produtores de energia. Alguns dos principais desenvolvedores de projeto e produtores de energia solar fotovoltaica em geração centralizada no mundo são: ENEL

Green Power (Itália, Global); China Datang Corp (China); State Power Investment Corp (China); SSE Renewables (Reino Unido); Vattenfall (Alemanha); China General Nuclear Power Corp (China); NextEra Energy (Estados Unidos) (BNEF, 2017a). Em geração distribuída, alguns dos maiores integradores de sistemas e desenvolvedores de projetos solares no mundo incluem: Solarcity (Estados Unidos), Vivint Solar (Estados Unidos) e SunPower (Estados Unidos).

### DESENHO, ENGENHARIA, COMPRAS E CONSTRUÇÃO (EPC)

As EPCistas elaboram a concepção técnica do projeto fotovoltaico, todos os estudos de engenharia relacionados ao projeto, a gestão das compras, instalação dos equipamentos, subcontratação de serviços e sua construção. Essa função pode ser realizada pela equipe interna dos desenvolvedores de projeto/integradores de sistemas ou pode ser terceirizada para empresa especializada, especialmente no caso de projetos de geração centralizada. Alguns dos principais fornecedores de EPC globais no segmento fotovoltaico global são: First Solar (Estados Unidos), Juwi Solar (Alemanha), Swinerton Renewable Energy (Estados Unidos), Belectric (Alemanha) e Sterling & Wilson (Índia) (Wiki-Solar, 2016).

### OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M)

Empresas que oferecem serviços de operação e manutenção dos sistemas ou usinas fotovoltaicas, também conhecidas como empresas de O&M, são responsáveis pela: operação do sistema ou usina de acordo com determinados critérios de desempenho (e.g. disponibilidade, fator de capacidade etc.); entrega da energia elétrica gerada; monitoramento da performance da planta; e sua manutenção – preventiva e corretiva. Algumas das principais empresas de operação e manutenção no segmento solar fotovoltaico no mundo são: First Solar (Estados Unidos), SOLV (Estados Unidos), SunEdison (Estados Unidos), Schneider Electric (França) e SunPower (Estados Unidos) (Greentech Media, 2016d).



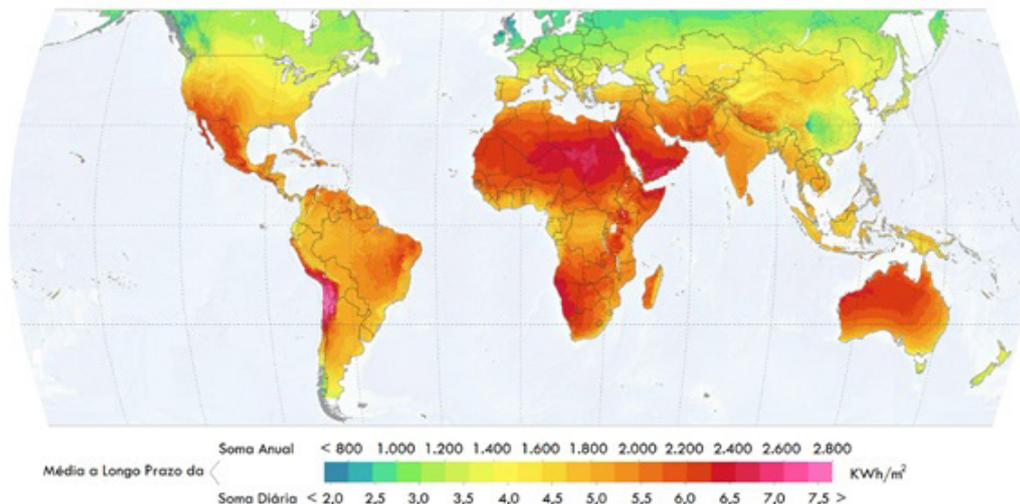
# Panorama da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica mundial e no Brasil

## 2.1 Potencial fotovoltaico

De acordo com a Agência Internacional de Energia, do inglês International Energy Agency (IEA), a energia solar fotovoltaica poderá representar um terço da produção global de energia elétrica do mundo até 2060 (IEA, 2011). Estudos da Bloomberg apontam que a energia solar fotovoltaica representará mais de 25% da matriz elétrica global já em 2040, portanto, em menos de 25 anos (BNEF, 2016b). Com isso, a energia fotovoltaica tem o potencial para ser a maior fonte de eletricidade no mundo em longo prazo, devido à abundância e à distribuição do recurso solar no planeta, à constante redução dos custos da tecnologia (histórico e projeção) e às melhorias em eficiência de materiais e conversão. Isso sem mencionar a tendência global em direção às fontes de energia limpas e sustentáveis e as mudanças climáticas.

A figura, a seguir, mostra a disponibilidade e distribuição de radiação solar em todo o mundo. É possível notar regiões de maior potencial, tais como África, Austrália, Emirados Árabes, Irã, parte da China, parte dos Estados Unidos e, na América Latina, Chile, México, Brasil, Argentina, Bolívia, Peru, dentre outros.

Figura 29. Radiação solar no plano horizontal, média anual e diária

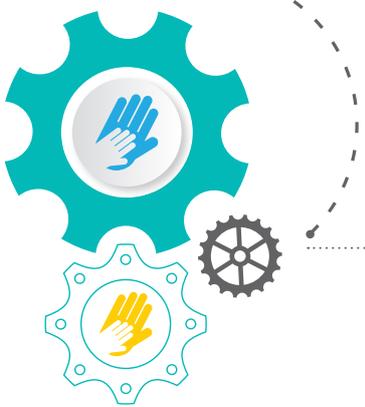


FONTE: SOLARGIS, 2016.

Em um país ensolarado como o Brasil, este potencial é ainda mais possível e viável. De acordo com as projeções da Bloomberg New Energy Finance (2016b), a energia fotovoltaica representará por volta de 32% da matriz elétrica brasileira, passando da fonte com menor representatividade na matriz em 2016 para a fonte com a maior representatividade em 2040, com capacidade instalada entre 110 e 126 GWac.

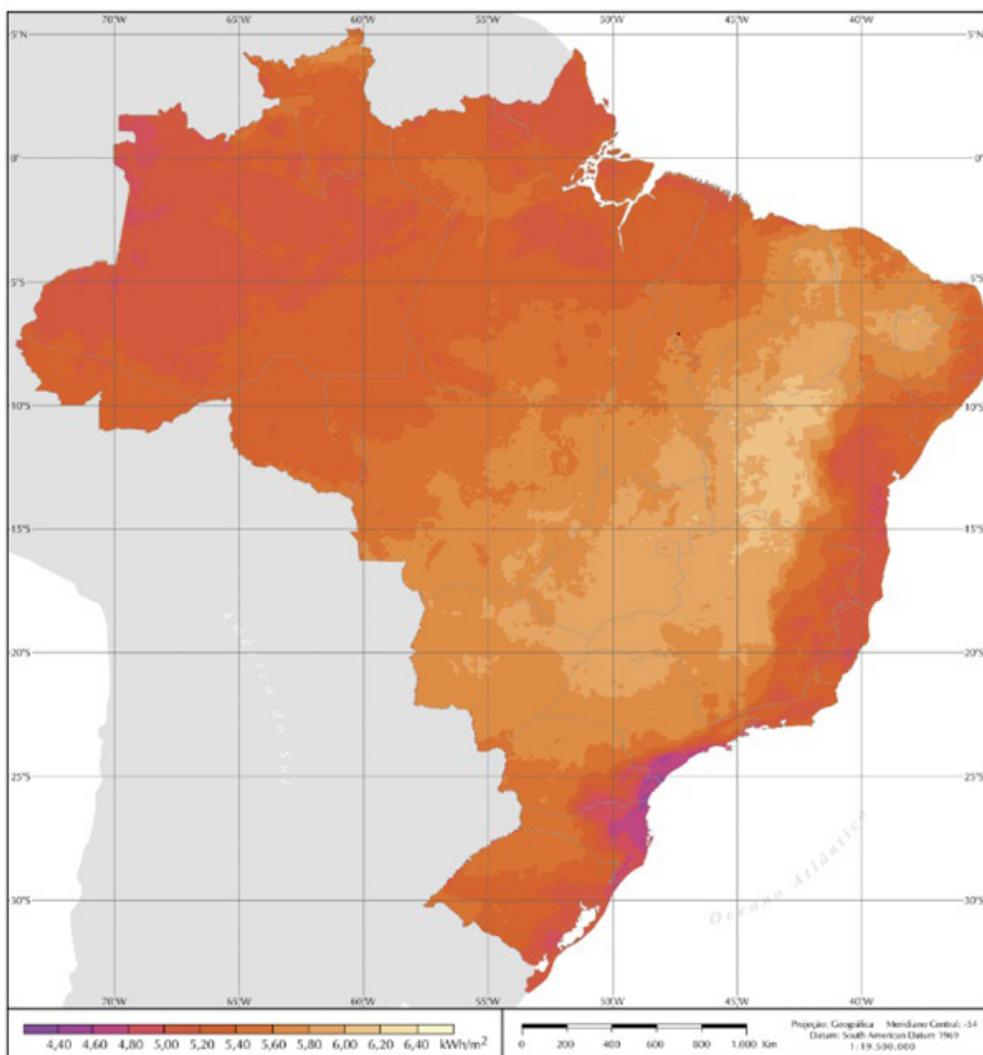
Conforme dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPEs) (Pereira, 2006), o Brasil apresenta um excelente recurso solar, que varia entre 1.500 e 2.350 kWh/m<sup>2</sup>/ano. É um recurso bem distribuído ao redor do país, superior ao verificado em países como a Alemanha (900 a 1.250 kWh/m<sup>2</sup>/ano), a França (900 a 1.650 kWh/m<sup>2</sup>/ano) e até mesmo a Espanha (1.200 a 1.850 kWh/m<sup>2</sup>/ano). Os estados com maiores índices de radiação solar no Brasil são Bahia, Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e São Paulo.





Antes de entrar no tema de capacidade instalada faz-se necessário um esclarecimento quanto às unidades de potência elétrica apresentadas. No capítulo 1, foi apresentado o conceito de DC e AC. Como a fonte fotovoltaica é produzida a partir dos módulos em corrente contínua, a cadeia produtiva do segmento solar trabalha com essa unidade denominada Watt dc ou Watt pico ou, simplesmente, pela sua sigla Wp. Não obstante, o segmento elétrico, em geral, no Brasil e no mundo, comumente trabalha com potência em corrente alternada, cuja unidade pode ser denominada como Watt ac ou simplesmente Watt; inclusive sendo esta a unidade padrão das matrizes elétricas dos países.

Figura 30. Radiação solar diária no plano inclinado do Brasil



FONTE: PEREIRA, 2006, P. 38.

Dessa maneira, é necessária a conversão entre as correntes para a inserção dessa energia no sistema integrado. Porém, com a conversão entre as correntes, uma parte da potência é perdida devido ao inversor de correntes. Assim, a potência final ( $W_{ac}$ ) é dada pela multiplicação da potência produzida pelos módulos fotovoltaicos ( $W_{dc}$ ) e a eficiência do inversor, que varia entre 80 a 95%.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), a fonte fotovoltaica tem um potencial técnico em território nacional de mais de 28.500 GigaWatt pico (GWp) em aplicações de geração centralizada, e 164,1 GWp em aplicações de geração distribuída, apenas levando-se em consideração o segmento residencial. Esse potencial técnico solar fotovoltaico já exclui áreas sensíveis como a Amazônia, Pantanal, Mata Atlântica, unidades de conservação, terras indígenas e comunidades quilombolas e representa, segundo a ABSOLAR, uma avaliação conservadora do potencial técnico do país. Portanto, o potencial técnico da energia fotovoltaica no Brasil é enorme, maior que a somatória do potencial técnico de todas as outras fontes de energia do país. Como referência, a fonte hídrica tem um potencial inexplorado de 172 GWac (Tolmasquim, 2003), em que mais de um terço desse potencial está localizado na região amazônica. De acordo com o Ministério de Minas e Energias (MME), a fonte eólica, por sua vez, tem um potencial estimado de 350 GWac (MME, 2016).

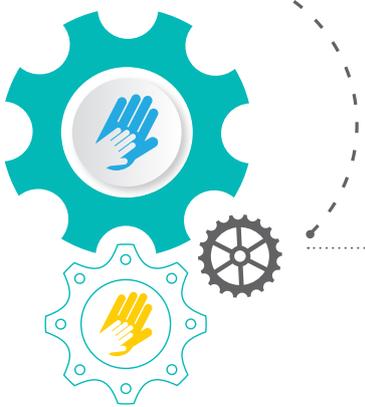
Além disso, pesquisa realizada no Brasil em dezembro de 2016, pelo Greenpeace Brasil e Datafolha, mostra que 72% dos entrevistados afirmaram estar dispostos a comprar um sistema fotovoltaico de geração solar distribuída desde que houvesse uma linha de financiamento com juros baixos, sinalizando um grande mercado potencial (São Paulo, 2017b).

## 2.2 Capacidade instalada

### A Matriz elétrica mundial

O setor energético tem passado por fortes transformações nos últimos anos e o debate energético tem ganhado importância na agenda global. Isso se deve ao aumento da demanda energética gerada pelo crescimento das economias emergentes, a dependência nos combustíveis fósseis e aos desafios trazidos pelas mudanças climáticas.

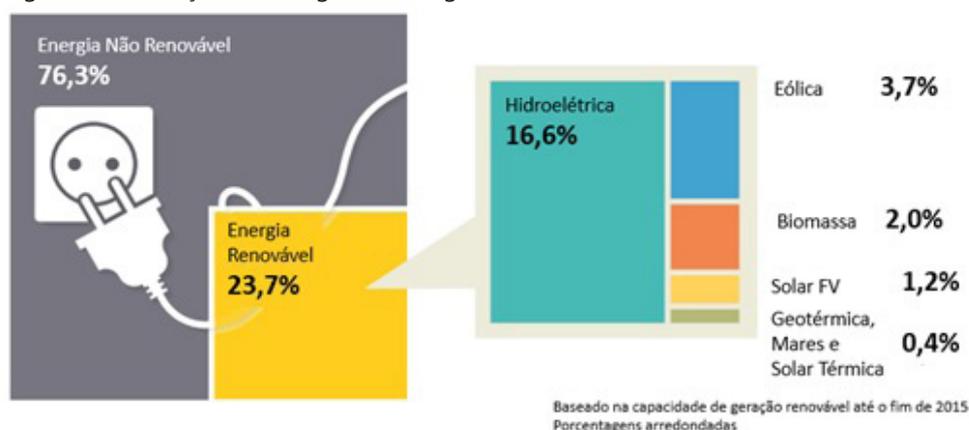
As energias renováveis representaram por volta de 23,7% de toda a eletricidade produzida no mundo em 2015. A energia eólica, bioeletricidade, solar fotovoltaica e geotérmica – portanto, excluindo a hidreletricidade – representaram 7,3% da matriz elétrica global (energia elétrica produzida) e continuam a crescer em participação no mundo todo. A energia eólica (3,7%) é a com a maior participação entre as renováveis no mundo hoje, seguida da bioeletricidade (2,0%), então seguida



da energia solar fotovoltaica (1,2%) e, por fim, a geotérmica e outras (0,4%). Também, em 2015, as energias renováveis (excluindo a hidreletricidade) compuseram mais de 54% da nova capacidade instalada de energia elétrica agregada em todo o mundo, superando pela primeira vez na história as instalações anuais de fontes fósseis e hidrelétrica (Frankfurt School, 2016).

Com a crescente maturidade das energias renováveis e a cadeia produtiva que vem com ela, novos desafios e oportunidades surgem. O rápido crescimento das renováveis é resultado de avanços tecnológicos que trouxeram aumento da eficiência na geração e redução de custos, inovações em instrumentos e estratégias de financiamento (Green Bonds, Yieldcos, entre outros) e, em grande parte do mundo, alavancado pelo apoio de políticas públicas. Como resultado, as energias renováveis são cada vez mais acessíveis para uma maior parte de consumidores ao redor do planeta. Em um número crescente de países, as energias renováveis são consideradas cruciais para atingir suas necessidades atuais e futuras de energia.

Figura 31. Produção de energia elétrica global ao final de 2015

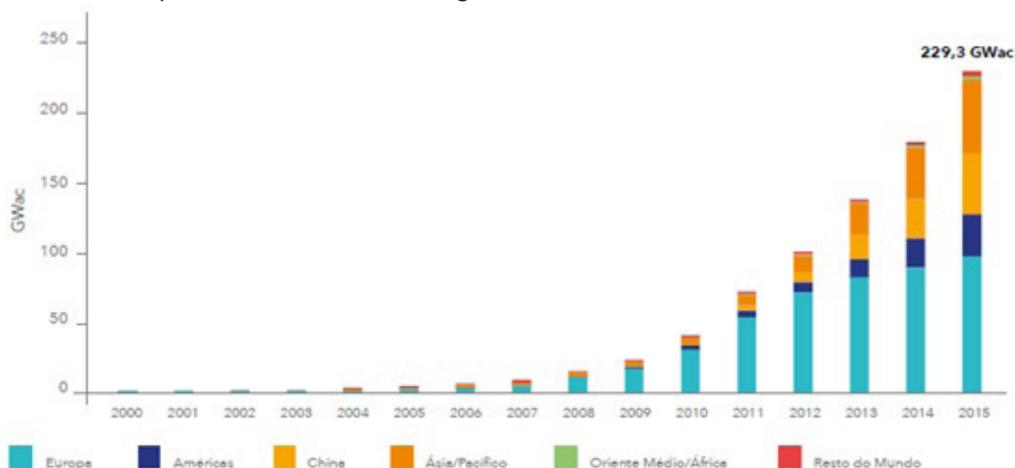


FONTE: REN 21, 2016 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

A capacidade instalada de energia fotovoltaica foi a que mais cresceu em percentual e em GWac instalados dentre todas as fontes de energia elétrica no mundo no ano de 2015. Sua capacidade instalada cresceu 29% em 2015, atingindo um recorde de instalações anuais de 50 GWac, e atingindo uma capacidade instalada acumulada de 229 GWac (SolarPower Europe, 2016), representando 2,9% de toda a capacidade instalada acumulada no mundo de 7.800 GWac. Números preliminares da Bloomberg estimam que no ano de 2016 esse recorde foi ultrapassado, e mais de 70 GWac foram instalados no ano e, portanto, a capacidade instalada acumulada de energia solar fotovoltaica atingiu 300 GWac ao final de 2016 (BNEF, 2017c).

O Japão e a Europa Ocidental eram historicamente os principais mercados fotovoltaicos no mundo. No entanto, os atuais responsáveis pela maior parte da capacidade instalada são China, Japão e Estados Unidos. Além disso, o crescimento da utilização da fonte em mercados emergentes está cada vez mais forte, devido especialmente a maior competitividade da tecnologia fotovoltaica, assim tornando-se uma solução verdadeiramente global de geração de energia elétrica.

Gráfico 1. Capacidade instalada da energia fotovoltaica no mundo, 2000 a 2015 (GWac)



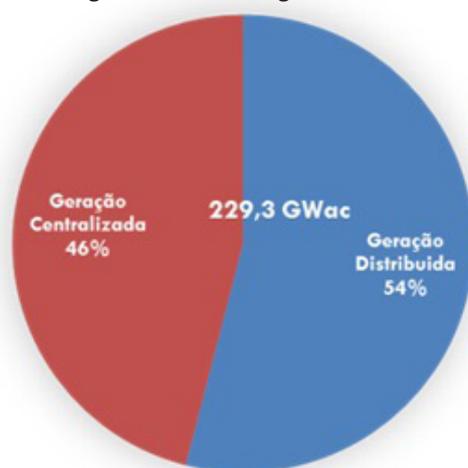
FORNTE: SOLARPOWER EUROPE, 2016 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Conforme ilustrado na figura anterior, desde o ano 2000, quando a história de sucesso moderna da energia solar teve início com o programa alemão de incentivos (feed-in-tariff), a capacidade instalada da fonte foi multiplicada por mais de 150 vezes até 2015. A Europa foi a grande precursora desse crescimento, seguida pela Ásia/Pacífico, tendo a China já como líder mundial e, mais recentemente, os Estados Unidos também passou a ser um dos principais mercados.

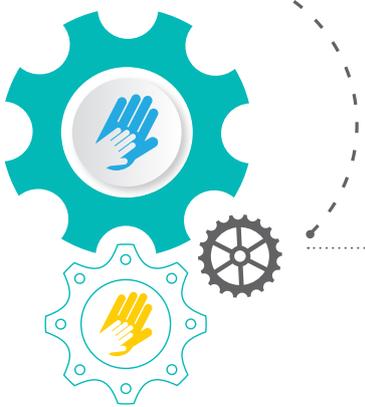
### GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída, projetos de menor escala e normalmente onde a geração de energia é realizada no mesmo local ou próximo do consumo, representa mais da metade (54%) da capacidade instalada fotovoltaica no mundo hoje (SolarPower Europe, 2016).

Gráfico 2. Participações dos segmentos de energia solar fotovoltaica no mundo em 2015



FORNTE: SOLARPOWER EUROPE, 2016.



A geração distribuída representa uma mudança radical no paradigma do setor elétrico mundial, em que clientes e consumidores de energia (residências, prédios comerciais e industriais, por exemplo) podem gerar sua própria eletricidade. Com os custos decrescentes da tecnologia fotovoltaica e os aumentos das tarifas elétricas no mundo, a geração solar distribuída está cada vez mais competitiva em diversos países, inclusive no Brasil. De acordo com a Bloomberg, a energia solar, pela primeira vez, está se tornando a forma mais barata de gerar eletricidade no mundo (BNEF, 2016c). Isso tem levado consumidores a instalar sistemas fotovoltaicos para reduzir suas contas de luz.

Além da crescente competitividade de custo, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a presença de pequenos geradores próximos às cargas pode proporcionar diversos benefícios para o sistema elétrico, dentre os quais se destacam a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão, o baixo impacto ambiental, a melhoria do nível de tensão da rede no período de carga pesada e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2016a).

## GERAÇÃO CENTRALIZADA

As usinas fotovoltaicas de geração centralizada tipicamente variam entre 5 MWac e diversas centenas de MWac. São usinas maiores que geram eletricidade para venda a empresas de distribuição de energia, ou diretamente a grandes consumidores no mercado livre, por exemplo, grandes comércios e indústrias. No caso do Brasil, a energia elétrica pode ser negociada via leilões por meio da venda de eletricidade por contratos de longo prazo, ou diretamente entre geradores e consumidores, podendo ser vendida por meio de contratos de longo prazo ou até mesmo de curto prazo.

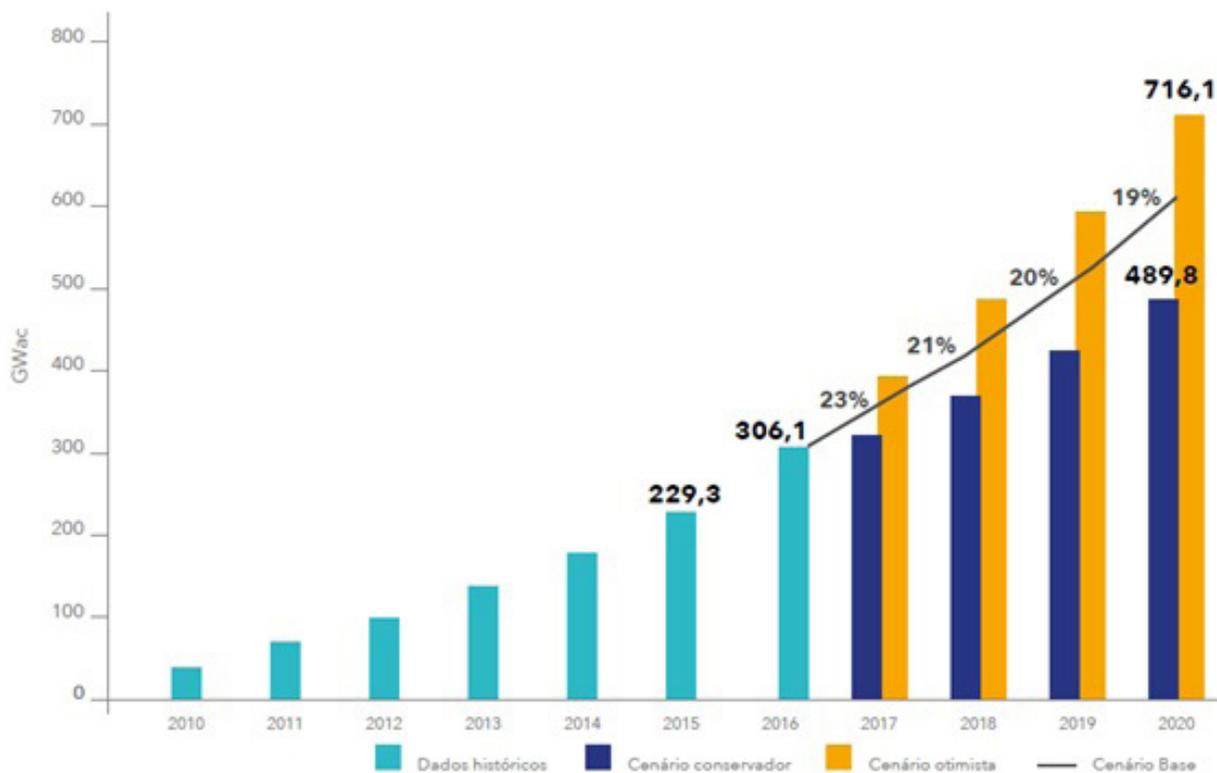
Usinas fotovoltaicas de geração centralizada são a modalidade de maior crescimento da indústria fotovoltaica hoje no mundo – crescendo a uma taxa média de mais de 50% ao ano (a.a.) nos últimos anos. Em 2015, chegou a atingir 46% de toda a capacidade instalada fotovoltaica globalmente (BNEF, 2015b).

## PROJEÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA GLOBAL

Com os mercados tornando-se cada vez mais globais, as indústrias de energia renovável têm respondido com o aumento de sua adaptabilidade, diversificando seus produtos e desenvolvendo cadeias de fornecimento globais. Os custos de geração de energia renovável têm caído drasticamente, especialmente no segmento de energia solar fotovoltaica. Em diversos países, clientes industriais e comerciais têm se voltado para a energia renovável para reduzir seu custo com eletricidade e aumentar a confiabilidade no fornecimento. Segundo a Bloomberg, a capacidade instalada de energia solar FV no mundo, em 2015, chegou a 239,5 GWac (BNEF, 2015b), dado superior aos 229,3 GWac, estimados pela SolarPower Europe (2016).

De acordo com o relatório “Global Market Outlook 2016” da SolarPower Europe, a capacidade global instalada de energia fotovoltaica atingirá entre 490 GWac a 716 GWac instalados até 2020 (SolarPower Europe, 2016). É estimado que mais da metade desse crescimento seja instalado na Ásia nesse período.

Gráfico 3. Cenários de capacidade solar fotovoltaica instalada no mundo até 2020 (GWac)



FONTE: SOLARPOWER EUROPE, 2016 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Segundo a Bloomberg, a energia fotovoltaica deverá passar de 2,9% da matriz elétrica global em 2015 para 26% (ou 3.687 GWac) em 2040, uma verdadeira revolução energética (BNEF, 2016c). Desse total, 52% serão oriundos de geração centralizada, e 48% de geração distribuída (BNEF, 2015b). A seguir, a figura apresenta, segundo a Bloomberg, a divisão da capacidade instalada por regiões do mundo em 2015 e em 2040, e sua divisão entre geração distribuída e geração solar. Ambas, a Bloomberg e a SolarPower Europe acreditam que a geração centralizada irá ultrapassar a geração distribuída em capacidade instalada no mundo em médio e longo prazo, mesmo que por pouca diferença para a geração distribuída, devido à simplicidade da geração centralizada, em termos de construção, regulação, ganhos de escala, falta de necessidade de conscientizar consumidores e clientes, e disponibilidade de financiamento. Esse crescimento, conforme discutido em mais detalhe no capítulo 12 de tendências deste estudo, é e será resultado da rápida e contínua queda dos custos da tecnologia fotovoltaica e melhorias de eficiência.

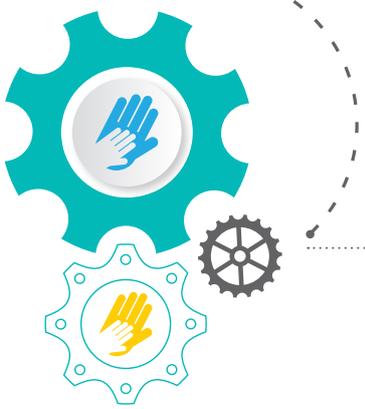
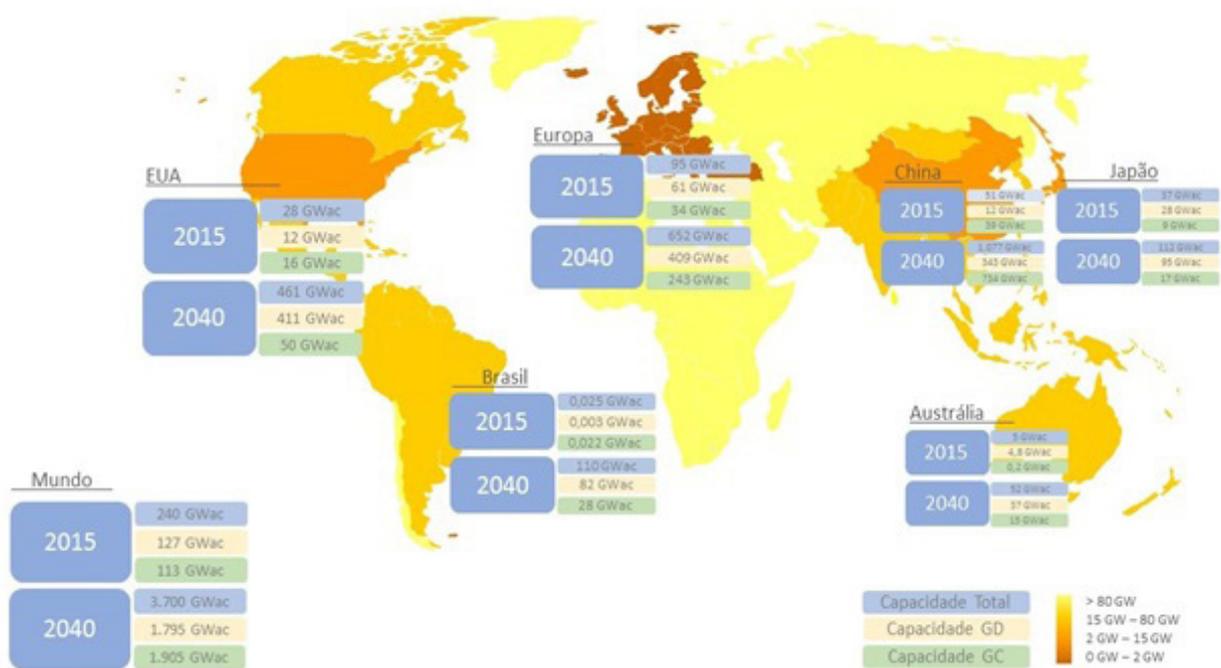


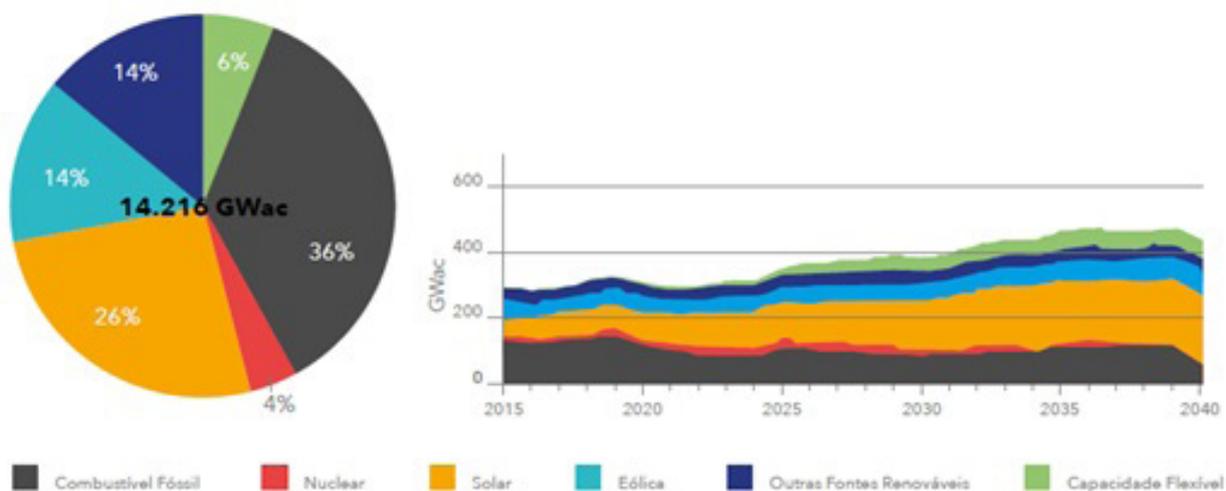
Figura 32. Crescimento da capacidade instalada solar fotovoltaica global. 2015 – 2040 (GWac)



FONTE: BNEF, 2016b E EPE, 2016b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

O gráfico, a seguir, apresenta essa evolução na capacidade instalada incremental de geração de energia elétrica mundial por ano e por fonte, além da matriz elétrica mundial prevista para 2040.

Gráfico 4. Matriz elétrica global em 2040 e incrementos anuais de 2015 até 2040 (14.216 GWac)



FONTE: BNEF, 2016b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

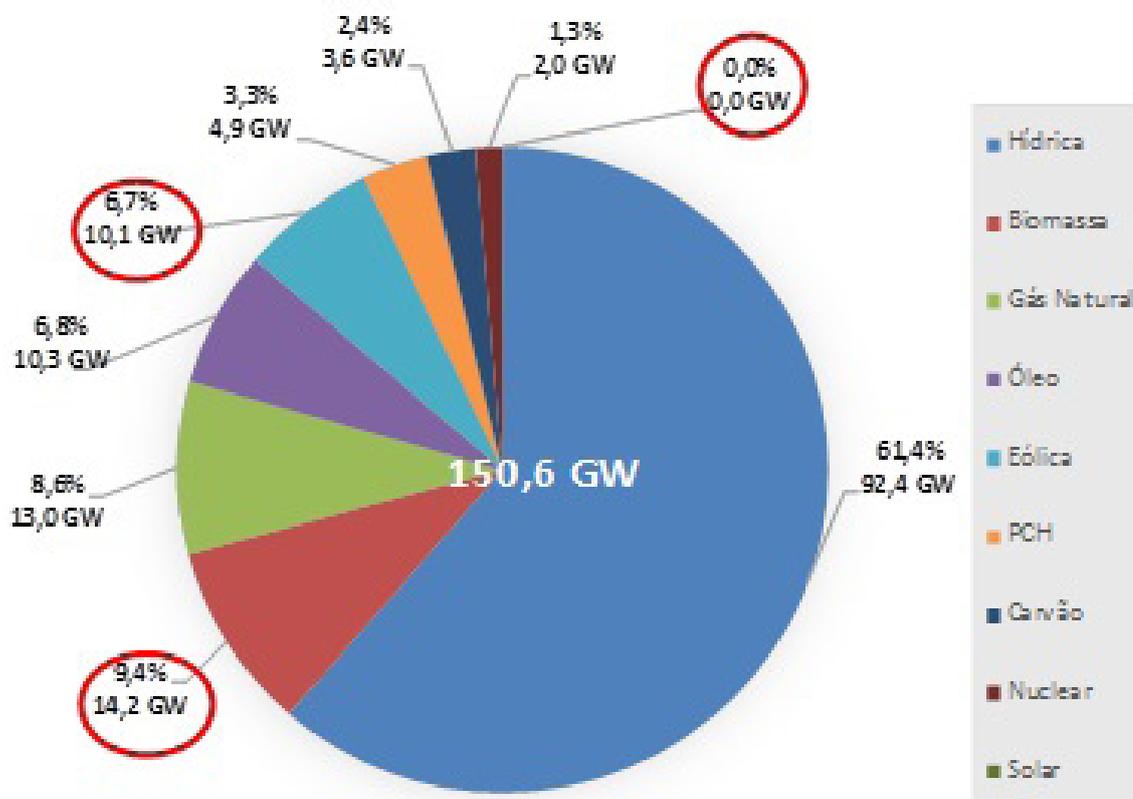
## A Matriz elétrica brasileira

### GERAÇÃO CENTRALIZADA

No final de 2016, a matriz elétrica brasileira contava com 150,6 GWac de capacidade instalada e com uma participação de 19,4% de energias renováveis – 29,2 GWac, desconsiderando usinas hidrelétricas. Se considerarmos as hidrelétricas, este percentual passa para 80,80%. A bioeletricidade é a principal entre as fontes renováveis de eletricidade no Brasil hoje (14,180 GWac), seguida pela energia eólica (10,123 GWac), e a solar fotovoltaica, com participação praticamente nula, com 0,023 GWac de geração centralizada, além de outros 0,057 GWac de geração solar distribuída adicionais – que não são contabilizados hoje na matriz elétrica brasileira.

A capacidade instalada de projetos de geração centralizada é ainda bastante incipiente, pois 97 dos 99 projetos fotovoltaicos contratados em leilões – mais de 3 GWp – só começarão a operar a partir de 2017.

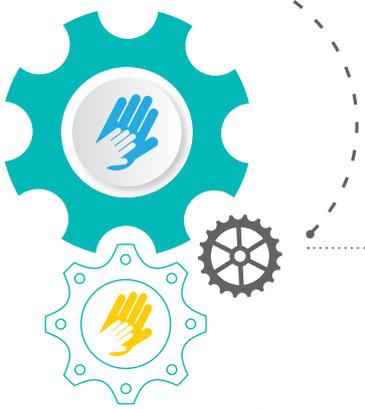
Gráfico 5: Matriz elétrica brasileira de 2016 (150,6 GWac)\*.



NOTA:

\* NÃO FORAM INCLUÍDOS OS 0,057 GWac DE GERAÇÃO SOLAR DISTRIBUÍDA.

FONTE: ANEEL, 2016d. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



## GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

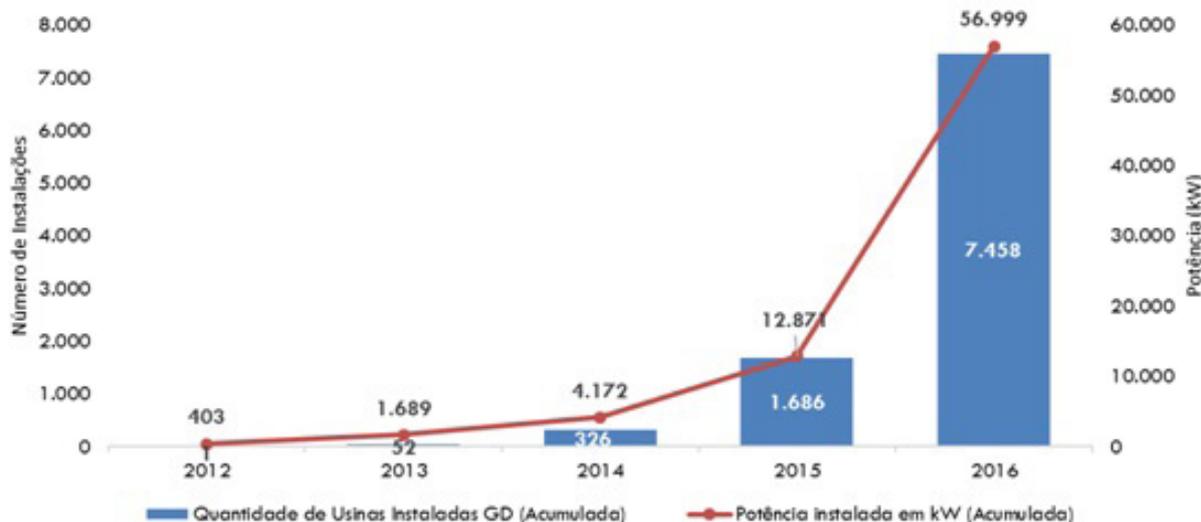
Além dos 23 MWac fotovoltaicos de geração centralizada instalados no Brasil, existem 72,4 MWac de sistemas de geração distribuída que se beneficiam do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL, 2016f), dos quais 57,0 MWac de instalações solares fotovoltaicas. A disseminação de capacidade instalada de projetos de geração distribuída conectados à rede elétrica é devida à Resolução Normativa (REN) ANEEL Número 482 de 17 de abril de 2012 (REN 482), vigente no Brasil desde 2012, e posteriormente atualizada pela Resolução Normativa ANEEL Número 687 de 24 de novembro de 2015 (REN 687), conhecida como net metering, ou Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A legislação é descrita em mais detalhes no capítulo 3 deste estudo.

Antes da publicação da REN 482, a geração distribuída no Brasil restringia-se basicamente a instalações não conectadas à rede elétrica (off-grid), seja para a fonte solar fotovoltaica, seja para fontes fósseis. Para o caso de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, prevaleciam instalações em comunidades rurais e/ou isoladas no Norte e Nordeste do país. As principais finalidades destas instalações eram: bombeamento de água para uso doméstico, iluminação pública, uso coletivo em escolas e postos de saúde e atendimento domiciliar (ANEEL, 2005).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Elétrica (Abinee), o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), criado em 1994, que posteriormente foi incorporado ao programa Luz Para Todos, promoveu a aquisição de sistemas fotovoltaicos por meio de licitações internacionais. Estima-se que foram instalados 5 MWp em aproximadamente 7.000 comunidades.

Em relação ao programa Luz Para Todos, o último status parcial de implantação de sistemas fotovoltaicos off-grid é do “Relatório de Administração da Eletrobrás” de 2009, no qual indica que foram cadastrados 70.451 projetos no programa no ano, totalizando 319.259 desde 2004 (ABINEE, 2012). O Programa Luz Para Todos é descrito em detalhe no capítulo 3.

Gráfico 6. Número de conexões e capacidade instalada de geração distribuída solar fotovoltaica acumulada

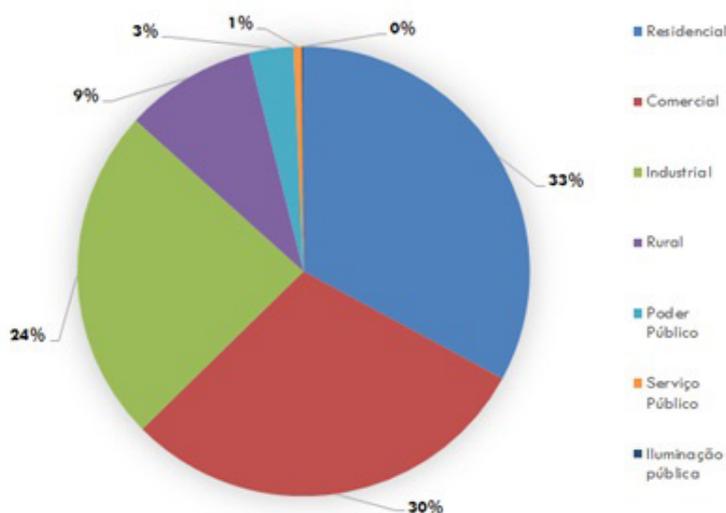


FONTE: ANEEL, 2016f. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Ao final de 2016 havia o registro de 7.458 sistemas fotovoltaicos conectados sob o regime da REN 482, somando 57 MWac (ANEEL, 2016f). De 2014 para 2016, foi multiplicada por 17,5 vezes a quantidade de instalações de geração distribuída solar fotovoltaica. Somente no ano de 2016, a quantidade de micro e minigeradores fotovoltaicos aumentou de 1.686 para 7.458 unidades, o que corresponde a um crescimento de 342%.

A maioria (73,9%) dos micro e minigeradores instalados até o final de 2016 tem uma potência menor ou igual a 5 kW. Do total das instalações, 33% são no segmento residencial, seguido pelo comercial, com 30%, e industrial com 24%. Tal segmentação pode ser explicada pela maior tarifa de energia elétrica das classes consumidoras em baixa tensão, que é mais atrativa para a instalação de projetos de geração solar fotovoltaica.

Gráfico 7. Divisão de micro e minigeradores solares fotovoltaicos em número de instalações por classe de consumo em 2016



FONTE: ANEEL, 2016f. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### LEILÕES DE ENERGIA SOLAR

A maior parte dos novos projetos de energia renovável no Brasil e no mundo é de geração centralizada, projetos de grande escala. No país, esses projetos são, em sua maioria, contratados por meio de leilões de energia elétrica, e até o final de 2016 foram contratados 2.745 MWac ou mais de 3 GWp de projetos fotovoltaicos. Foram quatro leilões no total, sendo três Leilões de Energia de Reserva (LER), promovidos pela ANEEL e um pelo Governo do estado de Pernambuco.

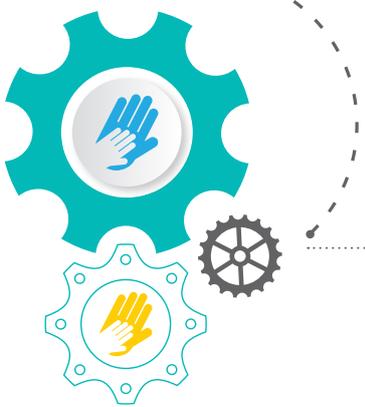


Tabela 3. Capacidade fotovoltaica contratada no Brasil por leilões

	Pernambuco	LER 2014	1ª LER 2015	2ª LER 2015
<b>Data</b>	Dez. 2013	Out. 2014	Ago. 2015	Nov. 2015
<b>Inscritos</b>	37 Projetos 1 GW	400 Projetos 12,3 GWp	382 Projetos 12,5 GWp	649 Projetos 20,9 GWp
<b>Venda</b>	5 Projetos 92 MWac	31 Projetos 890 MWac 1.048 MWp	30 Projetos 834 MWac 1.044 MWp	33 Projetos 929 MWac 1.116 MWp
<b>Preço teto</b>	R\$ 250,00/MWh	R\$ 262,00/MWh	R\$ 359,00/MWh	R\$ 381,00/MWh
<b>Preço médio</b>	R\$ 242,66/MWh	R\$ 215,12/MWh	R\$ 301,79/MWh	R\$ 297,37/MWh
<b>Início de operação</b>	Jan. 2017	Out. 2017	Ago. 2017	Nov. 2018

FONTE: EPE, 2014b, 2015a, 2015b e PERNAMBUCO, 2013. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Dos 99 projetos vencedores de leilões, apenas 2 (10 MWac) entraram em operação até 31 de dezembro de 2016 – os projetos Fontes Solar I e Fontes Solar II da ENEL Green Power, vencedores do leilão estadual de Pernambuco. Nessa mesma data, parte dos demais projetos estava em construção – pelo menos 210 MWac da ENEL Green Power no Piauí e 150 MWac da EDF Energies Nouvelles e Canadian Solar em Minas Gerais. Mas a maioria dos projetos fotovoltaicos vencedores dos leilões ainda não iniciaram sua construção, aguardando definição de fornecimento de módulos (com conteúdo local versus importado), entrada de novos investidores e, posteriormente, fonte de financiamento (BNDES versus outras opções). Segundo relatório de fiscalização da ANEEL, publicado em fevereiro de 2017, estima-se que somente 256 MWac em projetos entrarão em operação no ano de 2017, dos 2.092 MWac inicialmente previstos (ANEEL, 2017a). Alguns entrarão em operação atrasados, e outros podem não ser construídos.

A seguir, a tabela com o detalhamento de cada um dos 99 projetos vencedores dos leilões. Vale destacar que alguns projetos são fracionados em diferentes Cadastros Nacionais de Pessoa Jurídica (CNPJ), por razões regulatórias, operacionais e/ou fiscais; ou seja, dos 99 projetos, muitos estão localizados em terrenos contíguos.

## 2. 2. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL E NO BRASIL

Vendedor	Empreendimento	UF	Investimento declarado (R\$)	Potência (MWp)	Potência (MWac)	Garantia física (MWh/m)	Preço (R\$/MWh)	Leilão
EGP Bondia	Ituverava 1	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,83	6º LER
EGP Bondia	Ituverava 2	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,84	6º LER
EGP Bondia	Ituverava 3	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,85	6º LER
EGP Bondia	Ituverava 4	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,86	6º LER
EGP Bondia	Ituverava 5	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,87	6º LER
EGP Bondia	Ituverava 6	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,88	6º LER
EGP Bondia	Ituverava 7	BA	156.636.000	Não disponível	30,00	8,40	214,89	6º LER
Rio Energy EOL IV	Solar Caetitê 1	BA	140.007.000	Não disponível	29,97	6,60	207,52	6º LER
Rio Energy EOL IV	Solar Caetitê 2	BA	140.007.000	Não disponível	29,97	6,60	207,52	6º LER
Rio Energy EOL IV	Solar Caetitê 3	BA	140.007.000	Não disponível	29,97	6,60	207,52	6º LER
RNV	Caetitê I	BA	148.950.000	Não disponível	29,75	6,50	220,30	6º LER
RNV	Caetitê II	BA	148.950.000	Não disponível	29,75	6,50	220,30	6º LER
RNV	Caetitê IV	BA	148.950.000	Não disponível	29,75	6,50	220,30	6º LER
RNV	Caetitê V	BA	53.425.000	Não disponível	10,50	2,30	220,30	6º LER
Assurua	Assurua	BA	126.515.010	38,16	30,00	8,80	298,50	7º LER
Edena	Verde Vale III	BA	66.355.000	1789	15,13	3,70	302,92	7º LER

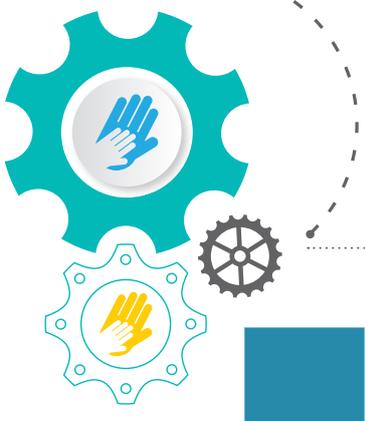


Vendedor	Empreendimento	UF	Investimento declarado (R\$)	Potência (MWp)	Potência (MWac)	Garantia física (MWm)	Preço (R\$/MWh)	Leilão
EGP – Alba	Horizonte MP 1	BA	156.675.570	40,48	30,00	9,20	301,83	7º LER
EGP – Alba	Horizonte MP 11	BA	112.770.380	26,99	20,00	6,10	301,83	7º LER
EGP – Alba	Horizonte MP 2	BA	156.675.570	40,48	30,00	9,20	301,83	7º LER
EGP – Alba	Lapa 2	BA	155.200.810	38,10	30,00	8,70	303,83	7º LER
EGP – Alba	Lapa 3	BA	155.200.810	38,10	30,00	8,70	303,83	7º LER
EGP – Desenvolvimento	Bom Jesus da Lapa I	BA	165.600.000	37,16	30,00	8,40	304,83	7º LER
EGP – Desenvolvimento	Bom Jesus da Lapa II	BA	165.600.000	37,16	30,00	8,40	304,83	7º LER
Sunedison Renova	São Pedro II	BA	122.224.000	32,91	29,84	8,00	305,51	7º LER
Sunedison Renova	São Pedro IV	BA	122.224.000	32,91	29,84	8,00	305,51	7º LER
Vila Renovável	BJL 11	BA	79.481.000	25,50	20,00	5,00	303,50	7º LER
Sobrado	Sobrado1	BA	118.598.000	34,20	30,00	7,80	299,95	8º LER
Sunedison	Juazeiro Solar I	BA	122.224.000	34,41	29,84	8,70	301,02	8º LER
Sunedison	Juazeiro Solar II	BA	122.224.000	34,41	29,84	8,70	301,02	8º LER
Sunedison	Juazeiro Solar III	BA	122.224.000	34,41	29,84	8,70	301,02	8º LER
Sunedison	Juazeiro Solar IV	BA	122.224.000	34,41	29,84	8,70	301,02	8º LER
Vila Renovável	BJL 4	BA	79.481.000	25,50	20,00	5,00	300,15	8º LER
FRV Banabuiú	FRV Banabuiú	CE	140.050.000	Não disponível	30,00	7,30	200,84	6º LER
FRV Massapé	FRV Massapé	CE	139.490.000	Não disponível	30,00	7,10	200,82	6º LER

2. 2. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL E NO BRASIL

Vendedor	Empreendimento	UF	Investimento declarado (R\$)	Potência (MWp)	Potência (MWac)	Garantia física (MWm)	Preço (R\$/MWh)	Leilão
Apodi	Apodi I	CE	120.000.000	36,46	30,00	8,70	300,88	8° LER
Apodi	Apodi II	CE	120.000.000	36,46	30,00	8,70	300,88	8° LER
Apodi	Apodi III	CE	120.000.000	36,46	30,00	8,70	300,88	8° LER
Apodi	Apodi IV	CE	120.000.000	36,46	30,00	8,70	300,88	8° LER
FCR III	FCR III Itapuranga	GO	52.910.000	Não disponível	10,00	1,80	220,00	6° LER
Solatio	Vazante 1	MG	128.320.000	Não disponível	30,00	6,00	216,12	6° LER
Solatio	Vazante 2	MG	128.320.000	Não disponível	30,00	6,00	216,12	6° LER
Solatio	Vazante 3	MG	128.320.000	Não disponível	30,00	6,00	216,12	6° LER
Pirapora	Pirapora 10	MG	128.168.000	36,83	30,00	8,40	296,45	7° LER
Pirapora	Pirapora 5	MG	128.165.000	36,83	30,00	8,40	302,00	7° LER
Pirapora	Pirapora 6	MG	128.168.000	36,83	30,00	8,40	296,45	7° LER
Pirapora	Pirapora 7	MG	128.168.000	36,83	30,00	8,40	299,00	7° LER
Pirapora	Pirapora 9	MG	128.168.000	36,83	30,00	8,40	299,00	7° LER
Consórcio Guimarania	Guimarania 1	MG	129.298.000	36,83	30,00	8,20	290,00	8° LER
Consórcio Guimarania	Guimarania 2	MG	126.008.000	36,83	30,00	8,20	290,00	8° LER
Consórcio Pirapora	Pirapora 2	MG	128.168.000	36,83	30,00	8,40	301,00	8° LER
Consórcio Pirapora	Pirapora 3	MG	127.738.000	36,83	30,00	8,40	299,50	8° LER
Consórcio Pirapora	Pirapora 4	MG	127.738.000	36,83	30,00	8,40	299,50	8° LER





Vendedor	Empreendimento	UF	Investimento declarado (R\$)	Potência (MWp)	Potência (MWh/ac)	Garantia física (MWh/m)	Preço (R\$/MWh)	Leilão
Solairdirect Solatio	Paracatu 1	MG	125.916.000	36,83	30,00	8,50	298,00	8º LER
Solairdirect Solatio	Paracatu 2	MG	125.738.000	36,83	30,00	8,50	298,00	8º LER
Solairdirect Solatio	Paracatu 3	MG	125.738.000	36,83	30,00	8,50	298,00	8º LER
Solairdirect Solatio	Paracatu 4	MG	125.738.000	36,83	30,00	8,50	298,00	8º LER
Angico 1	Angico 1	PB	121.258.000	28,78	27,00	6,70	296,00	7º LER
Coremas I	Coremas I	PB	125.372.000	Não disponível	30,00	6,90	219,78	6º LER
Coremas II	Coremas II	PB	143.042.000	36,75	30,00	6,90	301,88	7º LER
Malta	Malta	PB	121.258.000	28,78	27,00	6,70	296,00	7º LER
Rio Alto	Coremas III	PB	143.042.000	36,75	30,00	7,10	302,80	8º LER
Boa Hora	Boa Hora 1	PE	150.195.000	30,00	25,00	5,30	291,75	8º LER
Boa Hora	Boa Hora 2	PE	150.195.000	30,00	25,00	5,30	291,75	8º LER
Boa Hora	Boa Hora 3	PE	150.195.000	30,00	25,00	5,30	291,75	8º LER
Cone	Cone Energia	PE	149.900.000	Não disponível	22,82	Não aplicável	Não disponível	Pernambuco
Enel Greenpower	TACARATU	PE	21.900.000	Não disponível	5,00	Não aplicável	Não disponível	Pernambuco
Enel Greenpower	TACARATU	PE	21.900.000	Não disponível	5,00	Não aplicável	Não disponível	Pernambuco

2. 2. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL E NO BRASIL

Vendedor	Empreendimento	UF	Investimento declarado (R\$)	Potência (MWp)	Potência (MWac)	Garantia física (MW/m)	Preço (R\$/MWh)	Leilão
Kroma	SÃO PEDRO E PAULO I	PE	149.900.000	Não disponível	29,25	Não aplicável	246,00	Pernambuco
Sowitec	SÃO FRANCISCO	PE	150.000.000	Não disponível	30,00	Não aplicável	Não disponível	Pernambuco
UFV Agrestina	FAZENDA ESMERALDA	PE	153.719.890	40,14	30,00	6,20	294,00	8º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 10	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 11	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 12	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 13	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 14	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 8	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
EGP – Alba	Nova Olinda 9	PI	208.147.450	40,48	30,00	8,80	302,83	7º LER
Sertão I	Sertão 1	PI	126.332.000	35,10	30,00	7,80	304,50	7º LER
Sobral I	Sobral 1	PI	126.515.010	35,10	30,00	7,80	302,50	7º LER
ADX	Nova Cruz	RN	171.541.250	34,00	30,00	7,00	292,60	8º LER
Assu	Assu V	RN	149.784.370	36,72	30,00	9,20	302,99	8º LER
Inharé	Inharé I	RN	133.279.000	Não disponível	30,00	7,70	218,70	6º LER
Solairedirect Floresta	Floresta I	RN	143.892.370	36,72	30,00	9,40	292,80	8º LER
Solairedirect Floresta	Floresta II	RN	143.892.370	36,72	30,00	9,40	292,80	8º LER
Solairedirect Floresta	Floresta III	RN	100.223.590	24,48	20,00	6,30	292,81	8º LER



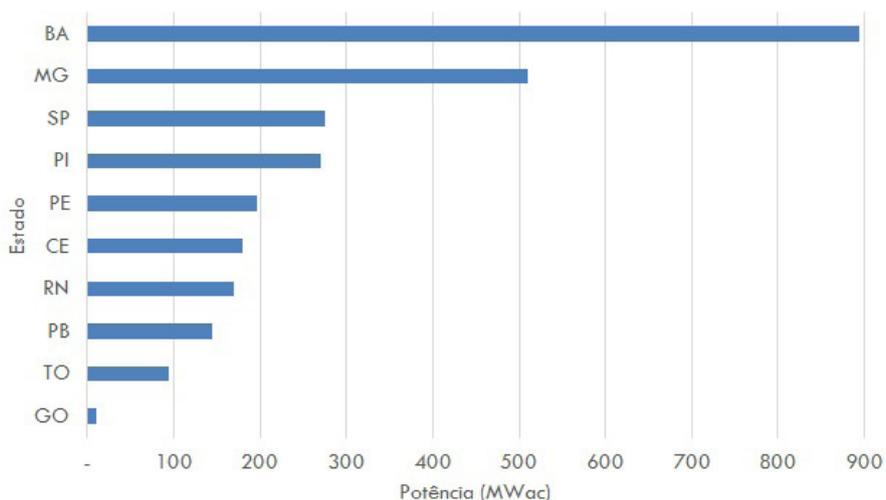
Vendedor	Empreendimento	UF	Investimento declarado (R\$)	Potência (MWP)	Potência (MWac)	Garantia física (MWh/m)	Preço (R\$/MWh)	Leilão
Consórcio Brisas Suaves	Brisas Suaves	SP	20.180.000	5,95		1,30	293,00	8° LER
Dracenas	Dracena 1	SP	128.320.000	Não disponível		5,90	217,75	6° LER
Dracenas	Dracena 2	SP	128.320.000	Não disponível		5,90	217,75	6° LER
Dracenas	Dracena 3	SP	128.265.000	Não disponível		5,90	217,75	6° LER
Dracenas	Dracena 4	SP	128.320.000	Não disponível		5,90	217,75	6° LER
Guaimbe	Guaimbe 1	SP	127.818.000	Não disponível		5,90	215,95	6° LER
Guaimbe	Guaimbe 2	SP	127.818.000	Não disponível		5,90	215,95	6° LER
Guaimbe	Guaimbe 3	SP	127.818.000	Não disponível		5,90	220,80	6° LER
Guaimbe	Guaimbe 4	SP	127.533.000	Não disponível		5,90	220,80	6° LER
Guaimbe	Guaimbe 5	SP	127.206.000	Não disponível		5,90	220,80	6° LER
Sol Maior	Sol Maior 2	TO	20.579.000	5,77		1,20	297,00	7° LER
Steelcon	Sol Steelcons Miracema 1	TO	203.655.000	33,26		5,40	295,99	8° LER
Steelcon	Sol Steelcons Miracema 2	TO	203.655.000	33,26		5,40	296,99	8° LER
Steelcon	Sol Steelcons Miracema 3	TO	203.655.000	33,26		5,40	301,49	8° LER
			13.376.083.160		2.744,89	681,20		

FONTE: CCEE, 2017. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## 2. 2. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL E NO BRASIL

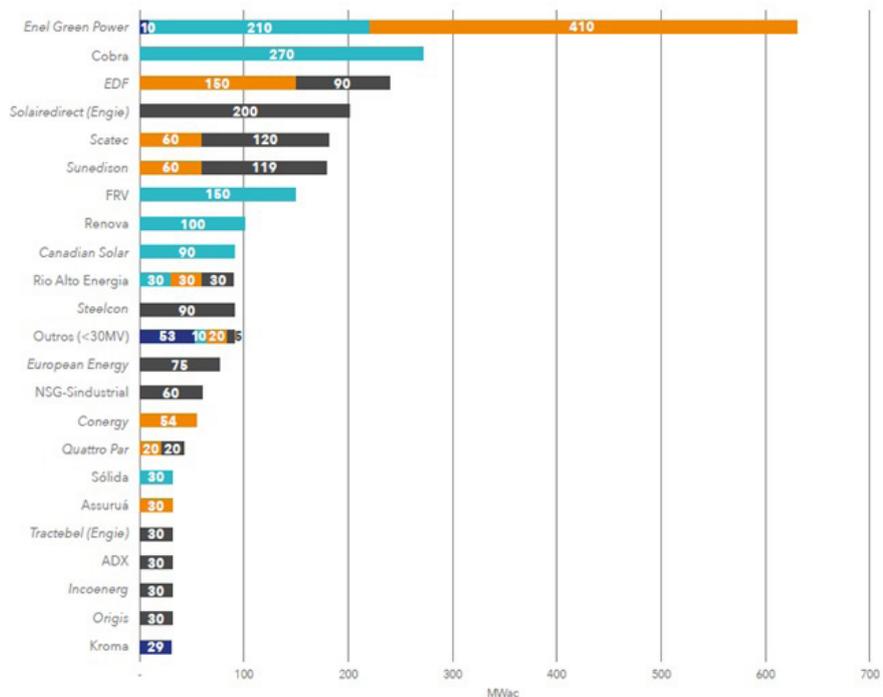
Os estados com maior concentração de projetos em potência a ser instalados são Bahia com 894 MWac, Minas Gerais com 510 MWac, São Paulo com 275 MWac e Piauí com 270 MWac.

Gráfico 8. Potência dos projetos vencedores dos leilões de energia solar fotovoltaica por estado (MWac)



FONTE: CCEE, 2017. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Gráfico 9. Ranking de empresas vencedoras dos leilões de energia solar fotovoltaica no Brasil (MWac)\*

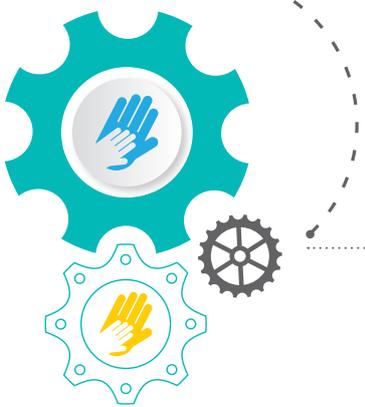


NOTA:

\*RANKING DESCONSIDERA PARTICIPAÇÕES MINORITÁRIAS.

\*INFORMAÇÕES E MOVIMENTAÇÕES SOCIETÁRIAS ATÉ DEZEMBRO DE 2016.

FONTE: CCEE, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



O gráfico acima, já atualizado em função das movimentações societárias que ocorreram em 2015 e 2016, apresenta todas as empresas vencedoras dos leilões de energia solar fotovoltaica com participação de 50% ou mais nos projetos. As maiores são ENEL Green Power, Cobra, EDF Energies Nouvelles, SolaireDirect, Scatec e SunEdison.

Em relação ao andamento dos projetos vencedores dos leilões, a ANEEL divulga periodicamente o relatório de “Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica”, indicando a previsão de entrada em operação comercial, viabilidade do projeto, entre outros dados relevantes. O relatório de fevereiro de 2017 utilizado neste estudo pode ser acessado por meio do link <[http://www.aneel.gov.br/documents/655816/15189307/Ralie\\_UFV\\_fev\\_17.pdf/42bb89c8-80f1-4791-b4fd-777fd992269d](http://www.aneel.gov.br/documents/655816/15189307/Ralie_UFV_fev_17.pdf/42bb89c8-80f1-4791-b4fd-777fd992269d)>, e também está disponível para outras fontes de energia. O relatório mais atualizado, mensalmente, pode ser acessado através do link <<http://www.aneel.gov.br/acompanhamento-da-expansao-da-oferta-de-geracao-de-energia-eletrica>>.

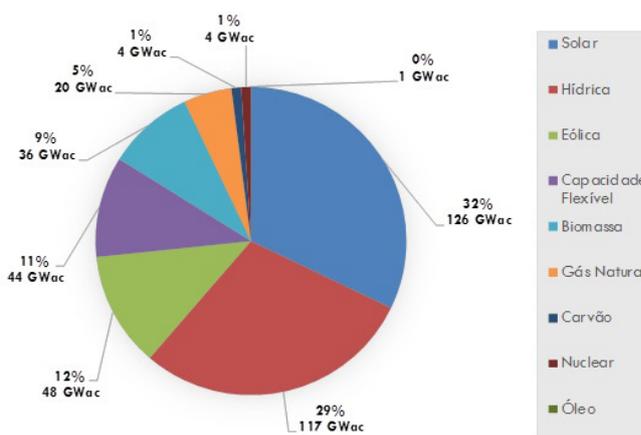
## PROJEÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA NO BRASIL

O Brasil é rico em recursos naturais. Abundante em terra fértil, ventos de excelente qualidade, alta irradiação solar e grandes reservas de água doce. E as fontes renováveis de energia, especialmente, a solar fotovoltaica, devem proporcionar grande parte da solução para uma matriz elétrica diversificada, limpa, segura, economicamente viável e abundante no Brasil. A sociedade está presenciando o movimento em direção às renováveis no Brasil e no mundo, visto que a energia renovável está cada vez mais competitiva, seus projetos são construídos rapidamente (especialmente comparados aos fósseis e hídricos) – atendendo à crescente demanda por energia elétrica no país – além de utilizarem 200 vezes menos água do que as fontes fósseis de energia (IRENA, 2015).

De acordo com as projeções da Bloomberg New Energy Finance, a energia fotovoltaica representará 32% – entre 110 e 126 GWac – da matriz elétrica brasileira em 2040, passando da fonte com menor representatividade na matriz para a fonte com a maior representatividade, uma verdadeira revolução (BNEF, 2015b).

Gráfico 10. MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA – PROJEÇÃO PARA 2040 (400,0 GWac)

FONTE: BNEF, 2016b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



Supondo o cenário mais conservador de 110 GWac de capacidade solar fotovoltaica instalada no país em 2040, aproximadamente 75%, ou 82,2 GWac, será proveniente de projetos de geração distribuída, e o saldo de 27,9 GWac de geração centralizada. Essa projeção da Bloomberg para a geração distribuída em longo prazo está próxima à projeção do relatório “Demanda de Energia 2050” da Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) (EPE, 2016c), que projeta entre 50 GWp e 82 GWp de geração distribuída no Brasil até 2040, conforme indicado na tabela a seguir para dois diferentes cenários.

Tabela 5. Projeções da geração distribuída fotovoltaica

Ano	Referências				Novas Políticas			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Potência Instalada (GWp)	0,5	10	50	78	1	20	82	118
Energia Gerada (MWh méd)	78	1.523	7.466	11.797	153	3.001	12.511	18.029
% da Carga Total no Sistema Integrado Nacional (SIN)	0,1%	1,3%	4,7%	5,7%	0,2%	2,6%	7,9%	8,7%

FONTE: EPE, 2016c.

No médio prazo, para 2030, a EPE estima que a geração solar fotovoltaica distribuída contará com 8 GWp e a geração centralizada com 17 GWp de potência instalada (EPE, 2016d). A Bloomberg, por sua vez, estima 34 GWac de geração distribuída – mais que o quádruplo da projeção da EPE nesse mesmo período – e 14 GWac de centralizada no mesmo período. Ainda, segundo a ANEEL, até 2024 cerca de 1,2 milhão de residências no país vão contar com eletricidade produzida por sistemas de geração distribuída (Portal Brasil, 2016).

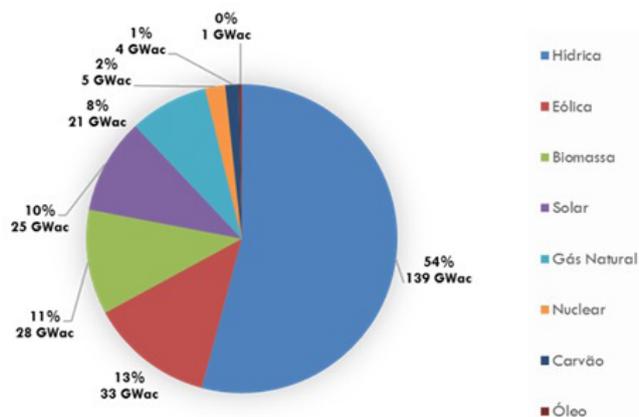


Gráfico 11. Capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no SIN e na geração distribuída em 2030 (256,5 GWac)

FONTE: EPE, 2016d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

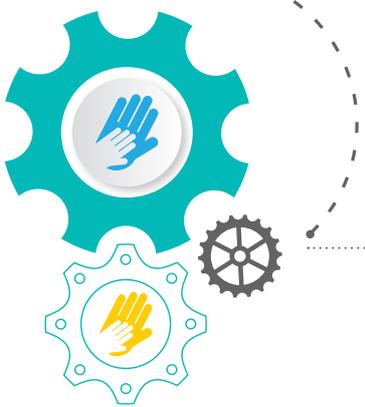
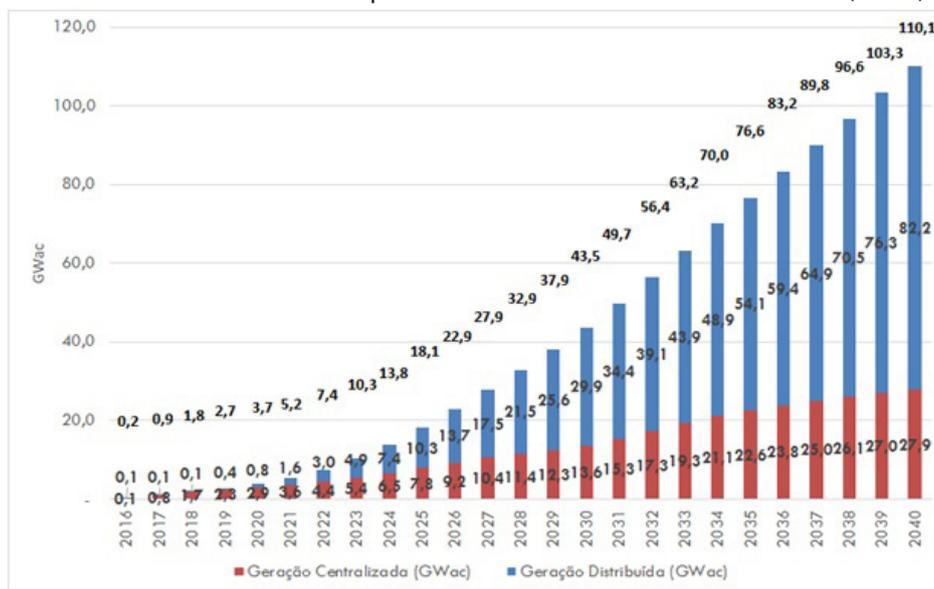


Gráfico 12. Crescimento capacidade instalada solar fotovoltaica Brasil (GWac)



FORNTE: BNEF, 2015b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## 2.3 Investimentos

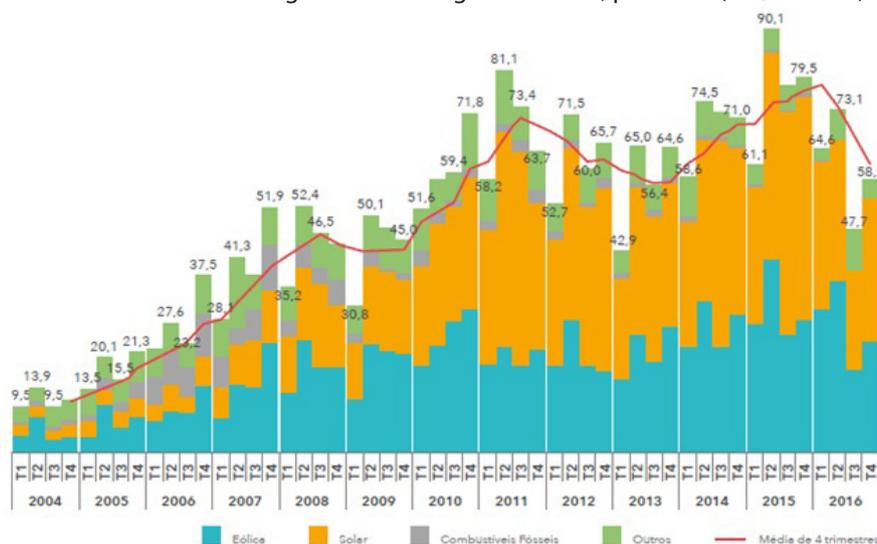
### Históricos dos investimentos

#### NO MUNDO

Os investimentos globais anuais em energia renovável cresceram rapidamente de US\$ 62 bilhões em 2004 para US\$ 287,5 bilhões em 2016. Apesar do forte crescimento histórico, houve uma queda de 18% nos investimentos totais de 2016 em comparação com 2015. A principal razão dessa queda foi a rápida redução no preço dos equipamentos das diferentes fontes renováveis, especialmente solar fotovoltaica. Além disso, a desaceleração da economia chinesa foi outro importante motivo.

A fonte solar é a que mais cresce no mundo e, em 2016, isso não foi diferente, atraindo o maior volume de investimento dentre todas as outras fontes de eletricidade, US\$ 116 bilhões. No entanto, a fonte apresentou um volume de investimento 32% menor em 2016, se comparado com o ano anterior, especialmente devido à queda no custo por MW da tecnologia. A Bloomberg estima que um recorde de 70 GWac de projetos de energia solar fotovoltaica foram instalados no mundo em 2016, comparado com 56 GWac em 2015 (BNEF, 2017c).

Gráfico 13. Investimento global em energia renovável, por setor (US\$ bilhões)



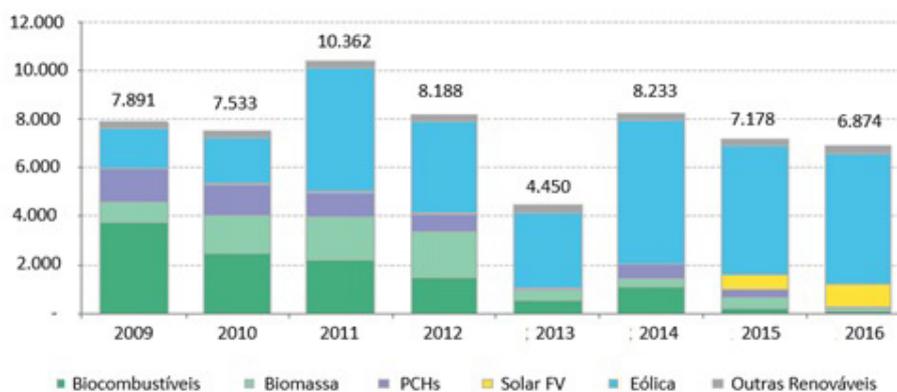
NOTA: T = TRIMESTRE

FONTE: BNEF, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## NO BRASIL

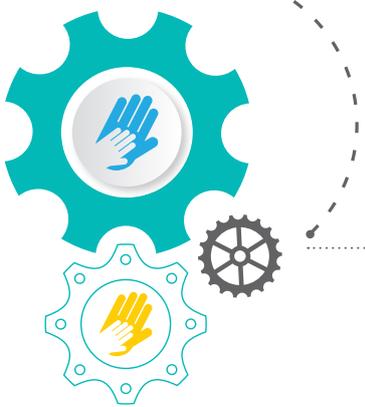
No Brasil, os investimentos em energia renovável atingiram seu pico em 2008, com US\$ 12,3 bilhões, durante o auge dos investimentos em bioenergia no país. Desde então, os investimentos no país têm oscilado entre US\$ 7 bilhões e US\$ 8 bilhões por ano, concentrados no segmento de energia eólica. Em 2016, os investimentos em energias renováveis no Brasil caíram 5% para US\$ 6,8 bilhões (BNEF, 2015c, 2016b e 2017b), especialmente devido à valorização do dólar.

Gráfico 14. Investimento em energia renovável no Brasil, 2004 – 2016 (US\$ milhões)



FONTE: BNEF, 2015c, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).





Quanto ao segmento solar fotovoltaico, os investimentos crescem historicamente, inclusive em 2016. Saíram de poucos US\$ 6 milhões em 2009 para US\$ 562 milhões em 2015, finalmente atingindo o recorde de US\$ 985 milhões em 2016.

## Projeção de investimentos

### GERAÇÃO CENTRALIZADA

O panorama é extremamente positivo para o segmento solar fotovoltaico no longo prazo no Brasil. No entanto, para os projetos vencedores dos quatro leilões que totalizam 2.745 MWac, para um cenário de dúvida quanto a quais projetos serão efetivamente construídos e, daqueles construídos, quais serão entregues no prazo. Considerando essas incertezas de curto prazo e o fato da EPE ter postergado a publicação do “Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2025”, optou-se pela elaboração de três projeções: (i) projeção considerada como Projeção Base; (ii) Projeção Otimista; e (iii) Projeção da ANEEL em conjunto com a EPE.

### Projeção Base

A Projeção Base foi realizada com base nos projetos já vencedores de leilões, sua probabilidade de entrada em operação comercial, e na contratação por leilões futuros a partir de 2017. Como o 2º LER de 2015 prevê prazo de início de operação em novembro de 2018, assumiu-se que a totalidade desses projetos serão construídos e entrarão em operação no prazo determinado pelo contrato. Quanto aos demais três leilões, que totalizam 1.815,8 MWac, assumiu-se que: 1.019 MWac serão construídos e entregues no prazo; 237 MWac serão construídos, porém entregues com atraso (no ano seguinte); e 560 MWac não serão construídos. Essas premissas foram definidas com base na análise da CELA a partir de dados públicos.

Dado que os dois leilões com participação da fonte solar fotovoltaica previstos para o ano de 2016 foram cancelados pela ANEEL, essa projeção não considera qualquer capacidade instalada entrando em operação no ano de 2019. Caso a ANEEL promova leilão em 2017 para início de operação em 2019 ou caso parte dos 1.233 MWac estimados pela CELA para entrar em operação em 2018 atrasem, então seria aplicável assumir que alguma potência entre em operação no ano de 2019, porém esse cenário não considera essa possibilidade.

Para os novos leilões da ANEEL, estimou-se que no ano de 2017 serão contratados 417 MWac ou 500 MWp. Em 2018 em diante, esse volume crescerá para 884 MWac, equivalente a mais de 1 GWp e, entre 2019 e 2023, esse número crescerá à taxa de 5% ao ano, em razão da expansão de demanda de energia e da crescente fatia de mercado da fonte solar fotovoltaica. Por fim, a partir de 2023, seriam contratados volumes de energia de acordo com as projeções da Bloomberg New Energy Finance.

### Projeção Otimista

A Projeção Otimista assume que os 560 MWac do LER 2014 classificados como não construídos na Projeção Base sejam construídos, assumindo que não se apliquem penalidades de atraso de construção a ser cobradas pela ANEEL. Adicionalmente, 80 MWac, que na Projeção Base estavam classificados como construídos, porém com atraso na data de entrada em operação, entrariam em operação na data estimada pelo contrato de compra de energia elétrica, também conhecido como PPA.

Para os novos leilões da ANEEL, estima-se nesse cenário que no ano de 2017 serão contratados 833 MWac. Em 2018, é considerada a contratação de 1.250 MWac e a partir de 2019 esse número crescerá à taxa de 5% ao ano, devido à expansão de demanda de energia e fatia de mercado da fonte solar fotovoltaica.

### Projeção ANEEL e EPE

Por fim, a Projeção ANEEL e EPE toma como base para a entrada em operação comercial dos projetos já contratados em leilão o status do relatório “Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica” de fevereiro de 2017, publicado pela ANEEL (ANEEL, 2017a). Para as projeções de contratação a partir de 2017, a estimativa é baseada no relatório da EPE “O compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia”, publicado em dezembro de 2016 (EPE, 2016d).

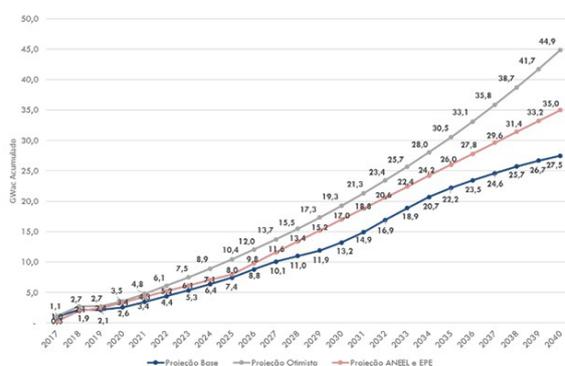
Como o relatório da EPE mencionado não apresenta projeções ano a ano, além do fato de que as projeções foram realizadas somente até 2030, foi estimado crescimento linear anualmente e que esse crescimento seja mantido de 2030 em diante nas projeções até o ano de 2040.

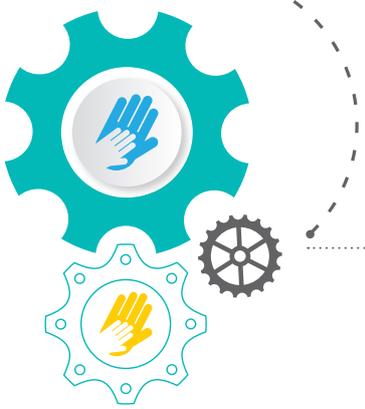
A seguir, neste estudo, apresentamos um gráfico comparando os três cenários. A Projeção Base estima que o ano de 2017 tenha 1,0 GWac de capacidade instalada, e que sejam atingidos 27,5 GWac em 2040.

A Projeção Otimista estima que o ano de 2017 tenha 1,1 GWac de capacidade instalada, e que sejam atingidos 44,9 GWac em 2040. Por fim, a Projeção ANEEL e EPE estima que o ano de 2017 tenha 0,3 GWac de capacidade instalada, e que sejam atingidos 35,0 GWac em 2040.

Gráfico 15. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica centralizada no Brasil (GWac)

Fonte: ANEEL, 2017a, EPE, 2016d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

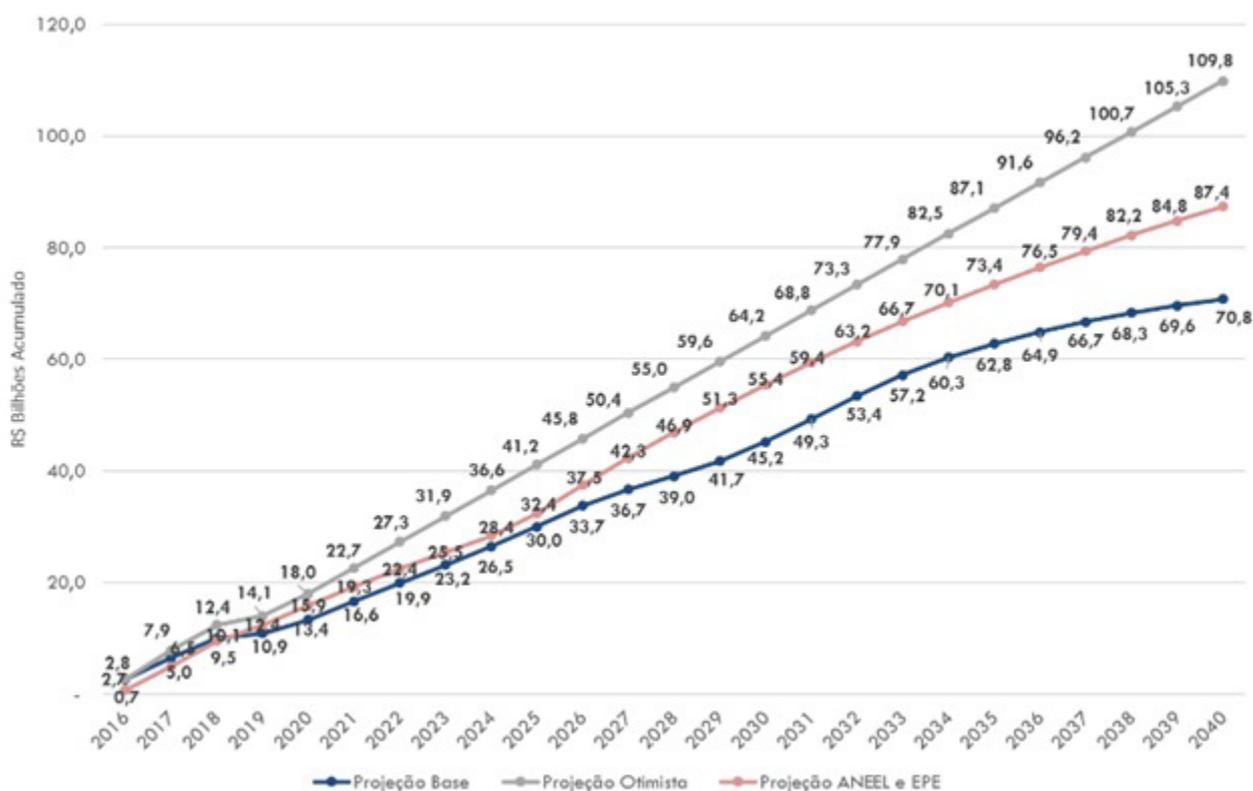




Para todos os cenários, considerou-se que o investimento total por Wp cairá à taxa média de 4,87% ao ano em dólares, conforme estimativa de relatório do Departamento de Energia dos Estados Unidos (FELDMAN, 2015). Para fins comparativos, o preço dos módulos fotovoltaicos caiu por volta de 22% ao ano em dólares desde 2008. Para fins deste estudo, foi considerada taxa de câmbio do Banco Central do Brasil (BACEN) de R\$ 3,2034/US\$ (BACEN, 2017).

Ponderando capacidade instalada, cronograma de entrada em operação e investimento dos projetos, obteve-se, conforme gráfico a seguir, a estimativa de investimentos para o segmento em geração centralizada. Essa projeção chega a um investimento em geração solar fotovoltaica centralizada de R\$ 70,8 bilhões no Brasil até 2040 para o Cenário Projeção Base, R\$ 87,4 bilhões para o Cenário ANEEL e EPE, e R\$ 109,8 bilhões para o Cenário Otimista, a valores com data-base de janeiro de 2017 (em termos reais).

Gráfico 16. Projeções de investimentos acumulados em projetos de geração solar fotovoltaica centralizada no Brasil em valores de janeiro 2017 (R\$ bilhões)



FONTE: ANEEL, 2017a, EPE, 2016d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

É importante frisar que projeções de investimento são muito sensíveis a variações de mercado, em especial, no segmento solar, cujo ciclo tecnológico tem muito a evoluir, principalmente no Brasil, com todas as incertezas inerentes a um segmento em fase inicial de desenvolvimento. Variáveis como demanda dos leilões da ANEEL, taxa de câmbio, política de conteúdo local do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), tributação sobre componentes importados do módulo fotovoltaico, valor de venda do módulo fotovoltaico fabricado no exterior em US\$/Wp, evoluções tecnológicas, dentre outros fatores, podem alterar para mais ou para menos tais projeções.

### GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Conforme citado anteriormente, para 2040, a Bloomberg projeta que 75% da capacidade instalada no Brasil de geração fotovoltaica seja em geração distribuída, equivalente a pelo menos 82 GWac. Além disso, a cada ano que passa, o número de instalações solares fotovoltaicas no Brasil se multiplica, apesar dos obstáculos tributários, regulatórios e de financiamento ainda presentes no segmento.

Novamente, como a publicação do PDE 2025 foi postergada pela EPE, utilizamos três cenários de projeção: (i) a projeção da Bloomberg New Energy Finance (BNEF, 2015b); (ii) a projeção do Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 Referência; e (iii) a projeção do PNE 2050 Novas Políticas.

### Projeção Bloomberg

A projeção Bloomberg utilizada foi a publicada no “New Energy Outlook de 2015”, com algumas atualizações, já considerando os dados de capacidade instalada de 2016, publicados pela ANEEL em janeiro de 2017.

### Projeção PNE 2050 Referências

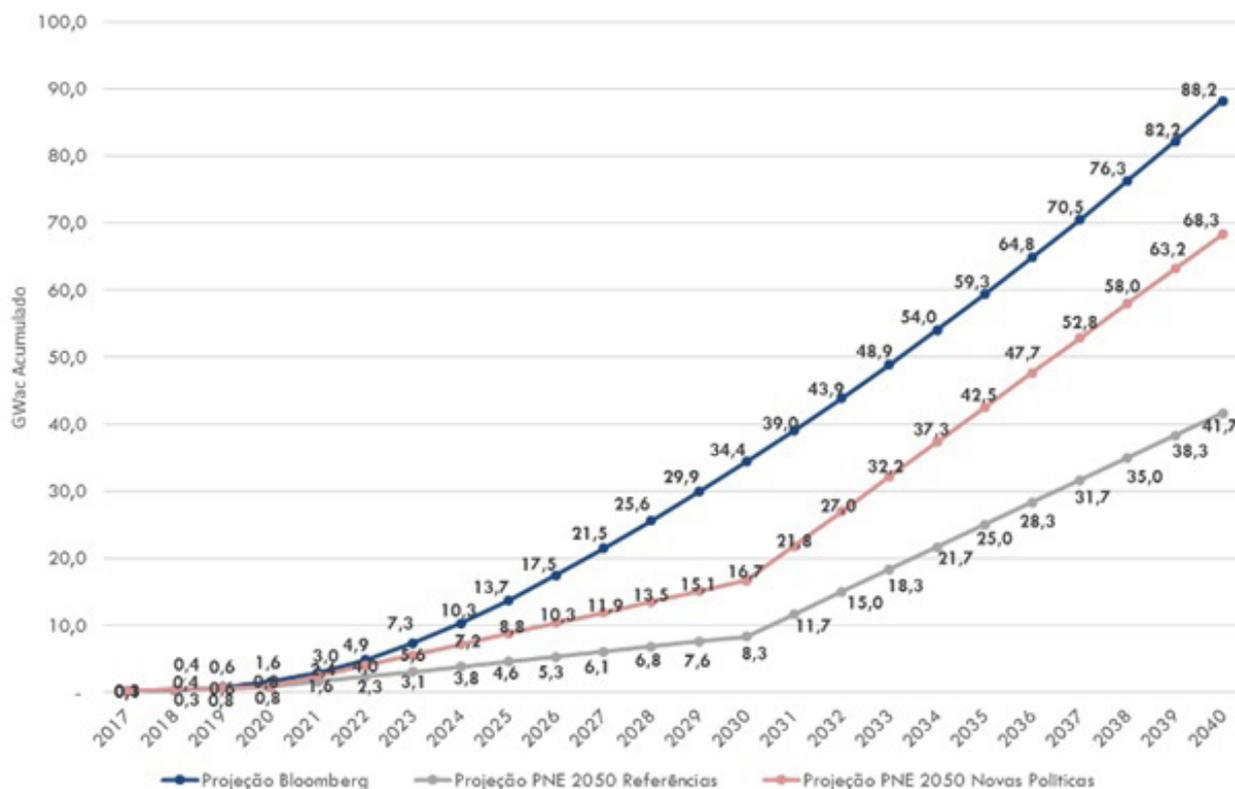
A projeção PNE 2050 Referências emprega como base o relatório publicado em janeiro de 2016, utilizando as premissas referência da EPE, ou seja, o cenário realista baseado nas políticas para o segmento atualmente vigentes. Como forma de conversão dos dados do documento que estão em GWp para os dados do gráfico em GWac foi considerado um ratio estimado de 1,2.

### Projeção PNE 2050 Novas Políticas

A projeção PNE 2050 Novas Políticas utiliza como base o relatório publicado em janeiro de 2016, utilizando as premissas de novas políticas da EPE, ou seja, o cenário mais otimista em relação às políticas para o segmento que estão vigentes atualmente. Como forma de conversão dos dados do documento que estão em GWp para os dados do gráfico em GWac foi considerado um ratio estimado de 1,2.



Gráfico 17. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica distribuída no Brasil (GWac)

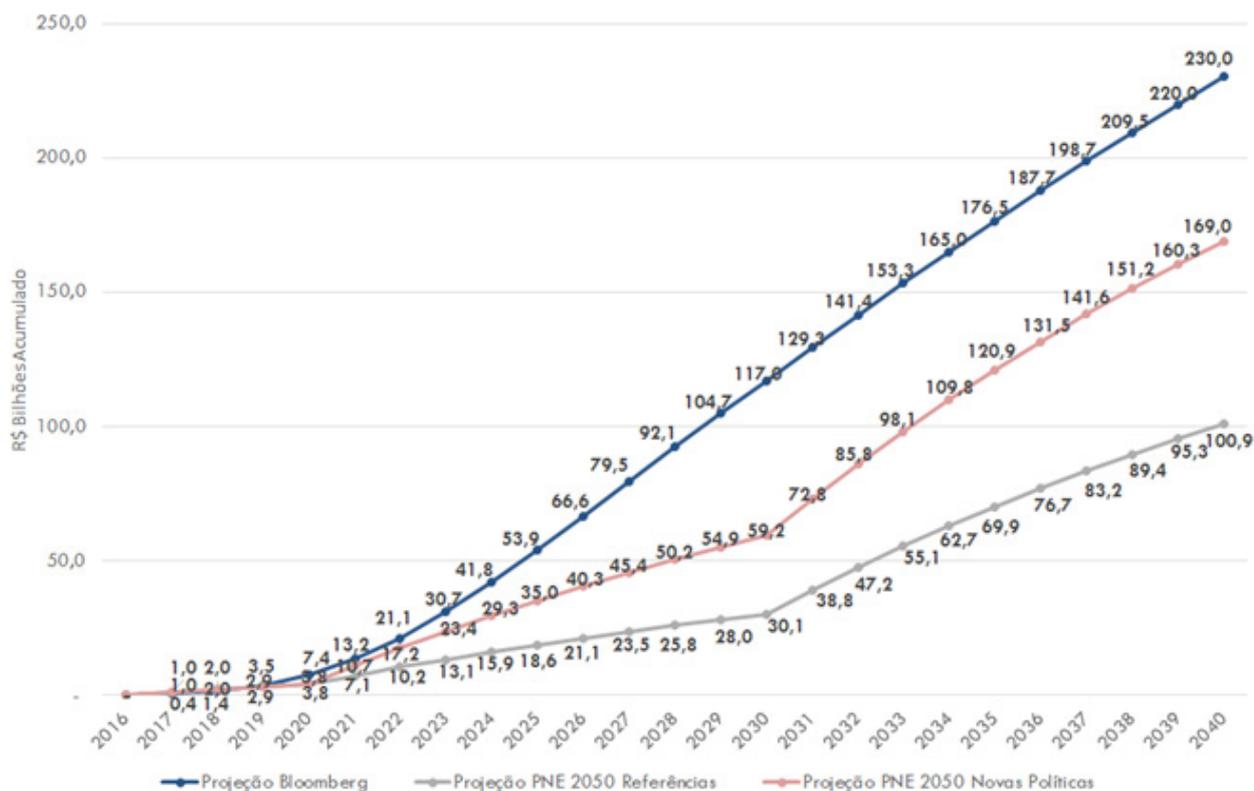


FONTE: BNEF, 2016b, EPE, 2016c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Para a projeção de investimentos, foi considerado que o investimento total por Wp em geração distribuída é 25% mais caro que em centralizada. Parte importante dessa diferença sendo explicada pela incidência do Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) sobre a aquisição dos sistemas fotovoltaicos – dada a não obtenção do benefício do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) (explicado em detalhes no capítulo 3) –, parte em função de ineficiências de escala, tanto na aquisição de bens, quanto em serviços.

Ponderando a projeção de capacidade instalada (em crescimento) e investimento por Wp dos sistemas (em queda), obteve-se a seguinte estimativa de investimentos para o segmento em geração distribuída.

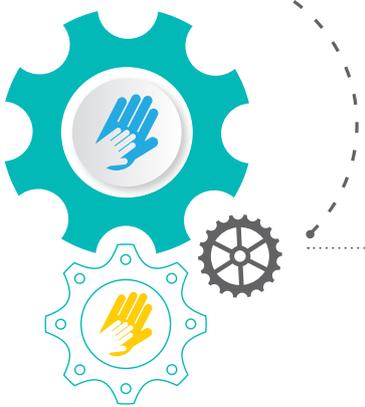
Gráfico 18. Projeções de investimentos acumulados em geração solar fotovoltaica distribuída no Brasil em valores de janeiro 2017 (R\$ bilhões)



FONTE: BNEF, 2016b, EPE, 2016c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

O resultado desse estudo projeta, portanto, no Cenário da Bloomberg um investimento acumulado de R\$ 230 bilhões em geração solar fotovoltaica distribuída no Brasil entre 2017 a 2040, enquanto o Cenário Referência do PNE 2050 considera R\$ 100,9 bilhões para o mesmo período. Todos os valores projetados consideraram data-base de janeiro de 2017 (em termos reais). Vale ressaltar que, em 2027, o incremento de investimento anual atingiu seu pico, dado que é estimada redução de custo do sistema fotovoltaico de 4,87% ao ano, enquanto existe uma redução no ritmo do incremento de projetos a partir dessa data, fazendo com que o investimento anual decresça.

Importante destacar que, tanto para a geração centralizada quanto para a distribuída, as projeções de investimento referem-se única e exclusivamente aos sistemas e usinas geradoras de eletricidade. Juntos, esses investimentos totalizariam no pior dos cenários R\$ 171,7 bilhões e no melhor dos cenários R\$ 339,8 bilhões até 2040. Adicionalmente, os investimentos nessas unidades geradoras movimentarão toda a cadeia de valor do segmento, conforme será discutido no capítulo 14.



## 2.4 Geração de empregos

A cadeia de energia solar fotovoltaica é a que mais contrata no mundo, em fabricação, instalação, operação e manutenção, com 2,8 milhões de empregados globalmente no ano de 2015, gerando por volta de 25 a 30 empregos por MWp instalado (IRENA, 2016a).

Segundo o “Relatório Alvorada”, do Instituto Greenpeace, a perspectiva de crescimento de empregos no segmento fotovoltaico brasileiro é de 2.804.215 de empregos diretos e indiretos até 2030 somente no segmento de geração distribuída, sendo a maioria em microgeração (Greenpeace, 2016). Para esse volume de empregos gerados, o estudo prevê 29,6 GWp de instalações até 2030. A premissa considerada pelo Greenpeace é de 95 vagas de empregos por MWp instalado. O cenário citado já considera em vigência a REN 687/15, mas não considera nenhuma outra melhoria na regulação e/ou tributação para o futuro. Outra premissa importante é a taxa de importação adotada nos cálculos. O modelo estima que essa taxa será de 80% entre 2015 e 2018, de 50% entre 2019 e 2023 e de 20% entre 2024 e 2030. Do ponto de vista geográfico, das vagas geradas, 58% estariam na região Sudeste, 22% na região Sul, 13% na região Nordeste, 4% na região Centro-oeste e 3% na região Norte. Os cenários utilizam dados de 2015 para realizar as projeções para os anos seguintes (Greenpeace, 2016).

A pesquisa do Greenpeace também analisa um cenário otimista, que chamou de “Melhor Brasil”, em que foi simulada uma combinação de incentivos – como liberação do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) em todo o país, isenção de impostos de importação, do PIS e COFINS –, de modo a avaliar o potencial da implantação dos sistemas fotovoltaicos em uma escala mais favorável. Nesse caso, o número de postos de trabalhos até 2030 chegaria próximo dos quatro milhões somente no mercado de micro e minigeração, dos quais 2.037.939 representariam empregos diretos gerados (Greenpeace, 2016).





# Legislação e regulamentação para energia solar no Brasil

## 3.1 Regulamentação

O Brasil apresenta um arcabouço regulatório que propicia o estabelecimento e crescimento do segmento fotovoltaico no país tanto no segmento de geração distribuída, especialmente na forma do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), quanto de geração centralizada, por meio dos leilões solares anuais.

### Geração distribuída

#### RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL NÚMERO 482 DE 17 DE ABRIL DE 2012

A REN 482 (ANEEL, 2012a) é a resolução normativa vigente que estabelece e rege o SCEE para projetos de geração distribuída no país. Ela estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e cria a possibilidade de compensação entre a energia elétrica ativa injetada pela unidade de micro ou minigeração distribuída de um gerador-consumidor e a rede distribuidora na qual está conectada. O resultado é uma conta de eletricidade menor para o consumidor que, nesse caso, também exerce o papel de gerador. Quando a quantidade de energia elétrica gerada por uma unidade consumidora representada por residência, comércio, serviço ou indústria em determinado mês for superior à energia elétrica consumida pela unidade naquele período, esta fica com créditos que podem ser compensados para diminuir a sua conta de luz nos meses seguintes. Esse sistema é denominado net metering, ou medição líquida, e é válido para quaisquer fontes de energia elétrica renovável, inclusive a energia solar fotovoltaica.

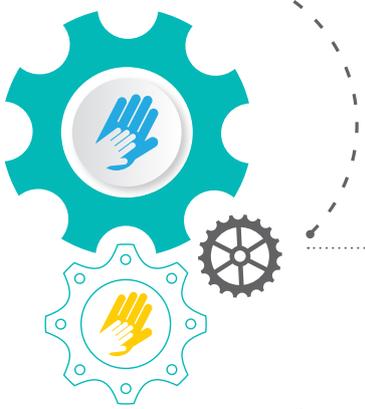
Essa compensação se dá via empréstimo gratuito de energia elétrica das unidades geradoras à distribuidora local, passando a unidade (ou o consumidor-gerador) a ter um crédito em energia elétrica ativa a ser consumida em até 36 meses (posteriormente revisado, conforme REN 687/15', descrita a seguir) contados da data do faturamento. Atualmente, apenas clientes do chamado Ambiente de Contratação Regulado (ACR) podem aderir ao SCEE, o que não se aplica a consumidores livres ou especiais.

Alguns dos requisitos da REN 482 incluem:

- Microgeração: projetos menores ou iguais a 100 kWac;
- Minigeração: projetos entre 100 kWac e 1 MWac;
- A potência do projeto é limitada à (i) carga instalada (unidade do grupo B); e (ii) demanda contratada (unidade do grupo A);
- A unidade consumidora deve se conectar à rede de distribuição por meio da celebração de Acordo Operativo (para projetos de minigeração) ou Relacionamento Operacional (para projetos de microgeração), não sendo necessário celebrar Contrato de Uso do Sistema de Distribuição (CUSD) ou Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão (CCT);
- A unidade consumidora é responsável pelos custos de adequação do sistema de medição (diferença entre o custo do sistema de medição e o custo do medidor convencional para consumidores do mesmo nível de tensão).

Além disso, a resolução não permite a venda de energia elétrica gerada por sistemas de geração distribuída dentro das regras da resolução.

A REN 482 foi atualizada pela publicação da REN 687/15'.



## RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL NÚMERO 687 DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015 (REN 687)

A REN 687 (ANEEL, 2015b) atualizou a REN 482 e possibilita novos modelos de negócio, como o autoconsumo remoto, condomínios e a geração compartilhada, fazendo com que o SCEE utilizado no Brasil seja um dos mais avançados no mundo. Algumas das principais atualizações incluem:

- Redefinição dos limites de potência para microgeração para 75 kWac e de minigeração para 5 MWac para energia solar fotovoltaica;
- A compensação de energia contempla ambas a Tarifa de Energia Elétrica (TE) e a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD);
- Criação da possibilidade de autoconsumo remoto, onde o consumidor pode gerar energia elétrica em uma unidade e compensar em outro local/unidade do mesmo titular ou grupo econômico, mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou mesmo CNPJ raiz, desde que conectadas à mesma área de concessão da própria distribuidora;
- Os condomínios ou empreendimentos de múltiplas unidades podem se beneficiar da geração distribuída, e a energia elétrica gerada pode ser creditada para cada consumidor participante desse grupo de condôminos, proporcional à cota de participação de cada um, além de poder fornecer eletricidade para a área comum do condomínio;
- Criação da possibilidade de geração compartilhada, que permite a criação de consórcio ou cooperativa entre diversos consumidores para se beneficiar da geração distribuída, e utilizar créditos da energia elétrica gerada em favor das faturas de todos os consorciados;
- O prazo para utilização dos créditos na fatura elétrica foi alterado de 36 para 60 meses;
- O processo de conexão foi simplificado: para projetos de microgeração, o prazo de todo o processo de autorização da unidade de geração distribuída foi reduzido de 82 dias para 34 dias;
- Os custos para troca do sistema de medição foram passados à distribuidora, no caso de projetos de microgeração;
- As informações constantes nas faturas de energia elétrica para os consumidores com unidades de geração distribuída são mais detalhadas;
- As informações que o consumidor deve fornecer à distribuidora foram padronizadas e simplificadas.

Figura 33. Sistemas fotovoltaicos individuais



FONTE: ALSOL, 2017.

#### SEÇÃO 3.7 DO MÓDULO 3 DOS PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO (PRODIST)

A seção 3.7 do PRODIST detalha o procedimento de acesso de micro e minigeração distribuída participante do SCEE ao sistema de distribuição (ANEEL, 2016e). Sua sexta revisão define, por exemplo:

- A obrigatoriedade apenas das etapas de solicitação de acesso e parecer de acesso em formulário padrão disponibilizados na página da internet da distribuidora;
- Que é da distribuidora a responsabilidade pela coleta e envio à ANEEL das informações para registro de micro e minigeração distribuída;
- Os prazos de todas as etapas para acesso ao sistema de distribuição são pré-definidos no PRODIST;
- Os critérios técnicos e operacionais para conexão;
- Os requisitos dos projetos das instalações de conexão;
- Os procedimentos de implementação e vistoria das instalações;
- Os requisitos para operação, manutenção e segurança da conexão;
- O sistema de medição;
- Os contratos entre o gerador e distribuidora utilizados serão o Relacionamento Operacional ou Acordo Operativo;
- As etapas para solicitação de acesso.

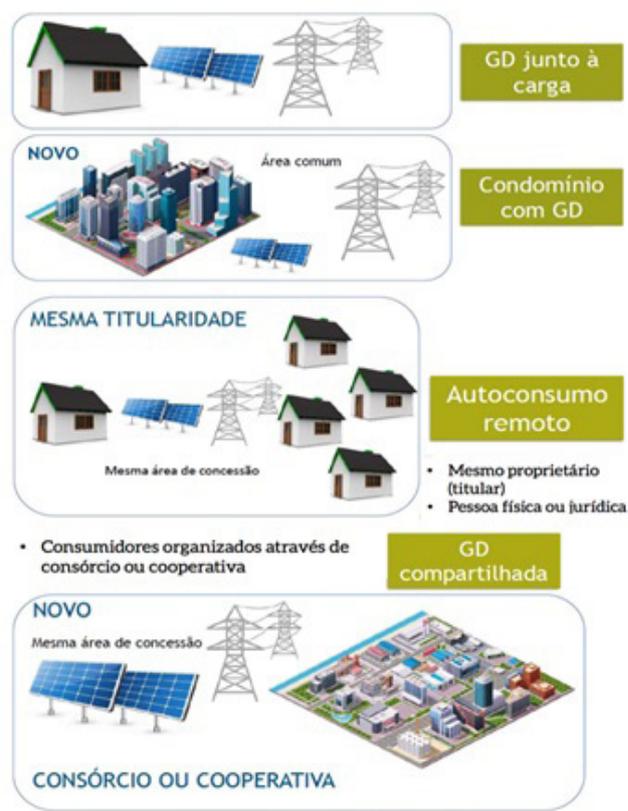


Figura 34. Sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração distribuída – possibilidades com a A REN 687

FONTE: ANEEL, 2016g.

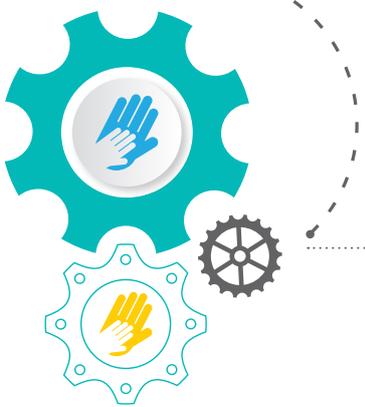
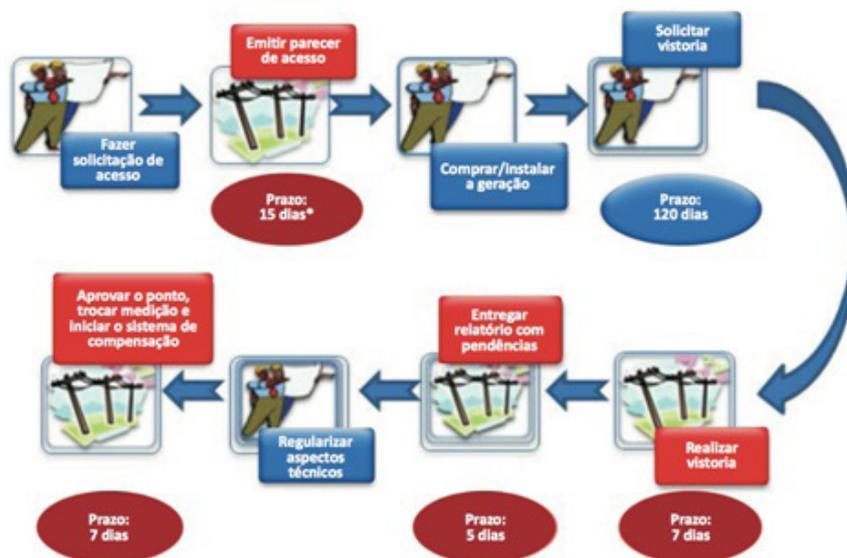


Figura 35. Procedimentos e etapas de acesso



FONTE: ANEEL, 2016a.

## PROGRAMA LUZ PARA TODOS

O Programa Luz para Todos instala sistemas fotovoltaicos em comunidades que não têm acesso à energia elétrica, inclusive no sistema isolado (Silva, 2015). O novo Manual para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados, elaborado pelo MME, cria competências para a contratação dos sistemas de geração de energia necessários para atender a comunidades que estão em áreas remotas, inclusive de geração fotovoltaica e foi atualizado em 2015 (MME, 2015a). O material traça os critérios técnicos, financeiros, procedimentos e prioridades que serão aplicados no atendimento das comunidades isoladas, preferencialmente com o uso de fontes alternativas de energia, para o período de 2015 a 2018.

## RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL NÚMERO 493 DE 5 DE JUNHO DE 2012 (REN 493)

A REN 493 (ANEEL, 2012b) estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI).

## VENDA DIRETA PARA DISTRIBUIDORAS

O artigo 15º do Decreto no 5.163/04' (Brasil, 2004a) regula a compra por distribuidoras de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída. A contratação é permitida desde que seja precedida de chamada pública e seja limitada a 10% da carga do agente de distribuição. Nessa hipótese, dado que a REN 482 veda a venda de energia elétrica por unidades de geração distribuída, a unidade teria que abrir mão dos benefícios do SCEE.

#### Geração centralizada

#### LEILÕES DE ENERGIA DE RESERVA E LEILÕES ESTADUAIS

Praticamente todos os grandes projetos fotovoltaicos em construção no Brasil (projetos a partir de 5 MWac, mais usualmente a partir de 30 MWac) foram vencedores dos Leilões de Energia de Reserva (LER). Foram contratados 2.745 MWac de projetos fotovoltaicos no Brasil desde 2013 por meio desses leilões.

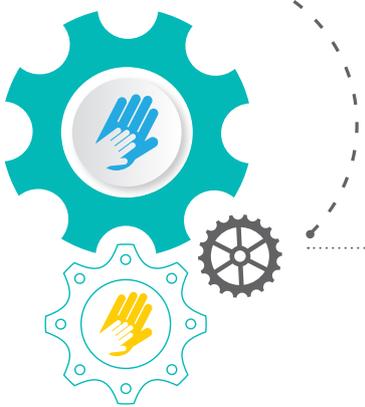
O primeiro leilão exclusivamente dedicado à fonte de energia fotovoltaica no Brasil foi conduzido pelo estado de Pernambuco em dezembro de 2013, onde foi contratada energia de 6 projetos com 92 MWac de potência, ao preço médio de R\$ 228,63/MWh (Silva, 2015). Desde então, três LER já foram realizados contando com um produto específico para energia fotovoltaica, ou seja, essa fonte não concorreu com outras.

O primeiro LER fotovoltaico, realizado em outubro de 2014, contratou energia de 890 MWac de 31 projetos, a um preço médio de R\$ 215,12/MWh, deságio de 17,9% perante o preço teto fixado (EPE, 2014b). O segundo LER, realizado em agosto de 2015, contratou energia de 834 MWac de 30 projetos, a um preço médio de R\$ 301,79/MWh (EPE, 2015a), deságio de 13,5% do preço inicial. O terceiro LER, realizado em novembro de 2015 contratou energia de 929 MWac de 33 projetos, a um preço médio de R\$ 297,75/MWh (EPE, 2015b), deságio de 21,0% do preço inicial. O quarto e quinto LER, que seriam realizados em setembro e em dezembro de 2016 foram cancelados pelo governo devido à sobrecontratação de energia elétrica por parte das distribuidoras.

Os critérios para habilitação de um projeto de geração solar fotovoltaica para participar nos leilões são definidos a cada LER pela ANEEL. Via de regra, os principais critérios são:

- Potência maior ou igual 5 MWac;
- Custo Variável Unitário (CVU) igual a zero;
- Não ter vendido energia elétrica em outros leilões;
- Não ter ponto de conexão ao Sistema Integrado Nacional (SIN) com capacidade inferior à potência injetada;
- Medição local de irradiância global por período mínimo de um ano e, a partir de 2018, dois anos para sistemas de concentração solar;
- Certificação de medição solar com estimativa de produção anual emitida por empresa independente.

Vale ressaltar que a manutenção e continuidade desses leilões em periodicidade anual e em volumes regulares é essencial para o desenvolvimento e crescimento do segmento de energia solar fotovoltaica centralizada no país, inclusive sua cadeia produtiva e de serviços.



## VENDA DIRETA A CONSUMIDORES ESPECIAIS

Geradores solares e de outras fontes alternativas, com potência injetada até 50 MWac, podem comercializar energia elétrica, sem intermediação das distribuidoras, com consumidores especiais com carga entre 500 kWac e 3.000 kWac. Na aquisição da energia, os consumidores especiais são beneficiados com desconto na TUSD, estimulando a substituição da distribuidora pelo gerador da fonte alternativa (Brasil, 1996).

## 3.2 Tributação e incentivos fiscais

Aplicáveis tanto à geração distribuída quanto à centralizada

### CONVÊNIO NÚMERO 101/1997 DO CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA (CONFAZ)

O Convênio CONFAZ 101/1997 isenta do ICMS as operações envolvendo vários equipamentos destinados à geração de energia elétrica por células fotovoltaicas. No entanto, esse convênio não abrange todos os equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores (CONFAZ, 1997). O segmento tem se mobilizado para expandir esse benefício para toda a cadeia solar.

### PROGRAMA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES (PADIS)

Instituído pela Lei nº 11.484/07' (Brasil, 2007c) e regulamentado pelo Decreto no 6.233/07' (Brasil, 2007b), e posteriormente alterado pelo Decreto nº 7.600/11' (Brasil, 2011a) e Decreto nº 8.247/14' (Brasil, 2014), o PADIS é um conjunto de incentivos fiscais destinado a contribuir para a atração de investimentos na área de semicondutores e displays, usados como insumo para produtos eletrônicos. As células fotovoltaicas e módulos estão incluídos no programa, entre outros produtos da cadeia produtiva, observadas determinadas condições. A Portaria Interministerial Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) nº 1.045/14' (MCTI, 2014) estabelece as etapas produtivas que correspondem ao corte, encapsulamento e teste para a produção de módulos (células fotovoltaicas montadas em módulos) com incentivos do PADIS.

O PADIS possibilita às empresas interessadas a desoneração de determinados tributos federais incidentes na implantação industrial, na produção e comercialização dos dispositivos semicondutores e displays. Por exemplo, reduz a zero as alíquotas de Imposto de Importação (II), PIS/PASEP e COFINS incidentes na venda no mercado interno ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos, para projetos, inclusive fotovoltaicos no mercado interno ou de importadora. O Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e o Imposto de Renda (IR) podem ser objeto de alíquota zero, quando condicionados a investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

O PADIS alcança semicondutores e a produção de células fotovoltaicas, maquinário e equipamentos utilizados na produção de semicondutores, porém não alcança toda a cadeia fotovoltaica, e, portanto, é tema de debate na indústria para aperfeiçoamento do PADIS, ou então criação de um programa específico para a indústria solar fotovoltaica.

#### LEI DA INFORMÁTICA

A Lei nº 8.248/91 (Brasil, 1991), modificada pela Lei nº 11.077/04 (Brasil, 2004b), oferece benefícios tributários para bens de informática e de automação, inclusive para a produção de equipamentos destinados à geração fotovoltaica. Esses benefícios estão condicionados a investimentos em pesquisa e desenvolvimento e não são restritos à fonte solar fotovoltaica.

#### REDUÇÃO DE IMPOSTO DE RENDA (SUDENE, SUDAM, SUDECO) E DEPRECIÇÃO ACELERADA

Incentivo fiscal federal baseado na Medida Provisória (MP) nº 2.199 – 14/01 (Brasil, 2001). Empresas e projetos de energia localizados nas áreas de atuação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) (Brasil, 2002a) e da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) (Brasil, 2002b) são considerados prioritários e, portanto, podem se beneficiar de redução de até 75% do Imposto de Renda por um período de 10 anos e depreciação acelerada de 1 a 4 anos da aquisição para fins de cálculo do IR, desde que a região da empresa ou projeto esteja localizada nas microrregiões menos desenvolvidas da área de atuação de cada agência. Para que o empreendimento seja elegível ao benefício, seu CNPJ deve optar pelo regime fiscal de Lucro Real.

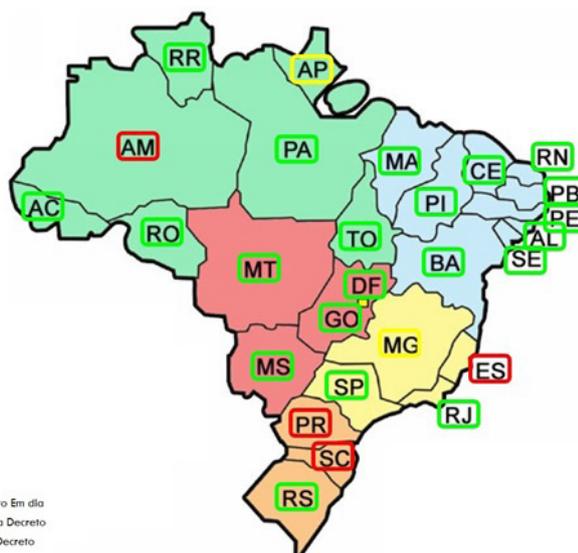
A Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) (SUDECO, 2016) ainda está em processo de discussão para a extensão dos incentivos e benefícios fiscais similares aos da SUDENE e SUDAM.

Figura 36. Estados que já aderiram ao convênio ICMS 16/2015

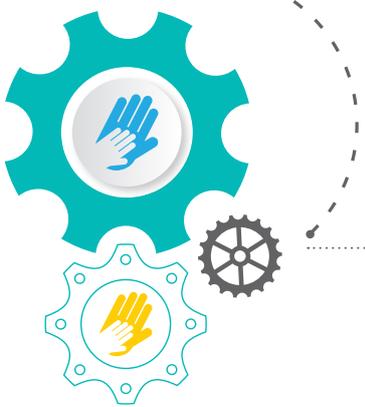
#### Geração distribuída

#### CONVÊNIO NÚMERO 16/2015 DO CONFAZ

O Convênio ICMS no 16/2015 autoriza estados a isentarem o ICMS sobre a energia elétrica de projetos de geração distribuída no âmbito da REN 482, o SCEE. Ele concede isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à energia injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora (CONFAZ, 2015).



FONTE: ABSOLAR, 2017c.



Conforme monitoramento da ABSOLAR, 23 estados já aderiram até maio de 2017, representando mais de 177 milhões de brasileiros que podem ser beneficiados, ou seja, 87% da população brasileira. Destes 23 estados, 21 já publicaram o decreto estadual regulamentando esse benefício, medida necessária para que o benefício entre em prática (CONFAZ, 2015).

### LEI NÚMERO 13.169/15'

A Lei nº 13.169/15', artigo 8º (Brasil, 2015a), desde novembro de 2015, isenta projetos de geração distribuída sob a REN 482 de PIS/PASEP e COFINS na energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora na quantidade correspondente à energia injetada mais créditos acumulados pela unidade consumidora. Portanto, a incidência do PIS e COFINS passou a acontecer apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída.

### Geração centralizada

#### REGIME ESPECIAL DE INCENTIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA (REIDI)

Incentivo fiscal federal baseado na Lei nº 11.488/07' (artigos 1º a 5º) (Brasil, 2007d), Decreto nº 6.144/07' (Brasil, 2007a), Instrução Normativa da Receita Federal do Brasil nº 758/07' (Receita Federal, 2007) e Portaria do MME nº 274/13' (MME, 2013). O REIDI concede a suspensão da contribuição para o PIS, para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP) e da COFINS, no caso da aquisição ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, de materiais de construção e de serviços utilizados e destinados a obras de infraestrutura, entre as quais, as usinas geradoras de energia solar, destinadas ao ativo imobilizado. O projeto deve ser aprovado pelo MME, e o benefício é válido por cinco anos, a contar da habilitação do titular do projeto.

#### DESCONTOS NA TUST E TUSD

Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na TUSD são aplicáveis para projetos fotovoltaicos que não participam do SCEE (REN 482). A Lei nº 10.762/03' (Brasil, 2003) incluiu a fonte solar entre as beneficiárias do incentivo de redução de TUST e TUSD. O desconto é de 80% para empreendimentos cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 300.000 kWac e que entrem em operação até 31 de dezembro de 2017. Com a ressalva de que o limite para empresas autorizadas até 1º de janeiro de 2016 é de 30.000 kWac. O desconto passa a ser de 50% a partir do 11º ano de operação da usina solar ou para empreendimentos que comecem a operar a partir de 1 de janeiro de 2018 (Silva, 2015), também respeitado o limite de capacidade de 300.000 kWac.

#### DEBÊNTURES INCENTIVADAS

A Lei nº 12.431/11' (Brasil, 2011c), regulamentada pelo Decreto nº 7.603/11' (Brasil, 2011b), e posteriormente pelo Decreto nº 8.874/16' (Brasil, 2016), concede a isenção de IR dos rendimentos de pessoa física e alíquota de 15% de IR para pessoa jurídica brasileira, relacionados à emissão

de debêntures por sociedade de propósito específico, relacionados à captação de recursos para implementação de projetos na área de infraestrutura, inclusive projetos de geração solar fotovoltaica.

O objetivo do governo, ao lançar esta lei, foi o de estimular e desenvolver o mercado de capitais como fonte de financiamento alternativa ao BNDES, via apoio aos projetos de infraestrutura por meio de emissão de debêntures.

#### Outras iniciativas

##### CHAMADA ANEEL DE P&D ESTRATÉGICO 013/2011

Publicada em agosto de 2011, a Chamada de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Estratégico 013/2011 – “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” foi precursora no Brasil no desenvolvimento dos primeiros projetos fotovoltaicos do país. A chamada recebeu 18 propostas para construção de usinas fotovoltaicas de 0,5 MW a 3 MW (ANEEL, 2011). A chamada teve o objetivo de alavancar estudos e pesquisas para comprovar a viabilidade da fonte solar fotovoltaica no Brasil, que ainda não era competitiva em 2011. Até o final de 2016, 16,5 MW de 12 projetos oriundos da chamada já estavam em operação (ANEEL, 2016b).

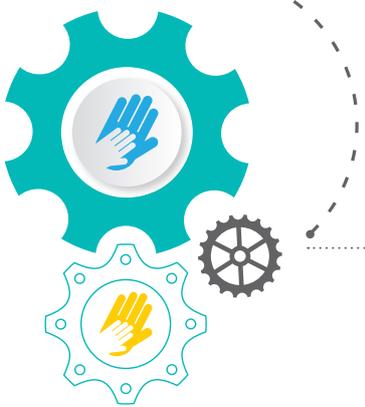
A obrigatoriedade pelas empresas concessionárias de energia elétrica de aplicação de recursos em P&D está prevista em lei e nos contratos de concessão, cabendo à ANEEL regulamentar o investimento no programa, acompanhar a execução dos projetos e avaliar seus resultados. A legislação estabelece que as empresas concessionárias, permissionárias ou autorizadas de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica devem aplicar anualmente um percentual mínimo de sua receita operacional líquida no Programa de P&D do setor de energia elétrica.

##### PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (ProGD)

O MME criou o ProGD, por meio da Portaria nº 538/15' (MME, 2015b), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia, em especial, a solar fotovoltaica. Segundo o MME, o programa pode movimentar pouco mais de R\$ 100 bilhões em investimentos, até 2030.

Um dos pontos importantes previstos na Portaria para estimular a geração de energia distribuída é a atualização dos Valores Anuais de Referência Específicos (VRES), em R\$ 454,00/MWh para a fonte solar fotovoltaica. Esse valor define a remuneração paga pela distribuidora ao gerador pela energia que ele entrega à rede de distribuição (para projetos fora do âmbito do SCEE). O programa também define mecanismo de atualização automática desse valor, anualmente pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), durante vigência do contrato, garantindo manutenção dos custos. Atualmente, as empresas de distribuição de energia elétrica podem comprar até 10% da carga de fontes de geração distribuída (Art. 15º do Decreto no 5.163/04') (Brasil, 2004a) para compor seu portfólio.

O ProGD também prevê a estruturação de novos horizontes para a comercialização da energia gerada pelos consumidores-geradores no mercado livre, aumentando a energia comercializada



nesse ambiente e permitindo a extensão de benefícios característicos do mercado livre para mais agentes. O ProGD prevê ações para simplificar o mecanismo de comercialização dessa energia no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Ainda no âmbito do ProGD, o MME e o Ministério da Educação e Cultura (MEC) definiram projeto específico de instalação de sistemas de geração distribuída baseados em módulos fotovoltaicos para universidades e escolas técnicas federais, extensível a hospitais federais. A chamada no. 001/2016 (ANEEL, 2016c) do Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D “Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior” foi publicada em novembro de 2016, e a data limite para o envio de propostas foi definido para 27 de março de 2017.

### Programas e incentivos estaduais e municipais

Além de já terem aderido ao Convênio CONFAZ no 16/2015 para geração distribuída, conforme descrito abaixo, existem alguns programas e incentivos estaduais adicionais oferecidos ao segmento fotovoltaico em geral.

#### GOIÁS

Em 16 de fevereiro de 2017, o governo do estado de Goiás lançou o Programa Goiás Solar. O programa é executado pela Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (Secima) e tem como objetivo a elaboração de políticas públicas e medidas que incentivem o consumo e a geração de energias limpas renováveis, com destaque à energia solar fotovoltaica. Dentre as iniciativas que serão implementadas está a isenção do ICMS para micro e minigeradores, a ampliação do crédito produtivo da Goiás Fomento de R\$ 50 mil para R\$ 200 mil, a criação da linha de financiamento FCO SOL para projetos fotovoltaicos e a instalação de módulos de geração de energia fotovoltaica em residências construídas pela Agência Goiana de Habitação (Agehab) (Diário de Goiás, 2017).

#### MATO GROSSO DO SUL

No dia 30 de dezembro de 2016, o governo do estado do Mato Grosso do Sul sancionou duas leis que trazem desoneração e estímulo à energia solar fotovoltaica no estado. A Lei no 4.966/16’ (Mato Grosso do Sul, 2016a) desonera do pagamento da compensação ambiental os empreendimentos destinados à produção de energia elétrica por fontes renováveis (fotovoltaica, além de biomassa e eólica), quando estes forem licenciados a partir de estudos ambientais diversos, como Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA – RIMA) e desde que representem a ocupação de espaços territoriais já antropizados.

A Lei no 4.967/16’, artigo 2º, autoriza o poder executivo a criar a Política Estadual de Incentivo à Geração e ao Aproveitamento da Energia Solar em Mato Grosso do Sul, e tem como objetivo “estimular, como forma de diminuir o consumo das diferentes fontes de energia, os investimentos e a implantação dos sistemas de energia solar ecologicamente corretos, englobando o desenvolvimento tecnológico e a produção de energia solar fotovoltaica e fototérmica para autoconsumo em empreendimentos particulares e públicos, residenciais, comunitários, comerciais e industriais” (Mato Grosso do Sul, 2016b, p. 3).

#### MINAS GERAIS

Em Minas Gerais, a Lei nº 20.824/13' (Minas Gerais, 2013b) prevê desoneração do ICMS de equipamentos para geração de energia fotovoltaica, bem como isenção do ICMS relativo ao fornecimento de energia fotovoltaica pelo prazo de cinco anos, contado da data de início da geração de energia. A Lei nº 20.849/13' (Minas Gerais, 2013c) institui a política estadual de incentivo ao uso da energia solar fotovoltaica. O Decreto nº 46.296/13' (Minas Gerais, 2013a) dispõe sobre o Programa Mineiro de Energia Renovável – Energias de Minas e medidas para incentivo à produção e ao uso de energia renovável. Portanto, o estado fornece incentivos fiscais na produção de peças e partes utilizadas na geração e comercialização de energia solar desde que produzida e comercializada em Minas Gerais, bem como a isenção de ICMS na geração distribuída para o cliente cativo.

#### PERNAMBUCO

O estado de Pernambuco foi o primeiro a realizar um leilão solar, o Leilão PE Sustentável 2013, para projetos de geração centralizada, contratando 92 MWac de energia solar. Em maio de 2015, foi publicado o Decreto no 41.786 (Pernambuco, 2015a), que instituiu o Programa PE Solar, que visa estimular a implantação de microgeração e minigeração de fonte solar distribuída em instalações consumidoras em todo o estado, permitindo que pequenas e médias empresas tenham tanto acesso a essa tecnologia quanto ao financiamento de seus projetos.

#### RIO DE JANEIRO

No Rio de Janeiro, a Política Estadual de Incentivo ao Uso da Energia Solar, instituída pela Lei no 7.122/15' (Rio de Janeiro, 2015), isenta de ICMS os materiais voltados para produção ou manutenção do sistema de energia solar fotovoltaico, dos produtos acabados, além de inversores de tensão e controladores de carga.

Outra iniciativa no Rio de Janeiro, uma parceria entre a Secretaria Estadual de Desenvolvimento, Econômico, Energia, Indústria e Serviços (Sedeis), a EPE, o Instituto Pereira Passos (IPP) e a GIZ da Alemanha é o aplicativo on-line Mapa Solar Rio. O aplicativo mede o potencial de geração de energia solar fotovoltaica nos telhados da cidade do Rio de Janeiro e pode ser acessado no seguinte website: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=ea015caccdde49f1a838599dd6d3edd3>. O mapeamento faz parte do Programa Rio Capital da Energia e tem o objetivo de informar a população sobre o potencial de economia nas contas de luz com a instalação de equipamentos fotovoltaicos.

#### SÃO PAULO

O Decreto nº 61.440/15' (São Paulo, 2015) concede isenção de ICMS para a produção de equipamentos destinados a geração de energia fotovoltaica e eólica. A medida isenta o ICMS das partes e peças de geradores fotovoltaicos, de aerogeradores, e torres para suporte de energia eólica. Também estão contemplados pela medida outros componentes.

#### TOCANTINS

O Programa Palmas Solar foi implantado em novembro de 2015 por meio da Lei Complementar nº 327/15' (Palmas, 2015), e estabelece incentivos ao uso e à instalação de sistemas fotovoltaicos no município de Palmas. Os incentivos do município são concedidos através de descontos em taxas



municipais para quem instalar energia solar em seus imóveis, e obrigatoriedade para construções públicas na cidade. Inclui: desconto de até 80% no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU); desconto de 80% do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN); e desconto de até 80% do Imposto de Transferência de Bens Imóveis (ITBI).

A regulamentação do programa, publicada em 28 de março de 2016 estabelece todos os critérios e procedimentos a serem adotados para a obtenção dos incentivos, tais como as fórmulas de cálculo para se definir a diferença entre a geração e o consumo médio mensal de energia e assim estabelecer os percentuais de descontos. E, em janeiro de 2017, o governo do estado instituiu a Política Estadual de Incentivo à Geração e ao Uso da Energia Solar (Pró-Solar), por meio da Lei nº 3.179/17' (Tocantins, 2017).

### 3.3 Impactos regulatórios aos pequenos negócios

Além da vocação natural do Brasil para a geração fotovoltaica, as políticas públicas têm dado importante impulso no segmento fotovoltaico no país, inclusive para os pequenos negócios.

A transição para uma matriz elétrica em direção a fontes de energia mais limpas e sustentáveis, como a solar fotovoltaica, é um importante exemplo disso, sendo direcionada pela dinâmica do mercado, mas também por políticas públicas. Abaixo, explicitamos algumas oportunidades geradas e impactos regulatórios aos pequenos negócios atuantes no segmento.

O SCEE, por meio da REN 687, possibilita melhores oportunidades para os pequenos negócios na geração distribuída. Por exemplo, permite que pequenos negócios:

- Alcancem um mercado potencial maior e mais abrangente, devido: (i) ao aumento do limite de potência dos projetos de minigeração de 1 para 5 MWac; (ii) à criação do modelo de negócio de geração compartilhada; (iii) e à criação do modelo de negócio dos condomínios, residenciais, comerciais e industriais, de qualquer porte.

Este aspecto é relevante para empresas fabricantes na cadeia produtiva, fornecedores de serviços, tais como integradores e instaladores de sistemas fotovoltaicos, empresas de consultoria, além de empresas clientes (consumidoras) que tenham interesse em se beneficiar de reduções na conta de luz com a geração distribuída:

- Consigam conectar os projetos de geração distribuída de forma mais simples, devido à redução do tempo de conexão e custo de conexão dos projetos.

Este aspecto é especialmente importante para fornecedores de serviços como integradores e instaladores de sistemas fotovoltaicos, empresas de consultoria, além de empresas clientes que tenham interesse em se beneficiar de reduções na conta de luz com a geração distribuída:

- Atinjam ganho de escala no esforço de venda e no custo de implantação dos projetos, facilitando a geração e implementação de novos negócios e projetos.

### 3. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

---

Este aspecto é relevante para empresas fabricantes na cadeia produtiva, fornecedores de serviços, como integradores e instaladores de sistemas fotovoltaicos, empresas de consultoria, além de empresas clientes que tenham interesse em se beneficiar de reduções na conta de luz com a geração distribuída:

- Possam oferecer mais atratividade econômica para clientes aderirem aos sistemas fotovoltaicos e, portanto, expandir o mercado.

Este aspecto é importante para empresas fabricantes na cadeia produtiva, fornecedores de serviços como integradores e instaladores de sistemas fotovoltaicos, empresas de consultoria, além de empresas clientes que tenham interesse em se beneficiar de reduções na conta de luz com a geração distribuída:

- Fidelizem seus clientes, devido ao aumento da transparência na contabilização dos créditos acumulados pelo consumidor e o prazo de validade de cada um deles.

Este aspecto é especialmente relevante para empresas fornecedoras de serviços, como integradores e instaladores de sistemas fotovoltaicos, além de empresas clientes que tenham interesse em se beneficiar de reduções na conta de luz com a geração distribuída.

Portanto, esses cinco exemplos aceleram a penetração da energia solar fotovoltaica no mercado, atraindo mais clientes para os pequenos negócios em toda a cadeia solar fotovoltaica, conforme ilustrado nos números de instalações crescentes no país.

O PRODIST, por estabelecer um procedimento detalhado, visa garantir a padronização, qualidade, segurança e celeridade no processo de conexão dos projetos de micro e minigeração ao sistema de distribuição. Portanto, também acelera a penetração da energia solar fotovoltaica no país e gera mais negócios para os pequenos empreendedores, desde fabricantes da cadeia produtiva, até fornecedores de serviços como integradores e instaladores de sistemas fotovoltaicos.

Os incentivos fiscais desenvolvidos recentemente para o segmento de geração distribuída, conforme discutido acima, têm sido essenciais para a maior adoção da energia fotovoltaica por parte cada vez maior da população brasileira, na medida em que a viabilidade econômica da instalação dos sistemas – do ponto de vista do consumidor – fica cada vez mais atraente. O Convênio CONFAZ nº 16/2015 possibilita que a energia fotovoltaica seja por volta de 19% mais barata do que antes de sua publicação (EPE, 2014a). Novamente, traz oportunidades para toda a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica.

O PADIS, relevante para a geração distribuída e também centralizada, tem proporcionado maior competitividade aos equipamentos fabricados no país, ainda que limitada. Consequentemente, abre oportunidades para fabricantes de materiais, componentes e equipamentos, inclusive pequenos, na cadeia produtiva fotovoltaica. Diversos componentes do sistema fotovoltaico, por exemplo, já obtiveram o código Finame e estão competindo com equipamentos importados similares.

Na geração centralizada, por sua vez, os leilões solares anuais são um eficaz instrumento de fomento do desenvolvimento e implantação de novos projetos. Fator imprescindível para o desenvolvimento e manutenção da indústria e serviços neste segmento – em todas as atividades de valor cadeia – desde a fabricação de componentes e equipamentos até a prestação de serviços para o segmento.



# Financiamento para energia solar fotovoltaica no Brasil

Financiar é “custear gastos necessários” (Dicionário Michaelis, 2017), ou ainda, “ocorrer às despesas de qualquer empreendimento, facultando-lhe os capitais precisos” (Dicionário do Aurélio, 2017). Em outras palavras, financiamento não é sinônimo de empréstimo ou dívida. Financiamento é todo e qualquer recurso empregado para viabilizar um empreendimento, seja capital próprio, seja capital advindo de terceiros.

Dessa forma, neste capítulo, serão exploradas as alternativas disponíveis de financiamento do segmento fotovoltaico, focando nas atividades de valor de geração (centralizada e distribuída), fabricação de equipamentos, inovação e os pequenos negócios, sejam eles compostos por empresas pré-estabelecidas ou iniciantes. Por alternativas entendam-se as fontes de financiamento disponíveis, as linhas ou modalidades aplicáveis a cada fonte e suas respectivas condições, tais como retorno esperado/taxa de juros, prazo, alavancagem, garantias etc. Outro esclarecimento necessário é que no caso de linhas de financiamento relacionadas à dívida, este capítulo destacou somente aquelas nas quais está explícito que os bens e/ou serviços do segmento solar fotovoltaico são itens financiáveis. Portanto, não foram consideradas em detalhe linhas com escopo genérico.

Em complemento, este capítulo também inclui nomenclaturas específicas do ambiente de financiamentos e que, portanto, é necessário que sejam esclarecidas. É citado principalmente o Índice de Cobertura do Serviço da Dívida (ICSD), que é um índice utilizado para operações de Project Finance com a finalidade de definir o montante de financiamento que um projeto pode suportar, ou seja, sua alavancagem. O ICSD é definido por fórmula pré-estabelecida pelo banco concedente do crédito e, basicamente, consiste em seu Lucro antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (LAJIDA), dividido pela amortização da dívida somada ao pagamento de juros (Serviço da Dívida) a ser contratada, em geral, o índice é calculado anualmente para cada empreendimento apoiado.

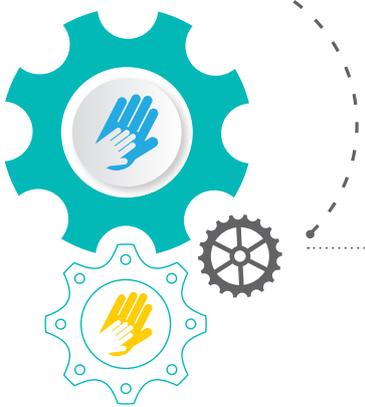
São utilizados também os termos específicos às taxas de juros, tais como a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), utilizada principalmente nos empréstimos de bancos públicos, o Certificado de Depósito Interbancário (CDI), o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e a London InterBank Offered Rate (Libor), que são indexadores de taxas de juros amplamente utilizados em linhas de bancos comerciais e mercado de capitais.

## 4.1 Apoio financeiro a projetos geradores de energia fotovoltaica

Esta seção refere-se à obtenção de recursos para custear os projetos de geração tanto no nível/ CNPJ do projeto de geração, quanto diretamente pelas empresas controladoras dos projetos. Da mesma forma, em se tratando de empréstimos, as alternativas de financiamento apresentadas incluem linhas que podem ser estruturadas tanto de modalidade Corporate Finance, quanto Project Finance.

### Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

O BNDES é o maior financiador do segmento de energias renováveis do Brasil, disponibilizando linhas tanto para projetos de geração centralizada quanto para geração distribuída (BNDES, 2017t). O banco é também o décimo maior banco financiador de energias renováveis no mundo, tendo financiado 15 projetos em 2016, no valor total de US\$ 1.113,2 bilhões (BNEF, 2017a).



A Política Operacional do BNDES passou por uma reestruturação no início de 2017. A nova política estabelece que os critérios de avaliação de financiamentos priorizem os benefícios que o projeto irá gerar para a sociedade. Dentre os temas prioritários para o BNDES está a geração de energia solar. Apesar disso, foram impostas regras mais rigorosas de distribuição de dividendos para os acionistas dos projetos, restringindo-os durante toda a vigência do financiamento a valores entre 25% e 50%, de acordo com indicadores pré-estabelecidos pelo banco, mas nunca superior a 50%.

O BNDES também incentiva o investimento das empresas em projetos sociais no entorno dos empreendimentos apoiados pelo banco e, para esses investimentos sociais, oferece melhores condições de financiamento, com taxas mais baixas e maior alavancagem. Os empréstimos para projetos sociais geralmente apresentam taxa de juros no valor da TJLP sem nenhum adicional de outras taxas e o crédito é concedido em montantes que variam de 0,5% a 1,0% do financiamento do empreendimento principal.

O ponto principal da Política Operacional do BNDES é a exigência de conteúdo local, de modo a incentivar a indústria brasileira. Em 2014, considerando que o segmento solar fotovoltaico ainda era muito incipiente, o BNDES desenvolveu um Plano de Nacionalização Progressiva (PNP) específico para a cadeia solar fotovoltaica de forma a fomentar seu desenvolvimento.

A regra do PNP adota um conceito diferenciado do critério tradicional para o Financiamento de Máquinas e Equipamentos (FINAME) do BNDES, tradicionalmente calculado com base em percentual do peso e do valor do equipamento fabricado no Brasil. Ela exige nacionalização percentualmente progressiva, ao longo dos anos, de componentes e processos específicos.

Com a nova metodologia, a participação máxima do BNDES no apoio aos empreendimentos fotovoltaicos crescerá proporcionalmente ao número de processos industriais e componentes incorporados no país, gerando o Fator de Nacionalização (Fator N) do sistema fotovoltaico, que é utilizado para o cálculo da alavancagem máxima permitida para o projeto. O Fator N nunca será superior a 100%, logo, na melhor das hipóteses, o tomador terá acesso ao teto de alavancagem da linha (e.g. 80% dos itens financiáveis atualmente). Por outro lado, ano a ano, há a exigência de um percentual mínimo para o Fator N, referente aos itens básicos das tabelas abaixo, que se não atendido faz do projeto inelegível a quaisquer linhas de financiamento do BNDES.

As tabelas abaixo explicam como será aplicado o Fator N para cálculo do financiamento de projetos de geração solar fotovoltaica. A cada período estabelecido, cada um dos componentes dos módulos e do sistema fotovoltaico terão um peso, caso sejam fabricados no Brasil. Existem 3 categorias de itens: (i) os básicos, que apresentam exigência de fabricação no Brasil, caso contrário o equipamento não contará com código FINAME; (ii) os opcionais, que podem ou não ser fabricados no Brasil e que podem incrementar o Fator N; e (iii) os prêmios, que são itens estratégicos que, se fabricados no Brasil, aumentam significativamente o Fator N do projeto.

São tratados separadamente os componentes do módulo, gerando um Fator N específico para o módulo, que deve ser multiplicado ao peso do módulo no sistema fotovoltaico, estabelecido como 60% pelo BNDES, e somado aos demais equipamentos do sistema fotovoltaico, que é composto de inversor, estrutura metálica, componentes elétricos, resultando no Fator N do sistema fotovoltaico.

#### 4. FINANCIAMENTO PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

É possível perceber que ao longo do cronograma do PNP, o peso de itens básicos, opcionais e prêmio variam, dado que o objetivo é que cada vez mais componentes e equipamentos sejam fabricados no Brasil, incentivados pela possibilidade de obter maior alavancagem para os empreendimentos. Nota-se também a tendência de que, conforme a evolução do cronograma do PNP, os componentes e equipamentos que antes eram considerados como itens opcionais ou prêmio eventualmente sejam exigidos como itens básicos.

Figura 37. Regras de conteúdo local de módulos fotovoltaicos BNDES

I. Módulo Fotovoltaico (silício cristalino)					Itens Opcionais
1. Componentes	Nível de Exigência	Entregues até Dez/2017	Entregues Jan/18-Dez/19	Entregues Jan/20	Itens Básicos
		Ajuste %	Ajuste %	Ajuste %	
1.1. Materiais	Vidro, Policarbonato ou Acrílico	Fabricados no Brasil com conteúdo local	10%	10%	Itens Prêmio
	Backsheet	Fabricados no Brasil com conteúdo local	5%	5%	
	Encapsulante (EVA)	Fabricados no Brasil com conteúdo local	5%	5%	
	Junction box	Fabricados no Brasil com conteúdo local	5%	5%	
	Frame (moldura)	Fabricados no Brasil com conteúdo local	60%	40%	
1.2. Processos	Módulo	Processo de montagem do Módulo	60%	60%	Itens Básicos
	Célula	Processo de fabricação das Células	30%	30%	
	Wafer	Processo de fabricação dos Wafers	5%	5%	
	Lingote	Processo de fabricação do Lingote	5%	5%	
	Silício Grau Solar	Processo de fabricação Siemens ou Metalúrgico	30%	30%	
1.2. Classificação "A" INMETRO?			6%	6%	
1.3. Fator de Nacionalização Mínimo			60,0%	40,0%	60,0%
2. Fator "N" mínimo do Módulo (somente itens básicos)			36,0%	24,0%	36,0%

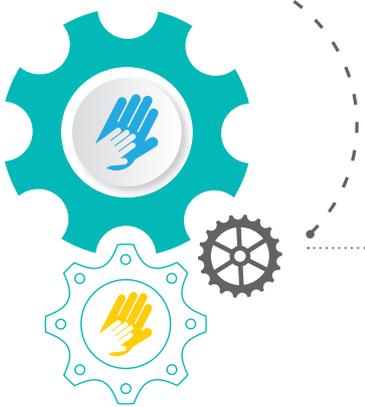
FONTE: BNDES, 2015a, p. 8. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Figura 38. Regras de conteúdo local de sistemas fotovoltaicos BNDES

II. Sistema Fotovoltaico (silício cristalino)					Itens Opcionais
1. Componentes	Nível de Exigência	Entregues até Dez/2017	Entregues Jan/18-Dez/19	Entregues Jan/20	Itens Básicos
		Ajuste %	Ajuste %	Ajuste %	
1.3. Gerador	Módulo	36,0%	24,0%	36,0%	Itens Prêmio
	Componentes Elétricos	Fabricados no Brasil com conteúdo local	20,0%	40%	
	Estrutura metálica	Fabricados no Brasil com conteúdo local	20,0%	40%	
	Inversor	Fabricados no Brasil com conteúdo local	20,0%	40%	
1.2 Fator de Nacionalização Mínimo			64,0%	76,0%	
2. Fator "N" do Sistema com Itens básicos + inversor nacional			76,0%	64,0%	76,0%

FONTE: BNDES, 2015a, p. 8. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).





## BNDES FINEM – GERAÇÃO DE ENERGIA

A BNDES Finem – Geração de Energia é a linha geral de financiamento de energia do BNDES e visa atender a todos os projetos geradores, independente da fonte. Apesar de ser uma linha genérica, as diretrizes apresentam diferenças de prazo, taxa de juros, alavancagem máxima, entre outras condições para cada fonte de energia. A linha foi utilizada como base para a definição das condições de financiamento específicas para os vencedores dos leilões solares de 2014, 2015 e 2016 e é a linha vigente para atender a novos projetos a partir de 2017.

A linha visa atender a geradores de energia solar fotovoltaica que comportem financiamento acima de R\$ 20 milhões, não existindo a necessidade de o projeto ter vencido qualquer leilão para ser elegível ao apoio. Porém, é necessário que o projeto tenha um contrato de longo prazo de venda de energia assinado.

Itens financiáveis: (i) módulo fotovoltaico; (ii) sistema fotovoltaico (módulo + componentes elétricos + estrutura + inversor); e (iii) demais itens financiáveis (e.g. obra civil, conexão elétrica, engenharia, licenciamento etc.).

Abaixo é apresentado quadro resumo das principais condições de financiamento vigentes em 2017:

Tabela 6. Linha BNDES FINEM – Geração de energia

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 80% do módulo e do sistema fotovoltaico ponderados pelo Fator N e até 80% dos demais itens financiáveis	Até 20 anos de amortização. Carência de juros e principal de até 6 meses após o início da operação do projeto	TJLP + de 2,10% até 6,56% ao ano (a.a.) conforme risco de crédito do cliente para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador, se operação for indireta	Mínimo de 1,3 vezes sem Caixa Acumulado	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017h (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Especificamente para os projetos vencedores dos Leilões de Energia de Reserva (LER) de 2014 e 2015, há variações nas condições de financiamento.

Para o LER 2014, além do BNDES FINEM, os projetos também são elegíveis ao Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima), criado pela Lei nº 12.114/09' (Brasil, 2009) e regulamentado pelo Decreto nº 7.343/10' (Brasil, 2010). O teto de utilização de recursos do Fundo Clima é de 15% do valor do sistema fotovoltaico multiplicado pelo Fator N. Para os recursos do FINEM, os limites são: (i) 65% do sistema fotovoltaico multiplicado pelo Fator N; e (ii) 80% dos demais itens financiáveis.

Para os vencedores do LER de agosto e de novembro de 2015, o Fundo Clima já não estava mais disponível e algumas outras condições também ficaram mais restritivas, conforme tabela a seguir.

Tabela 7. Linha BNDES FINEM – Geração de energia para ler agosto e novembro de 2015

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 70% do módulo e do sistema fotovoltaico ponderados pelo Fator N e até 70% dos demais itens financiáveis (pode ser ampliada para 90% com incremento na taxa de juros)	Até 18 anos de amortização. Carência de juros e principal de até 6 meses após o início da operação do projeto	TJLP + 1,2% a.a. + até 2,87% a.a. conforme risco de crédito do cliente para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador, se a operação for indireta	Mínimo de 1,2 vezes sem Caixa Acumulado	Investidor Pessoa Jurídica

FONTES: BNDES, 2015b, 2015c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Normalmente, a linha BNDES FINEM – Geração de Energia é estruturada pelo BNDES na modalidade Project Finance, ou seja, o financiamento é baseado exclusivamente (ou quase exclusivamente) na capacidade de geração de fluxo de caixa do projeto. Neste caso, todos os ativos, direitos e recebíveis dos projetos serão alienados ao credor.

### BNDES FINEM – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Esta linha é destinada a projetos voltados à redução do consumo de energia e aumento da eficiência do sistema energético nacional. Dentre os empreendimentos solares fotovoltaicos passíveis de apoio, estão as edificações com foco em geração distribuída.

As diretrizes da linha não são diferenciadas por fonte de energia, havendo somente a restrição de utilização de combustíveis fósseis. Os projetos elegíveis precisam comportar valor de financiamento acima de  R\$ 5 milhões (projetos individuais ou em conjunto) e é possível financiar desde estudos e projetos, obras civis, aquisição de máquinas e equipamentos, instalação, entre outros. A vantagem dessa linha é que os beneficiários podem ser tanto os consumidores finais de energia elétrica como prestadores de serviços/instaladores que disponibilizem o sistema fotovoltaico em unidades de terceiros. A alocação da linha de financiamento segue as mesmas diretrizes do PNP. Segue quadro resumo das principais condições da linha:

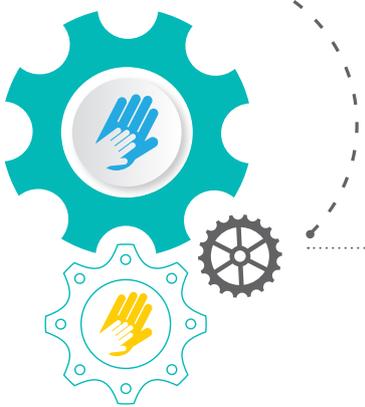


Tabela 8. Linha BNDES FINEM – Eficiência energética

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 80% do módulo e do sistema fotovoltaico ponderados pelo Fator N e até 80% dos demais itens financiáveis	Até 10 anos de amortização (nunca maior que o payback do projeto), incluindo carência de juros e principal de até 6 meses após o início da operação do projeto	TJLP + de 2,10% até 6,56% a.a. conforme risco de crédito do cliente para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador, se a operação for indireta	Mínimo de 1,3 vezes, sem Caixa Acumulado	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017g (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Do ponto de vista de garantias, normalmente a linha BNDES FINEM – Eficiência Energética é estruturada pelo BNDES na modalidade Corporate Finance, ou seja, o financiamento é baseado na capacidade de geração de caixa da empresa proprietária do projeto.

#### BNDES AUTOMÁTICO – MÉDIAS – GRANDES E GRANDES EMPRESAS – SEGMENTOS PRIORITÁRIOS E MICRO, PEQUENA E MÉDIA EMPRESA (MPME) INVESTIMENTO

Estas são linhas específicas para projetos ou empresas que não comportam financiamento superior a R\$ 20 milhões para se enquadrarem na linha Finem – Geração de Energia e que também não se enquadram na linha Finem – Eficiência Energética. Dentre os segmentos prioritários estão citados a geração de energia elétrica renovável a partir da fonte solar fotovoltaica.

As linhas só podem ser desembolsadas através de um agente financeiro credenciado (banco repassador), o que as tornam mais custosas do que as outras linhas do BNDES para geração de energia solar fotovoltaica.

O teto de utilização de recursos BNDES Automático são: (i) 80% do módulo ou do sistema fotovoltaico multiplicado pelo Fator N; e (ii) 80% dos demais itens financiáveis. Quanto maior a quantidade de componentes fabricados ou processos produtivos realizados no Brasil, maior será a participação do BNDES no financiamento, limitado a 80% dos itens financiáveis. Abaixo é apresentado quadro resumo das condições de financiamento:

Tabela 9. Linha BNDES automático segmentos prioritários e MPME investimento

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 80% do módulo e do sistema fotovoltaico ponderados pelo Fator N e até 80% dos demais itens financiáveis para micro, pequena e média empresa	Serão definidos pela instituição financeira credenciada	TJLP + 2,1% a.a. para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador	Não Aplicável	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica
Até 60% do módulo e do sistema fotovoltaico ponderados pelo Fator N e até 60% dos demais itens financiáveis para grandes empresas incentivadas				

FORNTE: BNDES, 2017a, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

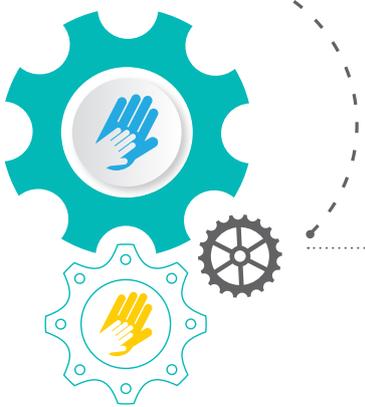
### LEI 13.203 DE 8 DE DEZEMBRO DE 2015

Por fim, conforme o artigo 5o da Lei 13.203/15' (Brasil, 2015c), o BNDES foi autorizado a financiar, com taxas diferenciadas, projetos de geração distribuída em hospitais e escolas públicas. No entanto, apesar da autorização, ainda não foi criada uma linha ou condição diferencial para tal finalidade.

### Fundos regionais

São fundos regionais aqueles que buscam o desenvolvimento econômico de regiões específicas via financiamento para projetos de longo prazo e incentivos fiscais. Há dois tipos de fundos regionais: os fundos constitucionais de financiamento e os fundos de desenvolvimento.

Os fundos constitucionais foram criados pela Constituição Federal de 1988 e visam contribuir para o desenvolvimento econômico e social de suas regiões. Para isso, conta com o repasse pelo Governo Federal de até 3% de toda arrecadação de IR e IPI. Dentre os fundos há o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO). Eles têm algumas linhas aplicáveis ao segmento solar que serão exploradas a seguir.



## FNE VERDE/FNE SOL

As linhas de financiamento do FNE são administradas pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), banco público com 94% do seu capital sob o controle do Governo Federal com sede em Fortaleza-CE. A área de atuação do FNE é toda a região Nordeste mais o norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (BNB, 2016).

Para 2017, o FNE disponibilizou R\$ 7 bilhões para financiamento de infraestrutura, inclusive para linhas aplicáveis a financiamento de projetos de geração solar fotovoltaica, dentre elas, a FNE VERDE a partir do seu subprograma FNE SOL.

A linha de financiamento FNE VERDE tem como objetivo promover o desenvolvimento de atividades que propiciem a preservação, conservação, controle e/ou recuperação do meio ambiente, visando ao foco na sustentabilidade e competitividade das empresas e/ou cadeias produtivas (BNB, 2017b).

Em maio de 2016, o BNB lançou um subprograma da linha FNE VERDE denominado FNE SOL, especificamente para financiar projetos de geração solar fotovoltaica, tanto centralizada quanto distribuída. Vale destacar que apesar do BNB também exigir máquinas e equipamentos com código FINAME (exceto no caso de tomadores com faturamento bruto anual inferior a R\$16 milhões), diferentemente do BNDES, ele não multiplica o apoio total máximo permitido pelo Fator N para chegar ao valor final de alavancagem do projeto (BNB, 2017d).

A partir de 2017, o BNB recebeu aprovação para financiar diretamente os locadores de equipamentos para geração distribuída, de acordo com a Resolução no 102/16' (MI, 2016) do Ministério da Integração Nacional (MI). A linha tem ainda um bônus de adimplência de 15% na taxa de juros para os pagamentos da dívida que sejam realizados pontualmente. Abaixo é apresentado quadro resumo das condições de financiamento:

Tabela 10. Linha FNE verde e FNE sol

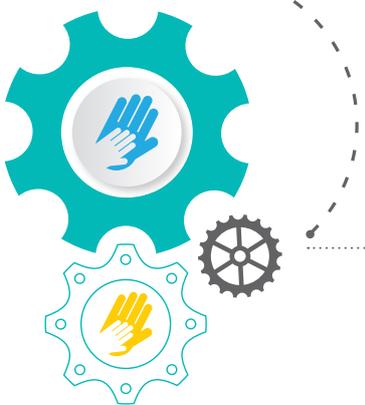
Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis para micro, pequena e pequena-média empresa	Prazo total de até 20 anos para geração centralizada, considerando carência de principal de até 8 anos	Grandes produtores rurais: 10,00% a.a. (com bônus 8,50%)	Mínimo de 1,2 vezes para projetos de geração centralizada	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica
Até 95% dos itens financiáveis para média empresa		Médios produtores rurais: 8,53% a.a. (com bônus 7,2505%)		
Até 90% dos itens financiáveis para grande empresa	Prazo total de até 12 anos para geração distribuída, considerando carência de principal de até 4 anos	Demais produtores rurais: 7,65% a.a. (com bônus 6,5025%)		
		Grande empresa de demais setores: 10,14% a.a. (com bônus 8,619%)		
		Micro, pequena, pequena-média e média empresa de demais setores: 8,55% a.a. (com bônus 7,2675%)		

FONTE: BNDES, 2017a, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## FNO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL

As linhas de financiamento do FNO são administradas pelo Banco da Amazônia (BASA), banco público que tem a missão de promover o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Sua área de atuação é toda a região Norte do país.

A linha FNO Amazônia Sustentável tem como objetivo promover o desenvolvimento econômico e social da região Norte, pautado em bases sustentáveis, a partir da concessão de financiamentos adequados às reais necessidades dos setores produtivos. Podem ser financiados projetos de infraestrutura considerados como prioritários pela Superintendência de Desenvolvimento da



Amazônia (SUDAM), dos quais projetos de geração centralizada e distribuída de energias renováveis fazem parte. A linha também requer máquinas e equipamentos com código FINAME, porém sem a necessidade de multiplicar a alavancagem pelo Fator N. Também é aplicável o bônus de adimplência de 15% na taxa de juros para os pagamentos da dívida que sejam realizados pontualmente (BASA, 2017). A seguir, é apresentado quadro resumo das condições de financiamento.

Tabela 11. Linha FNO Amazônia sustentável

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 70% dos itens financiáveis	Prazo total de até 12 anos, considerando carência de principal de até 4 anos	Micro, pequena, pequena-média e média empresa: 8,55% a.a. (com bônus 7,2675%)  Grande empresa: 10,14% a.a. (com bônus 8,619%)	Definido caso a caso	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BASA, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## FCO EMPRESARIAL

O Banco do Brasil (BB) opera a linha de crédito FCO Empresarial. A linha também pode ser oferecida por intermédio de outros bancos, porém como repasse efetuado pelo BB.

Podem ser financiados projetos que utilizem fontes alternativas de energia tanto para geração centralizada como para geração distribuída, contribuindo para a diversificação da base energética. A linha funciona da mesma maneira que as linhas do BNB e BASA, necessitando que os equipamentos tenham código FINAME, porém, sem a necessidade de multiplicar a alavancagem pelo Fator N. A linha também tem bônus de adimplência de 15% na taxa de juros para os pagamentos da dívida que sejam realizados pontualmente (Sudeco, 2015). A seguir é apresentado quadro resumo das condições de financiamento:

Tabela 12. Linha FCO empresarial

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	Prazo total de até 20 anos, considerando carência de principal de até 5 anos	Micro, pequena, pequena-média e média empresa: 9,50% a.a. (com bônus 8,075%)  Grande empresa: 11,260% a.a. (com bônus 9,571%)	Definido caso a caso	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: SUDECO, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Do ponto de vista de garantias, normalmente, as linhas dos fundos constitucionais são estruturadas na modalidade Corporate Finance, ou seja, o financiamento é baseado na capacidade de geração de caixa da empresa proprietária do projeto. Há, no entanto, histórico de financiamento na modalidade Project Finance para projetos eólicos de geração centralizada no passado e há manifestação de interesse por parte do BNB em financiar projetos fotovoltaicos de geração centralizada nessa modalidade.

### Bancos Multilaterais de Desenvolvimento

Os Bancos Multilaterais de Desenvolvimento são organizações formadas por três ou mais países com o objetivo de financiar projetos ou empresas privadas ou públicas. Os mais ativos no Brasil são:

- International Finance Corporation (IFC);
- Banco Interamericano de Desenvolvimento, do inglês Inter-American Development Bank (IDB ou BID);
- Overseas Private Investment Corporation (OPIC);
- Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF);
- Adicionalmente, em julho de 2014, foi criado o New Development Bank (NDB), Banco Multilateral dedicado a atender o Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (BRICS).

Os Bancos Multilaterais geralmente atuam de duas formas: (i) por meio de financiamentos tipo A Loan, no qual eles concedem financiamento para até 25% dos usos do projeto; e (ii) por meio de financiamentos tipo A/B Loan, no qual eles compartilham volume maior de financiamento com outras instituições financeiras. Muito parecido com as Debêntures, a amortização do financiamento pode ser customizada.

A principal barreira de desenvolvimento dos Bancos Multilaterais no Brasil é devida ao risco cambial. Muitos Bancos Multilaterais emprestam somente em dólares norte-americanos, fazendo com que o risco seja maior para o projeto ou aumentando seus custos para se proteger de futuras variações cambiais. Dentre os bancos multilaterais citados, o IFC e BID concedem financiamento em moeda local. Apesar disso, o ponto positivo é que os Bancos Multilaterais financiam todos os itens de um projeto, incluindo o caso de compra de equipamentos importados.

Os financiamentos dos Bancos Multilaterais de Desenvolvimento também são elegíveis para empresas da cadeia de suprimentos com o foco em criar capacidade de fornecimento de equipamentos para os projetos de geração de energia solar fotovoltaica.

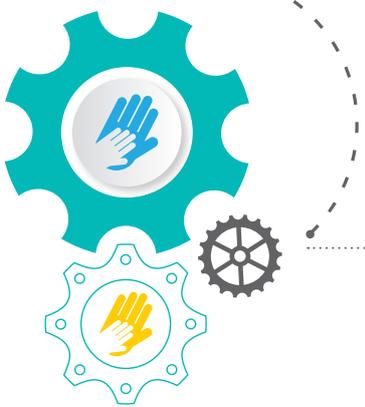


Tabela 13. Bancos multilaterais de desenvolvimento

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSID	Tomador
Até 80% dos usos do projeto (normalmente exigem sindicalização acima de 25% de alavancagem)	De 10 a 15 anos de prazo total	LIBOR (caso de dívida em dólares) ou IPCA ou % do CDI (caso de dívida em reais) + Taxa de Juros do banco de acordo com nota de crédito do projeto	Definido caso a caso, desde que o projeto possa obter nota de crédito adequada para a emissão	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: SUDECO, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## Bancos Comerciais

O crédito de Bancos Comerciais, tanto nacionais quanto internacionais, é uma importante fonte de financiamento para capital de giro, empréstimos – ponte e de longo prazo para projetos de energia. Aqui mencionamos o crédito que não apresenta uma linha específica para geração de energia solar fotovoltaica, porém são de livre acesso para diversos setores da economia.

Os Bancos Comerciais Nacionais têm diversas linhas de financiamento, tanto para pessoas jurídicas como para pessoas físicas, que podem ser utilizadas para o investimento na geração solar fotovoltaica. Sua principal atuação, com exceção das linhas específicas que são mencionadas neste capítulo, é em crédito de curto-médio prazo, em geral até seis anos de prazo total, e empréstimos – ponte para financiamentos de longo prazo. Os principais Bancos Comerciais Nacionais são: Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Itaú Unibanco, Bradesco, BTG Pactual, Banco Safra, Banco Votorantim, entre outros.

Os Bancos Comerciais Internacionais atuam tanto com financiamento de curto-médio prazo, longo prazo (em geral até 15 anos) e empréstimos – ponte em moeda local e em moeda estrangeira. Os principais Bancos Comerciais Internacionais, atuando no Brasil são: Santander, Citibank, BNP Paribas, Credit Suisse, Societé Generale, JPMorgan, Bank of America, HSBC, ING, KfW, Bank of China, entre outros.

Suas condições de financiamento tendem a variar muito para cada banco e perfil de cliente, a depender do risco de crédito do projeto, da empresa e da exposição do banco no segmento.

## Agências de Crédito à Exportação

As Agências de Crédito à Exportação, do inglês Export Credit Agencies (ECAs), são bancos ou agências que têm como objetivo promover a exportação de equipamentos fabricados em seu país de origem via empréstimo. O mercado para ECAs no Brasil ainda não está desenvolvido,

principalmente pelo risco cambial, pois o financiamento geralmente é concedido em moeda estrangeira. Especificamente para o segmento solar, no caso dos projetos de geração centralizada com contratos de LER, financiamento em moeda estrangeira é um risco relevante, dado que as receitas dos projetos são em Real. A linha pode chegar a financiar 100% do valor dos equipamentos importados.

De acordo com relatório da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE), cada país tem ECAs oficiais, regulamentadas pelo governo, além de outras ECAs privadas, dentre as quais se destacam: Export-Import Bank of the United States (Ex-Im Bank), UK Export Finance, Compañía Española de Seguros de Crédito a la Exportación (CESCE), Nippon Export and Investment Insurance (NEXI), Auslands Geschäfts Absicherung der Bundesrepublik Deutschland, Chinese Import-Export Bank (C-EXIM), entre diversas outras (OCDE, 2016).

Os financiamentos das ECAs também são elegíveis para empresas da cadeia de suprimentos com o foco em criar capacidade de fornecimento de equipamentos para os projetos de geração de energia solar fotovoltaica.

Tabela 14. Export Credit Agencies

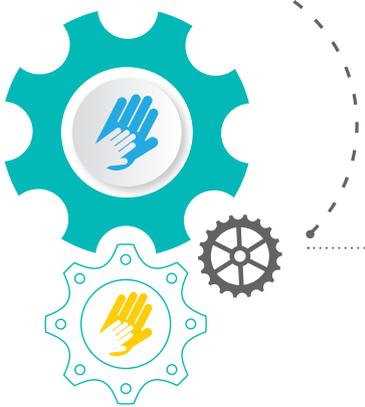
Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	De 6 a 12 anos	LIBOR ou pré-fixado em moeda estrangeira + Taxa de Juros do banco de acordo com o risco do projeto	Não Aplicável	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### Crédito via Fornecedor

Na categoria Crédito via Fornecedor, ou Supplier's Credit, os financiadores são os fornecedores de equipamentos ou empreiteiros. As modalidades de financiamento podem ser: (i) entrada como sócio no projeto; (ii) empréstimo de recursos para aquisição de produtos/serviços do próprio credor; ou (iii) venda parcelada. As condições de financiamento variam caso a caso e o fornecedor pode ser tanto nacional quanto estrangeiro.

Os financiamentos pelo Crédito via Fornecedor também são elegíveis para empresas da cadeia de suprimentos com o foco em criar capacidade de fornecimento de equipamentos para os projetos de geração de energia solar fotovoltaica.



## Fundos de Energia

A Lei 13.182/15' (Brasil, 2015b) converteu a MP 677/15' (Brasil, 2015d), em que autoriza a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) e a Furnas Centrais Elétricas (Furnas) a participar do Fundo de Energia do Nordeste (FEN) e o Fundo de Energia do Sudeste e Centro-Oeste (FESC), respectivamente.

A CHESF deve compor o FEN com valores da diferença entre a receita dos contratos e o valor que exceder à aplicação da tarifa calculada pela ANEEL para apoio a empreendimentos de energia elétrica, em que, pelo menos 50% dos recursos precisam ser destinados à região Nordeste. Os recursos serão aplicados em Sociedades de Propósito Específico (SPEs), selecionadas pelo Conselho Gestor do FEN.

A composição do FEN será de acordo com o seguinte cronograma: (i) para a totalidade da garantia física dos contratos de fornecimento: (a) 30% da diferença entre 1º de janeiro de 2016 e 8 de fevereiro de 2022; (b) 88% da diferença entre 9 de fevereiro de 2022 e 8 de fevereiro de 2030; (c) 100% da diferença entre 9 de fevereiro de 2030 e 8 de fevereiro de 2037; (ii) para 90% da garantia física da Usina Hidrelétrica de Sobradinho: (a) 88% da diferença entre 9 de fevereiro de 2022 e 8 de fevereiro de 2030; (b) 100% da diferença entre 9 de fevereiro de 2030 e 8 de fevereiro de 2037.

A Furnas deve compor o FESC com valores da diferença entre a receita dos contratos e o valor que exceder à aplicação da tarifa calculada pela ANEEL para apoio a empreendimentos de energia elétrica, em que, pelo menos 50% dos recursos precisam ser destinados à região Sudeste e Centro-Oeste. Os recursos serão aplicados em SPE selecionadas pelo Conselho Gestor do FESC.

A composição do FESC será de acordo com o seguinte cronograma: (i) 88% da diferença entre 27 de fevereiro de 2020 e 26 de fevereiro de 2030; (ii) 100% da diferença entre 27 de fevereiro de 2030 e 26 de fevereiro de 2035.

## Mercado financeiro

Via mercado financeiro, as alternativas de financiamento são diversas, tanto de capital próprio quanto de terceiros e tanto no mercado brasileiro quanto no exterior. Abaixo seguem instrumentos aplicáveis a projetos de geração solar fotovoltaica. Esses instrumentos são mais frequentemente aplicáveis a projetos de geração centralizada e/ou empresas atuantes nesse nicho de mercado, tendo em vista os altos custos transacionais e a relativa complexidade de acessar o mercado financeiro.

## DEBÊNTURES/DEBÊNTURES DE INFRAESTRUTURA

As Debêntures são títulos de dívida de médio e longo prazo emitidos exclusivamente por sociedades anônimas, que podem ser comprados por pessoas jurídicas ou pessoas físicas brasileiras ou estrangeiras. Segundo a Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros e de Capitais (ANBIMA) podem ser emitidas por projetos ou empresas e tenham como características a amortização da dívida de forma customizada e faculdade de ter ou não garantias a elas atreladas (ANBIMA, 2016).

Com o objetivo de incentivar o mercado privado de financiamento de longo prazo de infraestrutura, o Governo Federal consolidou a Lei 12.431/11' (Brasil, 2011), que constitui as Debêntures de Infraestrutura. Essa lei inclui, entre outras medidas, a isenção de Imposto de Renda para pessoas físicas, para estrangeiros e fundos de investimento com mais de 85% de sua carteira composta de Debêntures de Infraestrutura. Para pessoas jurídicas, a alíquota de Imposto de Renda é de 15%.

Para que uma empresa ou projeto de geração de energia solar fotovoltaica seja elegível a esse incentivo, é necessário que ele seja classificado como prioritário pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Além disso, para a emissão das Debêntures é necessário o atendimento de alguns critérios estabelecidos na Lei 12.341/11'. A seguir, quadro resumo das principais condições de financiamento:

Tabela 15. Debêntures de infraestrutura

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	ICSD	Tomador
Não há limite de alavancagem	Não há limite formal de prazo, porém emissões costumam apresentar prazo total de, no máximo, 12 anos	IPCA (podendo ser substituído por outros indicadores) + Taxa de Juros de acordo com o mercado (média histórica de emissões (Lei 12.431/11') para energias renováveis é de 8,0% a.a.)	Definido caso a caso, desde que o projeto possa obter nota de crédito adequada para a emissão	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: ANBIMA, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

A depender do projeto apoiado, as Debêntures ou Debêntures de Infraestrutura também podem ser classificadas como Green Bonds, que são títulos de dívidas cujos recursos são aplicados a projetos com benefícios ambientais comprovados e certificados.

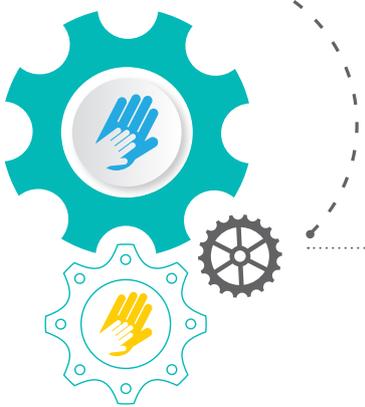
#### FUNDOS DE INVESTIMENTO EM DIREITOS CREDITÓRIOS (FIDC)

Os FIDCs são investimentos constituídos sob a forma de condomínio aberto ou fechado, com os cotistas podendo ou não realizar o resgate antecipado de suas cotas, de acordo com o regulamento do fundo. Os direitos creditórios que fazem parte de um FIDC podem ser provenientes de créditos de contas a receber, duplicatas, cheques e outros de empresas e projetos.

Adicionalmente, a Lei 12.844/13' (Brasil, 2013) ampliou o escopo dos instrumentos incentivados para incluir os FIDCs, ou seja, um FIDC incentivado com benefícios similares aos das Debêntures de Infraestrutura. As condições de financiamento são similares às das Debêntures (BM&F Bovespa, 2017b).

#### CAPITAL PRÓPRIO PRIVADO

Investidores de perfil financeiro que visam aplicar recursos a título de capital próprio em projetos de infraestrutura geralmente usam como veículo Fundos de Investimento em Participação (FIPs). Os



FIPs podem ser destinados a capital privado (Private Equity), que geralmente investe em empresas de maior porte e mais maduras, ou de capital de risco (Venture Capital), que é voltado para pequenas e médias empresas ou startups.

Os FIPs participam do processo decisório da companhia investida, com significativa influência na sua estratégia e gestão. Existem diversos fundos dedicados à infraestrutura e à energia no Brasil, destacando-se o BNDES Participações (BNDESPar), o Fundo de Investimento do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FI-FGTS), dentre outros fundos privados e fundos de pensão. Cada fundo tem seu próprio regulamento que estabelece em quais projetos podem investir, limite mínimo e máximo de investimento, objetivo de rentabilidade e prazos de investimento e desinvestimento (BM&F Bovespa, 2017a).

### CAPITAL PRÓPRIO PÚBLICO

Outra forma de captar recursos próprios é diretamente na bolsa de valores (BM&F Bovespa ou no exterior) via emissão ou venda de ações por empresas listadas. Neste caso, os investidores podem ter os mais diversos perfis com as mais diversas expectativas de rentabilidade, prazo de investimento e aversão a risco (BM&F Bovespa, 2017a).

## 4.2 Apoio financeiro à cadeia de suprimentos

Em se tratando de empréstimos para empresas da cadeia de suprimentos, é comum que as linhas de financiamento sejam estruturadas na modalidade Corporate Finance. Para um financiamento ser elegível à estrutura de Project Finance, faz-se necessária a existência de um contrato de venda de longo prazo, e, neste segmento, isso nem sempre é possível.

### BNDES Finem – Apoio à produção de bens de capital

Esta linha tem como objetivo o financiamento a empresas do segmento de bens de capital e sua cadeia de fornecedores com financiamento a partir de R\$ 3 milhões.

A linha pode financiar diversos tipos de investimento, tais como: (i) construção, expansão e modernização de capacidade produtiva; (ii) modernização ou implementação de melhorias na estrutura organizacional, administrativa, de gestão, comercialização, distribuição e/ou logística da empresa; (iii) aumento da capacidade de prestação de serviços; e (iv) produção de bens de capital sob encomenda. Todos os portes de empresas podem solicitar esse tipo de financiamento.

Tabela 16. Linha BNDES FINEM – Apoio à produção de bens de capital

Alavancagem/Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% dos itens financiáveis para micro, pequenas e médias empresas	Até 20 anos, a depender da capacidade de pagamento do projeto	TJLP + de 2,10% até 6,56% a.a. conforme risco de crédito do cliente para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador, se operação for indireta	Investidor Pessoa Jurídica
Até 60% dos itens financiáveis para grandes empresas			

FORNTE: BNDES, 2017f (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### BNDES Finame – BK Produção

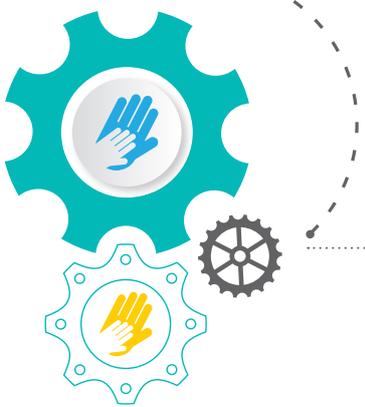
A linha BNDES Finame – BK Produção tem como objetivo o financiamento ao fabricante para a produção de máquinas, equipamentos, bens de informática e automação já negociados com o cliente. Essa linha não inclui o financiamento de ônibus, caminhões, tratores etc.

A linha possui diferenciação de alavancagem máxima para Micro, Pequenas e Médias Empresas e para produtores de equipamentos eficientes, dos quais estão inclusos módulos de células fotovoltaicas e inversores. Vale acrescentar que esse financiamento é realizado exclusivamente por agente financeiro credenciado (repassador).

Tabela 17. Linha BNDES FINAME – BK produção

Alavancagem/Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% dos itens financiáveis para micro, pequenas e médias empresas e produtores de equipamentos eficientes	Até 30 meses de amortização e até 24 meses de carência	TJLP + 2,10% a.a. para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador, se operação for indireta	Investidor Pessoa Jurídica
Até 60% dos itens financiáveis para grandes empresas fabricantes de outros itens			

FORNTE: BNDES, 2017d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



## BNDES Finem – Apoio à engenharia nacional

A linha BNDES Finem – Apoio à engenharia nacional tem como objetivo o financiamento para projetos e serviços de engenharia em setores estratégicos, visando estimular o aprimoramento das competências e do conhecimento técnico do país. Pode ser financiado: (i) atividades de engenharia local apresentadas sob a forma de projeto e que ampliem a capacitação das empresas; (ii) infraestrutura física destinada a pesquisa, desenvolvimento, engenharia de produtos, testes e ensaios; e (iii) serviços de engenharia de projetos conceituais e de engenharia básica, executados por empresas de engenharia consultiva, desde que destinados a atender aos setores apoiados pelo programa.

A linha apresenta diferenciação de alavancagem máxima para micro, pequenas e médias empresas.

Tabela 18. Linha BNDES FINEM – Apoio à engenharia nacional

Alavancagem/Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% dos itens financiáveis para micro, pequenas e médias empresas	A definir caso a caso	TJLP + de 2,10% até 6,56% a.a. conforme risco de crédito do cliente para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador, se operação for indireta	Investidor Pessoa Jurídica
Até 60% dos itens financiáveis para grandes empresas			

FONTE: BNDES, 2017e (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## BNDES Fundo Tecnológico (Funtec)

A linha BNDES Funtec tem como objetivo o apoio financeiro não reembolsável a projetos de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação executados por Instituições Tecnológicas. Os focos de atuação do BNDES Funtec são definidos a cada ano, e as diretrizes para 2017 ainda serão publicadas.

Para 2016, dentre os focos de atuação, estava presente o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à energia fotovoltaica, tais como: (i) terceira geração de módulos fotovoltaicos: semicondutores; (ii) purificação do silício grau solar; e (iii) baterias e células-combustível. O BNDES Funtec apoia até 90% dos itens financiados para projetos dentro do seu foco de atuação.

Os beneficiários dos recursos precisam ser uma instituição tecnológica, pública ou privada, sem fins lucrativos e executar atividades de pesquisa básica ou aplicada de carácter científico ou tecnológico ou Instituições de Apoio criadas com a finalidade de dar apoio a projetos de pesquisa desde que indicada a instituição tecnológica responsável pela execução do projeto.

Adicionalmente, podem existir empresas intervenientes que apoiam o projeto, das quais deverão constar como interveniente no contrato de colaboração financeira e que deverão contribuir com, no mínimo, 10% do valor total dos itens financiáveis do projeto.

Tabela 19. Linha BNDES FUNTEC

Alavancagem/Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
90% dos itens financiáveis	Não reembolsável	Não Aplicável	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017j (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### FNE Industrial

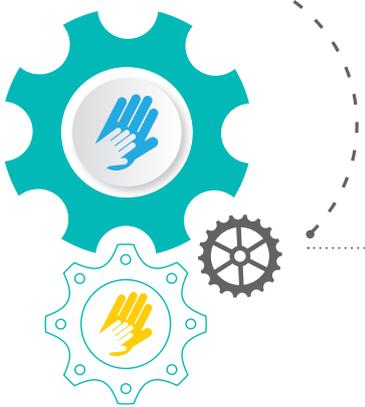
O FNE Industrial é o Programa de Apoio ao Setor Industrial do Nordeste. O programa tem como objetivo fomentar o desenvolvimento do setor industrial, promovendo a modernização, o aumento da competitividade, ampliação da capacidade produtiva e inserção internacional.

Podem ser financiados a implantação, modernização, reforma e mudança de localidade de empreendimentos industriais que contemplam investimentos, inclusive a aquisição de empreendimentos com unidades industriais já construídas ou em construção. A linha tem ainda um bônus de adimplência de 15% na taxa de juros para os pagamentos da dívida que sejam realizados pontualmente. A seguir, é apresentado quadro resumo das principais condições de financiamento:

Tabela 20. Linha FNE industrial

Alavancagem/Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis para pequena-média empresa	Prazo total de até 12 anos, considerando carência de principal de até 4 anos	Micro, pequena, pequena-média e média empresa: 8,55% a.a. (com bônus 7,2675%) Grande empresa: 10,14% a.a. (com bônus 8,619%)	Investidor Pessoa Jurídica
Até 95% dos itens financiáveis para média empresa	O prazo total pode ser de até 15 anos, considerando carência de principal de até 5 anos, se		
Até 90% dos itens financiáveis para grande empresa	fábrica localizada no semiárido, município de baixa renda ou em áreas prioritárias do PRDNE		

FONTE: BNB, 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



## 4.3 Apoio financeiro a micro e pequenas empresas e pessoas físicas

Do ponto de vista de garantias e estrutura do financiamento, no caso de micro e pequenas empresas, quase sempre as linhas de financiamento serão estruturadas na modalidade Corporate Finance. A estruturação na modalidade Project Finance é complexa e envolve custos transacionais relevantes, sendo viável, do ponto de vista dos credores, somente em casos de financiamento de maior valor.

### BNDES

#### CARTÃO BNDES

A linha Cartão BNDES é destinada à aquisição de máquinas e equipamentos, componentes, insumos, materiais para construção, mobiliário, eletrônicos, software, veículos destinados à logística, entre outros itens em até R\$ 2 milhões. O Cartão BNDES também exige que todos os itens comprados tenham código Finame e sua taxa de juros é variável mensalmente, porém a partir do momento que a compra é realizada, a taxa é fixada para todas as parcelas de pagamento do financiamento subsequentes.

Para solicitar o cartão é preciso ser Micro, Pequena ou Média Empresa, Microempreendedor Individual ou clubes, sindicatos e associações. Essas empresas ou instituições precisam ter controle nacional, faturamento de até R\$ 300 milhões e passar por análise de crédito em um banco credenciado pelo BNDES.

O teto de utilização do Cartão é de 100% do item financiável. A seguir é apresentado quadro resumo das principais condições de financiamento:

Tabela 21. Linha cartão BNDES

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
100% do item adquirido, limitado a R\$ 2 milhões	Até 4 anos	Taxa de abertura do crédito de 2% + Juros de acordo com juros do Cartão BNDES na data da compra (como referência, a taxa vigente em maio de 2017 foi de 1,12% ao mês (a.m.), equivalente a 15,4% a.a., e a taxa média de 2016 foi 1,24% a.m.)	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017m (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### BNDES FINAME – BK AQUISIÇÃO

A linha BNDES FINAME – BK Aquisição é destinada à aquisição de máquinas, equipamentos, bens de informática e de automação. Todos os portes de empresas podem solicitar o financiamento, que não tem valor mínimo ou máximo para sua elegibilidade.

O teto de utilização da linha é de 80% dos itens financiáveis para empresas de qualquer porte, desde que sejam utilizados equipamentos eficientes, a participação deverá ser multiplicada pelo Fator N do equipamento, se aplicável. A linha só pode ser desembolsada por um agente financeiro credenciado (repassador), o que a torna mais custosa do que as outras linhas do BNDES para geração de energia solar fotovoltaica. A seguir, é apresentado quadro resumo das principais condições de financiamento:

Tabela 22. Linha BNDES FINAME – BK aquisição

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
80% dos itens financiáveis multiplicado pelo Fator N	Para aquisição de máquinas e equipamentos revisados de 5 para até 10 anos de amortização e até 2 anos de carência de juros e principal	TJLP + 2,1% a.a. para o BNDES + Taxa de Juros do Banco Repassador	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### BNDES MICROCRÉDITO – EMPREENDEDOR

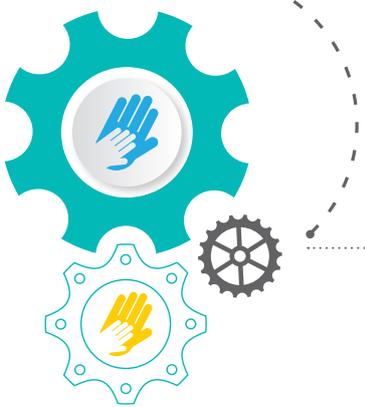
A linha BNDES Microcrédito – Empreendedor tem como objetivo o financiamento de até R\$ 20 mil a microempreendedores formais e informais.

A linha pode financiar diversos itens, inclusive capital de giro e investimentos, tais como: obras civis, aquisição de máquinas e equipamentos novos ou usados, e compra de insumos e materiais. Esse financiamento funciona a partir de um agente operador selecionado pelo BNDES.

Tabela 23. Linha BNDES microcrédito – Empreendedor

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	A ser negociado diretamente com Agente Operador	Máximo de 60% a.a. a ser negociado com Agente Operador	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017k (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



## PROGRAMA ABC

O Programa ABC tem como objetivo financiar investimentos que contribuam para a redução de impactos ambientais causados por atividades agropecuárias. Dentro de cada linha específica de investimento do Programa ABC, existe a possibilidade de que 40% do financiamento pleiteado seja destinado para a produção e armazenamento de energia, incluindo investimentos para geração solar fotovoltaica.

Tabela 24. Programa ABC

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis, limitado a R\$ 2,2 milhões por ano-safra, R\$ 3,0 milhões, se o investimento for em florestas comerciais com até 15 módulos fiscais e R\$ 5,0 milhões, se investimento for em florestas comerciais com mais de 15 módulos fiscais	Até 15 anos de prazo total, a depender da natureza do projeto	8,0% a.a. para produtores beneficiários do Pronamp 8,5% a.a. para os demais casos	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017q (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## Santander – CDC Eficiência Energética

O Banco Santander apresenta uma linha voltada ao Crédito Direto ao Consumidor (CDC), especificamente para investimentos de eficiência energética por fontes renováveis. O foco desta linha é no consumidor final do empreendimento de eficiência energética, podendo apoiar até 100% dos itens financiáveis, incluindo equipamentos importados (Santander, 2017b).

Tabela 25. Santander – CDC eficiência energética

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	Até 6 anos	A partir de 26,8% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Física

FONTE: SANTANDER, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### BNB – CDC Energias Renováveis

Em entrevista realizada com o BNB em 16 de janeiro de 2017, foi indicado que o banco está estruturando uma linha de CDC específica para financiar equipamentos de geração de energia solar fotovoltaica. A linha será aplicável para Pessoas Jurídicas com relacionamento no Banco, Pessoas Físicas sócias de Pessoas Jurídicas com relacionamento no banco e o público interno (funcionários e aposentados do Banco). A linha CDC Sol ainda não foi publicada até a presente data, porém as condições gerais indicadas pelos representantes do banco são:

Tabela 26. BNB – CDC SOL

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
A ser definida	Até 72 meses	A partir de 26,8% a.a. Taxas de mercado	Consumidor Pessoa Física ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: COQUEIRO, 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Banco do Brasil – Proger Urbano Empresarial e Turismo

O BB tem duas linhas de financiamento com o objetivo de financiar reforma de instalações ou a compra de máquinas e equipamentos, aplicáveis também para a autogeração de energia solar fotovoltaica. O objetivo das duas linhas, uma voltada para empresas de todos os segmentos e outra para empresas do segmento de turismo, é apoiar diretamente o consumidor final (BB, 2017a).

As linhas são providas de recursos do Fundo de Amparo do Trabalhador (FAT), do Governo Federal. A linha Proger Urbano Empresarial pode financiar até 80% do projeto e a linha Proger Urbano Turismo pode financiar até 90% do projeto. Ambas apoiam empresas que faturam até R\$ 10 milhões, limitado ao valor máximo de financiamento de R\$ 1 milhão.

Tabela 27. Banco do Brasil – Proger urbano empresarial

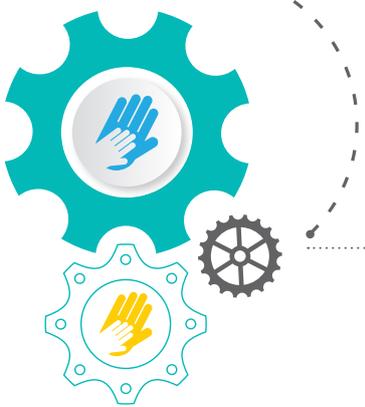
Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% do projeto, limitado a R\$ 1 milhão	Até 6 anos	TJLP + 5% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BB, 2017d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Tabela 28. Banco do Brasil – Proger turismo investimento

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 90% do projeto, limitado a R\$ 1 milhão	Até 10 anos	TJLP + 5% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BB, 2017c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



Caixa Econômica Federal

## PROGRAMA BENS DE CONSUMO DURÁVEIS (BCD) ECOEFICIÊNCIA PESSOA JURÍDICA (PJ)

O Banco Caixa Econômica Federal (CEF) lançou uma linha para incentivar a produção mais limpa, que é destinada a empresas de todos os portes que desejam adquirir máquinas e equipamentos menos poluentes ou com melhor eficiência energética (CEF, 2017b).

A linha pode financiar até 100% do valor do bem e há possibilidade de financiar máquinas e equipamentos importados, desde que estes sejam internalizados no Brasil.

Tabela 29. CEF – Programa BCD ecoeficiência PJ

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% do valor das máquinas e equipamentos	Até 5 anos	Até 26,8% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: CEF, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## CONSTRUCARD

A CEF tem uma linha de crédito específica para compra de material de construção em lojas credenciadas pela CEF para pessoa física. Dentre os itens que podem ser comprados com o Construcard estão inclusos sistemas de geração solar.

Tabela 30. CEF – Construcard

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Variável caso a caso	Até 20 anos, com carência de até 6 meses de principal	Taxa Referencial (TR) + de 18,2% a.a. a 31,8% a.a.	Consumidor Pessoa Física

FONTE: CEF, 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## PRODUCARD CAIXA EMPRESA

A CEF tem uma linha de crédito específica para que Micro e Pequenas Empresas, com faturamento de até R\$ 7 milhões, realizem compras de insumos, material de construção, equipamentos de geração de energia solar fotovoltaica, entre outros itens. As principais condições da linha estão descritas abaixo:

Tabela 31. Producard caixa empresa

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até R\$ 100 mil	Até 36 meses de prazo total. Até 6 meses de carência de principal	Taxa Referencial (TR) + taxas de mercado	Consumidor Pessoa Jurídica

FORNTE: CEF, 2017d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## FUNDO SOCIOAMBIENTAL CAIXA

O Fundo Socioambiental Caixa (FSA Caixa) é um fundo financeiro específico para apoio a projetos socioambientais, voltados ao desenvolvimento integrado e sustentável para a população de baixa renda. O FSA Caixa foi criado em 2010 e é constituído de recursos de até 2% do lucro líquido da empresa (CEF, 2017c).

Para solicitar apoio do fundo é preciso que seja lançado um edital de chamada e que esse seja destinado a projetos de geração de energia ou de geração de energia fotovoltaica. O fundo já apoiou 129 projetos, tendo destinado mais de R\$ 90 milhões, dentre os quais o Projeto de Geração de Renda e Energia em Juazeiro na Bahia, cujo objetivo foi a instalação de módulos fotovoltaicos em residências do Programa Minha Casa Minha Vida (CEF, 2017c).

## PE Solar

O PE Solar é uma iniciativa do Governo do Estado de Pernambuco, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDEC) e da Secretaria de Micro e Pequena Empresa, Trabalho e Qualificação (SEMPETQ), por meio da Agência de Fomento do Estado de Pernambuco (AGEFEPE) para viabilizar a instalação de sistemas de geração de energia solar em unidades consumidoras industriais e comerciais de micro e pequeno porte no Estado de Pernambuco (Pernambuco, 2014).

A AGEFEPE é a gestora responsável pelos recursos do programa, que são provenientes do FNE. Podem ser financiados projetos de até 5 MW de capacidade instalada, com financiamento entre 70% e 100% dos itens financiáveis, limitados a R\$ 300 mil por projeto (Pernambuco, 2014).

Para essa linha de financiamento também é necessário que os projetos adquiram máquinas e equipamentos com conteúdo local e é aplicável bônus de adimplência de 15% para os pagamentos realizados pontualmente (Pernambuco, 2014).

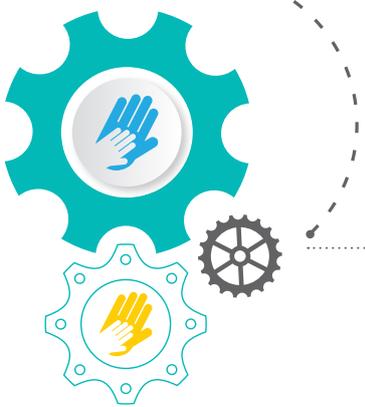


Tabela 32. PE solar

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Entre 70% e 100% dos itens financiáveis	Até 8 anos, incluindo até 6 meses de carência de principal	11,18% a.a. (com bônus de adimplência 9,50% a.a.)	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: PERNAMBUCO, 2014 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## Consórcios

Os consórcios são estruturas de financiamento para objetos de consumo, com base na poupança comum destinada a adquirir um bem. Existem bancos e empresas especializadas em estruturar consórcios para a aquisição de sistemas solares fotovoltaicos.

### BANCO DO BRASIL – CONSÓRCIO VERDE

Linha de consórcio para aquisição de bens e serviços sustentáveis. Similar a um consórcio de automóveis ou imóveis residenciais, permite a aquisição financiada de módulos fotovoltaicos e a instalação do sistema de geração (BB, 2015). A seguir, principais condições da linha:

Tabela 33. Banco do Brasil – Consórcio verde

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até R\$ 14 mil, sendo até R\$ 7 mil de painéis e a até R\$ 7 mil de instalação	Até 36 meses para os painéis e até 30 meses a instalação	Não disponível	Consumidor Pessoa Física

FONTE: BB, 2015 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### CONSÓRCIO NACIONAL SOLAR

É uma iniciativa da SICES Brasil, distribuidora de equipamentos de energia solar fotovoltaica, em parceria com a Unifisa, operadora de consórcios. A seguir, principais condições da linha:

Tabela 34. Consórcio nacional solar

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
100% do sistema fotovoltaico, limitado a R\$ 240 mil	Até 100 meses, a depender do porte da instalação	Taxa de administração de 0,20% a 0,389% a.m. Taxa de Juros não disponível	Consumidor Pessoa Física

FONTE: RENEW ENERGIA, 2014 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### CONSÓRCIO SOLAR BLUE SOL

A linha de financiamento é uma iniciativa da Blue Sol, integradora de projetos solares fotovoltaicos. A seguir, principais condições da linha:

Tabela 35. Consórcio solar Blue Sol

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
100% do sistema fotovoltaico fornecido pela Blue Sol	Até 92 meses, a depender do porte da instalação	Taxa de administração de 0,22% a.m. Taxa de Juros não disponível	Consumidor Pessoa Física ou Consumidor Pessoa Jurídica

Fonte: BLUE SOL, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Desenvolve SP – Economia Verde

A Agência de Desenvolvimento Paulista (Desenvolve SP) foi criada em 2009 para ser parceira do Governo do Estado de São Paulo na concessão de financiamento para empresas do Estado. A Desenvolve SP tem linha de crédito Economia Verde, específica para financiar projetos que promovam a redução de emissão de gases efeito estufa e que minimizem o impacto da atividade produtiva no meio ambiente (Desenvolve SP, 2017a).

A linha Economia Verde pode financiar tanto projetos de energias renováveis, como projetos de eficiência energética, participando com até 100% dos itens financiáveis, podendo também financiar equipamentos importados (Desenvolve SP, 2017a).

Tabela 36. Desenvolve SP – Economia verde

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	Até 10 anos, incluindo até 2 anos de carência de principal	IPCA + a partir de 6,6% a.a.	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

Fonte: DESENVOLVE SP 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### FUNDES – Economia Verde

O Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes) é o responsável por operar os recursos do Fundo de Desenvolvimento Econômico do Espírito Santo (FUNDES). Por meio da linha de financiamento FUNDES – Economia Verde, é possível apoiar empresas que estejam no estado do Espírito Santo e que tenham investimentos em energia renovável e eficiência energética, dentre outros itens passíveis de apoio (Bandes, 2017).

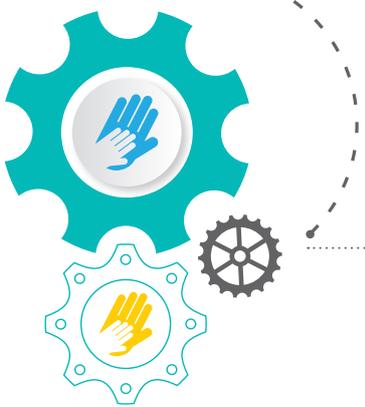


Tabela 37. Fundes – Economia verde

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis, limitado a R\$ 400 mil	Até 8 anos, incluindo até 3 anos de carência de principal	TJLP + de 6,75% a 8,75% a.a. a depender do risco de crédito da empresa	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BANDES, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Goiás Fomento – Crédito produtivo energia solar

A Agência de Fomento de Goiás (Goiás Fomento) tem uma parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico para a criação de linha de crédito específica para investimentos em energia solar, a Crédito Produtivo Energia Solar (Goiás Fomento, 2017).

São financiáveis máquinas, equipamentos, instalação e demais investimentos que estejam relacionados com a geração de energia solar.

Tabela 38. Goiás fomento – Crédito produtivo energia solar

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até R\$ 50 mil	Até 5 anos, incluindo até 6 meses de carência	9,6% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Física

FONTE: GOIÁS FOMENTO, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### AgeRio – Ecoeficiência

A Agência Estadual de Fomento (AgeRio) tem uma linha de ecoeficiência focada no desenvolvimento sustentável do Estado apoiando investimentos que promovam a redução de impactos ambientais e que incluam a sustentabilidade no processo de produção (AgeRio, 2017).

Tabela 39. Agerio – Ecoeficiência

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 70% dos itens financiáveis, limitado a R\$ 20 milhões	Até 5 anos, incluindo até 18 meses de carência	14,7% a.a.	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: AGERIO, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Bônus Eficiente Linha Fotovoltaica – Centrais Elétricas de Santa Catarina (Celesc)

A Celesc criou uma linha de financiamento para projetos de microgeração distribuída não reembolsável. O objetivo será instalar 1.000 sistemas em residências, com 60% de desconto. A instalação será realizada em parceria com a Engie Brasil Energia (Celesc, 2017).

Tabela 40. Celesc – Bônus eficiente linha fotovoltaica

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
60% do sistema fotovoltaico	Não reembolsável	Não reembolsável	Consumidor Pessoa Física

FORTE: CELESC, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### SICREDI – Financiamento para energia solar

O Sicredi é uma instituição financeira cooperativa que tem 3 linhas de financiamento aplicáveis para projetos de energia solar: (i) para geração de energia renovável em residências; (ii) para geração de energia solar em empresas; e (iii) consórcio para equipamentos que ajudam a preservar o meio ambiente (Sicredi, 2017).

Tabela 41. Sicredi – Financiamento para energia solar

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Não disponível	Até 5 anos para residências e empresas  Até 10 anos para consórcio	Não disponível	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Física

FORTE: SICREDI, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Fundo solar

Uma das iniciativas pioneiras para o desenvolvimento da microgeração fotovoltaica no Brasil foi a criação do Fundo Solar, gerido pela Organização Não Governamental (ONG) América do Sol. Com uma parceria entre o Instituto Ideal e Grüner Strom Label e.V. (GSL), foram captados R\$ 138 mil para incentivar a geração de energia fotovoltaica residencial, de acordo com o previsto na REN 482 (ANEEL, 2012a).

No total, o projeto apoiou a instalação de 43 microgeradores, localizados nos estados do Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e



Rio Grande do Sul, somando 130 kWp de potência instalada, com uma geração de 199 MWh por ano. O projeto foi encerrado em dezembro de 2016 e, por hora, não há previsão de reabertura para novas contratações (América do Sol, 2017a).

### Fundo de Incentivo à Eficiência Energética e Geração Distribuída – Estado do Ceará

No dia 13 de janeiro de 2017 foi criada uma lei que cria o Fundo de Incentivo à Eficiência Energética e Geração Distribuída do estado do Ceará. O objetivo desse fundo é incentivar o desenvolvimento e financiamento de projetos de micro e minigeração distribuída com base em fontes renováveis.

O fundo será composto de R\$ 10 milhões e foi criado um Conselho Gestor que selecionará os projetos que serão apoiados pelo fundo (Ceará, 2017).

Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)

#### PRONAF ECO

O PRONAF tem a linha PRONAF ECO, na qual, dentre os projetos apoiáveis, está o investimento para aproveitamento de tecnologias de energias renováveis para os agricultores familiares (BNDES, 2017r).

Tabela 42. PRONAF ECO

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 165 mil por ano agrícola	Até 10 anos de prazo total, incluindo 3 anos de carência	5,5% a.a. para silvicultura, culturas do dendê ou da seringueira 2,5% a.a. para demais empreendimentos	Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017r (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

#### PRONAF MAIS ALIMENTOS

O PRONAF tem a linha PRONAF Mais Alimentos, na qual, em parceria com a ABSOLAR, foi possível incluir a aquisição de equipamentos relacionados ao uso da energia solar fotovoltaica (BNDES, 2017s).

Tabela 43. PRONAF mais alimentos

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
R\$ 330 mil para Produtores individuais ligados a suinocultura, avicultura, aquicultura, carcinicultura (criação de crustáceos) e fruticultura R\$ 165 mil para produtor individual de demais finalidades; R\$ 800 mil para coletivo de produtores	Até 10 anos de prazo total, incluindo 3 anos de carência	2,5% a.a. para empreendimentos incentivados listados no site do BNDES  5,5% a.a. para demais empreendimentos	Consumidor Pessoa Jurídica

FORNTE: BNDES, 2017s (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Financiamentos Fundo de Expansão do Agronegócio Paulista (FEAP)/Banco do Agronegócio Familiar (BANAGRO)

A parceria entre o FEAP e o BANAGRO gerou uma linha de financiamento específica para produtores rurais, pessoa física com renda agropecuária anual de até R\$ 800 mil localizados no estado de São Paulo (São Paulo, 2017a).

#### AGRICULTURA IRRIGADA PAULISTA

Dentre outros itens, a linha financia a aquisição ou modernização de equipamentos de irrigação para fins agrosilvopastoris, contemplando todos os demais itens e acessórios necessários à viabilização do projeto técnico. É necessário que os equipamentos tenham sido fabricados no Brasil.

Tabela 44. Agricultura irrigada paulista

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até R\$ 500 mil	Até 8 anos, incluindo até 3 anos de carência	3,0% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Física

FORNTE: SÃO PAULO, 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



## DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL PAULISTA

A linha financia o investimento e custeio para melhoria das condições tecnológicas e da infraestrutura produtiva das explorações agropecuárias. É necessário que os equipamentos tenham sido fabricados no Brasil.

Tabela 45. Desenvolvimento regional sustentável paulista

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até R\$ 200 mil	Até 7 anos, incluindo até 3 anos de carência	3,0% a.a.	Consumidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Física

FONTE: SÃO PAULO, 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Fundos garantidores

Os Fundos Garantidores têm como objetivo prover o credor com garantias adicionais e/ou complementares às que os tomadores de dívida possuem, em geral, facilitando o acesso das Pequenas Empresas ao crédito.

### FUNDO DE AVAL ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (FAMPE) – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – Sebrae

O FAMPE tem como objetivo facilitar o acesso de pequenas empresas ao crédito, por meio de garantia de aval, concedido pelo Sebrae, em complemento às garantias solicitadas pela instituição financeira para os tomadores do crédito. As empresas elegíveis precisam ter faturamento bruto de até R\$ 3,6 milhões.

Para solicitar apoio do FAMPE, é necessário que o crédito a ser garantido seja concedido por uma instituição financeira conveniada ao Sebrae, tais como: Banco do Brasil, Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), Desenvolve SP, Banco de Brasília (BRB), Banco Bradesco, Banco Santander, Agência de Fomento do Mato Grosso (MT Fomento), AgeRio, Agência de Fomento do Rio Grande do Sul (Badesul), Agência de Fomento de Alagoas (Desenvolve AL), AGEFEPE e Agência de Fomento da Bahia (Desenbahia).

Tabela 46. FAMPE

Alavancagem/Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% do financiamento, limitado a até R\$ 30 mil para Microempreendedores Individuais, R\$ 200 mil para Microempresas e R\$ 300 mil para Pequenas Empresas	Pelo período da dívida a ser contratada	0,1% a.m.	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: Sebrae, 2017a (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### BNDES FUNDO GARANTIDOR DE INVESTIMENTOS (FGI)

O FGI tem como objetivo aumentar as chances de Micro, Pequenas e Médias Empresas, Empreendedores Individuais e Empresários Individuais obter financiamento complementando as garantias oferecidas pelas empresas.

É possível utilizar o FGI como garantia em operações de repasses do sistema BNDES, como por exemplo, para as linhas BNDES Finame, BNDES Automático, entre outras. Para solicitar o apoio do FGI, é preciso que as empresas entrem em contato com um banco habilitado pelo FGI e não possua nenhuma inadimplência nos últimos 12 meses com o agente financeiro repassador. Não pode ser solicitado apoio do FGI para linhas e programas agrícolas, para operações com a administração pública, operações em moeda estrangeira e operações contratadas antes do pedido de garantia ao FGI.

Tabela 47. BNDES FGI

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até R\$ 10 milhões por empresa	Pelo período da dívida a ser contratada	Variável de acordo com o risco do projeto/empresa	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017n (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### FUNDO DE AVAL PARA GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA (FUNPROGER) – BANCO DO BRASIL

O FUNPROGER tem por finalidade avaliar empresas que buscam financiamento no âmbito das linhas PROGER Urbano em complemento às garantias oferecidas pela empresa tomadora de crédito. As principais condições do fundo são:

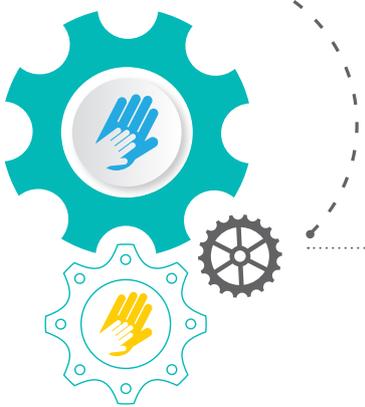
Tabela 48. Funproger

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% do valor financiado	Pelo período da dívida a ser contratada	0,1% a.m.	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BB, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### MECANISMO DE GARANTIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Mecanismo de Garantia de Eficiência Energética (EEGM) é uma iniciativa do BID em parceria com o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD) e o Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF). O mecanismo foi desenvolvido para facilitar a obtenção de financiamentos para projetos de



eficiência energética e energias renováveis em edificações no Brasil. O objetivo é fornecer garantia de crédito para que empresas possam acessar linhas de crédito no mercado brasileiro e garantia em contratos de performance para o cliente final (EEGM, 2017).

Os projetos são analisados por meio dos contratos com clientes finais assinados e análise de risco da empresa. O EEGM pode cobrir até 80% do total de investimentos do projeto. O limite para a concessão da garantia é de até US\$ 1,6 milhão (EEGM, 2017).

Tabela 49. Mecanismo de garantia de eficiência energética

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 80% dos usos do projeto, limitado a US\$ 1,6 milhão	Pelo período da dívida a ser contratada	Variável de acordo com o risco do projeto/empresa	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: EEGM, 2017 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## 4.4 Programas e projetos de P&D&I

Do ponto de vista de garantias e estrutura do financiamento, as linhas de financiamento para programas e projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação serão estruturadas na modalidade Corporate Finance.

### Plano Inova Energia

O Plano Inova Energia é uma ação conjunta do BNDES, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e a ANEEL para fomentar a inovação com finalidade de desenvolver: (i) redes elétricas inteligentes; (ii) cadeias produtivas de energia solar fotovoltaica, termossolar e eólica; e (iii) integradores e adensamento da cadeia de componentes na produção de veículos elétricos e híbridos a etanol (BNDES, 2017p).

Em relação ao foco de apoio da cadeia produtiva de energia solar fotovoltaica, as diretrizes principais são: (i) desenvolvimento de tecnologias para produção de silício purificado em grau solar, lâminas de silício e células fotovoltaicas de silício; (ii) desenvolvimento de tecnologias para produção de células fotovoltaicas de filmes finos, OLED ou de outros materiais; e (iii) desenvolvimento de tecnologias e soluções para produção de inversores e equipamentos aplicados a sistemas fotovoltaicos (BNDES, 2017p).

A ação conjunta tinha como objetivo investir R\$ 3 bilhões nas principais linhas de apoio de cada órgão durante os anos de 2013 a 2016. Um total de 92 projetos foram selecionados para o investimento

total da linha, sendo 24 relativos à cadeia produtiva de energia solar fotovoltaica, termossolar e eólica. Por hora não há indicativos de que a ação possa ser reaberta para mais uma nova rodada de investimentos.

### BNDES

#### BNDES FINEM – INOVAÇÃO

A linha BNDES Finem Inovação é específica para financiamentos a partir de R\$ 1 milhão para projetos de inovação realizados por empresas de qualquer porte. Dentre as principais iniciativas de inovação financiadas estão: (i) inovações potencialmente disruptivas ou incrementais de produto, processo e marketing; (ii) atividades de P&D; (iii) investimentos em ambientes de inovação e suas estruturas de suporte localizados em parques tecnológicos, incubadoras, aceleradoras etc.; (iv) infraestrutura de inovação, plantas-piloto e plantas demonstração; (v) novos modelos de negócio; e (vi) plantas industriais com características inéditas ou que tenham como objetivo a produção de bens não fabricados no Brasil.

O teto de utilização da linha é de 80% dos itens financiáveis desde que o financiamento seja maior que R\$ 1 milhão. Abaixo, é apresentado quadro resumo das condições de financiamento:

Tabela 50. Linha BNDES FINEM – Inovação

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
80% dos itens financiáveis	Até 12 anos de prazo total	2,1% a 5,07% (se MPMEs) ou 2,1% a 6,56% a.a. (se grandes empresas)	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017i (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

#### BNDES – MPME INOVADORA

A linha BNDES MPME Inovadora é específica para financiamentos de até R\$ 20 milhões para projetos de inovação realizados por MPMEs, com faturamento anual de até R\$ 90 milhões. Dentre as iniciativas de inovação financiadas estão: (i) inovações no mercado; (ii) desenvolvimento de novos produtos/processos e sua introdução no mercado; (iii) implantação/modernização das instalações das MPMEs que buscam aproveitar as capacidades técnicas e científicas disponíveis em parques tecnológicos para intensificar o seu processo de inovação; (iv) investimentos realizados por empresas que estejam ou tenham sido incubadas; e (v) destinados a fortalecer a capacidade financeira da empresa que esteja realizando esforços para inovar.

O teto de utilização da linha é de 90% dos itens financiáveis, limitado a R\$ 20 milhões. A linha só pode ser desembolsada por meio de um agente financeiro credenciado (banco repassador). Abaixo é apresentado quadro resumo das condições de financiamento:

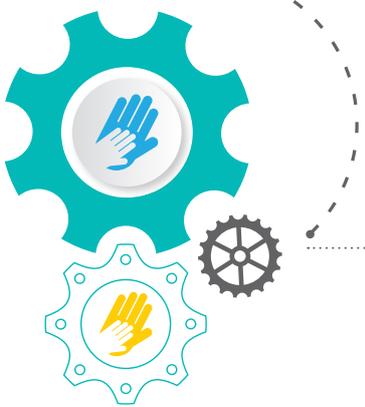


Tabela 51. Linha BNDES MPME inovadora

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
90% dos itens financiáveis	Até 10 anos, incluindo até 4 anos de carência de juros e principal	Micro e pequenas empresas: 75% Selic + 0,5% a.a. + Taxa de Juros do Banco Repassador, se operação for indireta  Médias empresas: 90% Selic +1,4% a.a. + Taxa de Juros do Banco Repassador, se operação for indireta	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

FONTE: BNDES, 2017I (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## BNDES – INOVAGRO

Linha de financiamento para incorporação de inovações tecnológicas nas propriedades rurais, visando ao aumento da produtividade e melhoria de gestão. Portanto, só podem ser beneficiários produtores rurais, pessoa física e jurídica ou suas cooperativas.

Dentre os itens financiáveis consta a compra e instalação de sistemas de geração fotovoltaica para consumo próprio na propriedade rural. A seguir, as principais condições de financiamento:

Tabela 52. Linha BNDES inovagro

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis, limitado a R\$ 1,1 milhão (restrito a produtor rural)	Até 10 anos, incluindo até 3 anos de carência de principal	8,5% a.a. (até 30/6/2017)	Consumidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Física

FONTE: BNDES, 2017o (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## FINEP

A FINEP tem como missão promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público para ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas e privadas. Seu objetivo é atuar na cadeia de inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil (FINEP, 2017c).

## INOVAÇÃO

Esta linha é dividida em quatro classificações com base no escopo do projeto e nível de inovação: inovação pioneira, inovação para competitividade, inovação para desempenho, pré-investimento e inovação crítica. A seguir, as principais condições desta linha:

Tabela 53. FINEP inovação

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 60 a 90% dos itens financiáveis, a depender do mérito de inovação do projeto	Até 7 – 12 anos, incluindo até 2 – 4 anos de carência de juros e principal, a depender do projeto	TJLP + 0 a 5,0% a.a., a depender do mérito do projeto	Investidor Pessoa Jurídica

FONTE: FINEP, 2016 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## SUBVENÇÃO ECONÔMICA

A FINEP concede subvenção econômica (apoio não reembolsável) com o objetivo de incentivar as atividades de inovação das empresas. Para obter o apoio, é preciso que sejam realizadas chamadas públicas para a análise dos projetos e das empresas, em que a chamada pública mais relevante para o segmento de energia solar fotovoltaica foi no âmbito do Plano Inova Energia.

É importante ressaltar que as chamadas públicas de Subvenção Econômica requerem contrapartidas de empresas para sua realização.

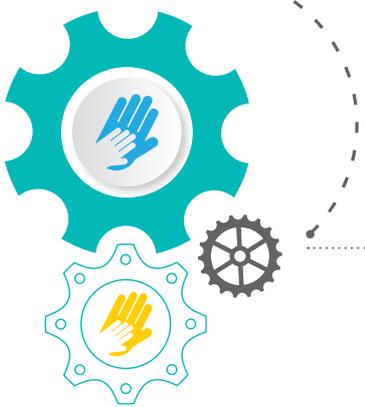
## COOPERATIVO ICT/EMPRESA

No âmbito do Plano Inova Energia, A FINEP concede financiamento não reembolsável para Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) em cooperação com as empresas apoiadas no plano. Desse modo, a empresa apoiada poderá dispor parte do valor do projeto com recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) para a realização de projetos com ICTs e que serão dedicados exclusivamente às ICTs parceiras.

Essa forma de apoio é restrita somente a projetos classificados como alto risco tecnológico pelo Plano Inova Energia, como por exemplo: (i) soluções para a cadeia de energia fotovoltaica; e (ii) baterias e acumuladores de energia. Como o Plano Inova Energia foi encerrado em 2016, com projetos já selecionados, até o momento não foram divulgadas informações sobre a reabertura dessa forma de apoio futuramente para energia fotovoltaica.

## INOVACRED

O objetivo do programa Inovacred é oferecer financiamento para empresas com receita operacional bruta de até R\$ 90 milhões para aplicação no desenvolvimento de novos produtos, processos e



serviços ou aprimoramento dos já existentes. O apoio é concedido por agentes financeiros, que assumem os riscos da operação.

O programa classifica as empresas em 3 diferentes portes: (i) Porte I: empresas com receitas bruta anualizada de até R\$ 3,6 milhões; (ii) Porte II: empresas com receitas bruta anualizada de acima de R\$ 3,6 milhões e até R\$ 16,0 milhões; e (iii) Porte III: empresas com receitas bruta anualizada de acima de R\$ 16,0 milhões e até R\$ 90,0 milhões.

Cada agente financeiro tem até R\$ 80 milhões para financiar empresas, hoje são um total de 16 agentes do programa registrados em diversos estados do Brasil.

Tabela 54. FINEP inovacred

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Empresas de Porte I e II: de R\$ 150 mil a R\$ 3 milhões	Até 8 anos, incluindo até 2 anos de carência de juros e principal	Empresas de Porte I e II: TJLP	Investidor Pessoa Jurídica
Empresas de Porte III: de R\$ 150 mil a R\$ 10 milhões		Empresas de Porte III: TJLP + 1% a.a.	

FONTE: FINEP 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## TECNOVA

O objetivo do programa Tecnova é criar condições financeiras favoráveis para apoiar a inovação. O apoio é realizado por meio de subvenção econômica, com foco em desenvolvimento de empresas de micro e pequeno porte e é realizado com parceiros estaduais (Finep, 2017d).

O programa prevê repasse de R\$ 190 milhões para os parceiros estaduais com o objetivo de apoio às empresas, destes R\$ 19 milhões serão destinados para desenvolvimento e organização dos parceiros estaduais com o objetivo de capacitação. Adicionalmente, o Sebrae também poderá complementar o apoio da FINEP com R\$ 50 milhões, que serão voltados para atividades de gestão de negócios para as empresas apoiadas. Adicionalmente, o edital prevê que 40% dos recursos sejam alocados nos setores de petróleo e gás, energias alternativas e tecnologia da informação e comunicação (TIC) (Finep, 2017d).

A subvenção para empresas com recursos FINEP será entre R\$ 120 mil e R\$ 400 mil e as empresas precisam aportar contrapartida financeira equivalente a 5% do valor recebido em subvenção. O prazo máximo de execução dos projetos é de até 24 meses (Finep, 2017d).

## FNE Inovação

A FNE Inovação é uma linha de financiamento oferecida pelo BNB com a finalidade de promover a inovação em produtos, serviços, processos, marketing e/ou métodos organizacionais em todos os setores da economia (BNB, 2017c).

A FNE Inovação pode financiar a implantação, expansão, modernização, reforma e mudança na localização que viabilizem inovações em produtos, serviços, processos, métodos organizacionais e métodos de marketing nos empreendimentos, inclusive estudos ambientais e investimentos relativos às condicionantes de licenças ambientais. A linha prevê bônus de adimplência de 15% para pagamentos realizados pontualmente.

Tabela 55. FNE inovação

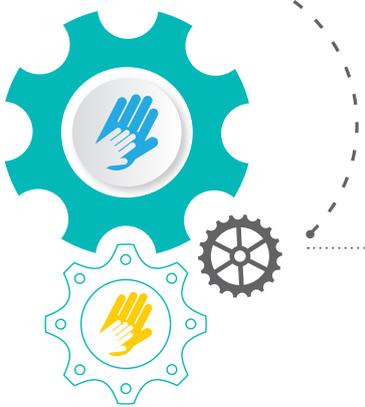
Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
100% para pequenos e pequenos-médios produtores rurais, pequena e pequena-média empresa	Até 15 anos, incluindo carência de principal de até 5 anos	Pequeno e pequeno-médio produtor rural: 7,65% a.a. (com bônus 6,5025%)	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica
95% para médio produtor rural e média empresa		Médio produtor rural: 8,53% a.a. (com bônus 7,2505%)	
90% para grande produtor rural e grande empresa		Grande produtor rural: 10,00% a.a. (com bônus 8,50%)	
		Micro, pequena, pequena-média e média empresa: 7,65% a.a. (com bônus 6,5025%)	
		Grande empresa: 9,50% a.a. (com bônus 7,6925%)	

FONTE: BNB, 2017c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## Desenvolve SP

### LINHA INCENTIVO À INOVAÇÃO

A Linha de Incentivo à Inovação tem como objetivo financiar projetos de melhoria de produtos e inovação de processos no Estado de São Paulo. Os recursos são provenientes do Fundo Estadual Científico e Tecnológico (Funcet), que subsidia parte dos juros da operação, caso os pagamentos sejam realizados pontualmente (Desenvolve SP, 2017b).



A linha pode financiar até 100% dos itens financiáveis com limite de até R\$ 10 milhões por empresa. O perfil de empresa apoiada são aquelas com faturamento de até R\$ 90 milhões (Desenvolve SP, 2017b).

Tabela 56. Desenvolve SP – Linha de incentivo à inovação

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	Até 5 anos, incluindo até 1 ano de carência de principal	IPCA + 8,5% a.a. (somente aplicável caso a empresa não realize o pagamento pontualmente)	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

Fonte: DESENVOLVE SP, 2017b (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## LINHA INCENTIVO À TECNOLOGIA

A Linha de Incentivo à Tecnologia tem como objetivo financiar projetos de desenvolvimento e transferência de tecnologia, criação de novos produtos, processos ou serviços, investimento em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento, que incorporem ganhos tecnológicos ou processos inovadores às pequenas e médias empresas (Desenvolve SP, 2017c).

Tabela 57. Desenvolve SP – Linha de incentivo à tecnologia

Alavancagem/ Investimento	Prazo	Taxa de juros	Tomador
Até 100% dos itens financiáveis	Até 10 anos, incluindo até 2 anos de carência de principal	IPCA + 8,5% a.a.	Investidor Pessoa Jurídica ou Consumidor Pessoa Jurídica

Fonte: DESENVOLVE SP, 2017c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## Fundo Criatec

O Fundo Criatec foi originado por iniciativa do BNDES e é um fundo de capital semente destinado à aplicação em empresas emergentes inovadoras. Já foram criados 3 fundos:

- Fundo Criatec, com R\$ 100 milhões de recursos do BNDES e BNB totalmente aplicados em 36 empresas de diversos setores até 2011. O fundo deve encerrar suas atividades em 2017 (Criatec, 2017);
- Fundo Criatec 2, com \$ 186 milhões comprometidos com recursos do BNB, Badesul, BDMG e o BRB (Criatec 2, 2017);

- Fundo Criatec 3, com R\$ 200 milhões em capital comprometido com recursos do BNDES, BNB, Badesul, BDMG, Bandes, Agência de Fomento do Estado do Amazonas (AFEAM), Banco Alfa, BRDE, Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), Fomento Paraná e VALID (Criatec 3, 2017).

Até o momento nenhuma empresa do segmento de energia solar fotovoltaica foi apoiada pelos fundos Criatec e Criatec 2. Para se candidatar ao investimento do Fundo Criatec 3, é preciso ser uma empresa que desenvolva tecnologias inovadoras e que tenha alto potencial de crescimento, a empresa deve estar em estágio inicial de desenvolvimento e ter faturamento líquido de até R\$ 12 milhões.

#### Fundo Setorial de Energia – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)

O Fundo Setorial de Energia foi criado com foco em estimular a pesquisa e a inovação para novas alternativas de geração de energia, bem como no aumento da competitividade da tecnologia industrial nacional e fomento à capacitação tecnológica nacional (MCTI, 2012).

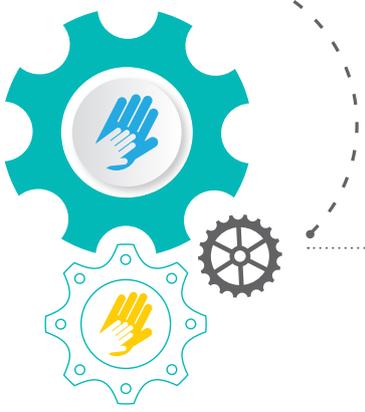
O fundo é executado pela FINEP e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e tem como origem de recursos entre 0,3% e 0,4% do faturamento líquido de empresas concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. O público-alvo para a obtenção do apoio são instituições de pesquisa nacionais reconhecidas pelo MCTI e instituições de ensino superior credenciadas no Ministério da Educação e Cultura (MEC).

#### Programa de P&D ANEEL

O Programa de P&D da ANEEL tem como objetivo apoiar projetos que demonstrem originalidade, aplicabilidade, relevância e a viabilidade econômica de produtos e serviços nos processos e usos finais de energia (ANEEL, 2017b).

Os investimentos de P&D devem ser orientados para subtemas estratégicos ou prioritários, buscando estimular o desenvolvimento de invenções e inovações tecnológicas relevantes para o setor elétrico brasileiro. Dentre os subtemas publicados em 2016 estão: (i) Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D; (ii) Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção de Sistemas de Armazenamento de Energia no Setor Elétrico Brasileiro (ANEEL, 2017b).

Para participar é preciso que haja uma chamada pública específica para cada assunto contido nos subtemas para apresentar os projetos elegíveis.



## 4.5 Impactos das políticas e financiamento aos pequenos negócios

O segmento de energia solar fotovoltaica, especificamente o segmento de geração distribuída, tem grande pulverização de empresas, geralmente de portes que variam de micro a médias empresas. Esse fato impulsiona os órgãos públicos a criar políticas e financiamentos específicos para esse público.

Excetuando-se a maioria dos instrumentos de dívida que são captados no exterior, praticamente todos os bancos e agências de financiamento têm linha de crédito específica para pequenos negócios. Já nos bancos públicos, tais como BNDES, BNB, entre outros, as linhas específicas para pequenos negócios apresentam condições incentivadas, com taxas menores e/ou prazos maiores do que as linhas tradicionais.

Como exemplo relevante, o BNDES publicou em janeiro de 2017 as novas diretrizes operacionais do banco, nas quais apresenta como foco o crédito para MPMEs, sendo este o único segmento de empresas que atinge o limite máximo de alavancagem permitida pelo banco com custos incentivados (80% TJLP) nas mais diversas linhas de apoio do banco para diversos setores de atuação. Além disso, o BNDES aumentou o conceito de empresas consideradas como MPMEs para aquelas que têm faturamento de até R\$ 300 milhões.

O BNB também tem taxas incentivadas para MPMEs, sendo em média 18% menores do que as taxas para empresas de grande porte. Inclusive, o banco dispõe de taxas diferenciadas também para produtores rurais de pequeno e médio porte.

Apesar de haver linhas disponíveis e crédito para emprestar aos pequenos negócios, as principais barreiras ao financiamento são a necessidade de apresentação de garantias, a burocracia para a concessão do crédito e o alto custo, principalmente se consideradas linhas voltadas aos pequenos negócios ofertadas por bancos comerciais de varejo.

Em geral, o processo de obtenção das principais linhas de financiamento exige, além de garantia pessoal, garantias reais robustas que a maioria dos pequenos negócios não dispõe. As garantias reais são imóveis, terrenos, equipamentos, entre outros bens que as instituições financeiras requerem que o tomador do crédito dê em garantia ao pagamento da dívida. Já as garantias pessoais são baseadas na avaliação de crédito das empresas e dos seus sócios que, em geral, não são robustas nos pequenos negócios e podem impedir a contratação de outros empréstimos essenciais para a pequena empresa.

A burocracia para a concessão do crédito também é um ponto chave para que pequenas empresas tenham acesso ao crédito. Muitas vezes o processo de obtenção do crédito é extenso e com pouca agilidade ou a documentação para obtenção do crédito é exaustiva ou a instituição financeira não tem meios de conceder o crédito à Pequena Empresa no tempo que ela precisa para fazer o investimento.

Por fim, os custos acessíveis para Pequenas Empresas vindos de instituições mais rápidas e com maior flexibilidade para a documentação exigida é extremamente caro. Comparando o custo do BNDES e BNB com as linhas de Bancos Comerciais, estes últimos chegam a oferecer crédito com custo 300% maior.

Outra barreira relevante ao desenvolvimento dos pequenos negócios é que a maioria dos financiamentos para geração distribuída tem como foco o consumidor final. Este ou não dispõe das garantias ou, se as dispõe, sempre priorizará aliená-las para obtenção de um financiamento para atividade fim da empresa, que geralmente não é reduzir sua conta de eletricidade, mas sim um ramo qualquer comercial, de serviço ou industrial.

Por outro lado, do lado do tomador, muitas vezes as informações sobre a disponibilidade das linhas e instrumentos de financiamento explorados neste capítulo não são conhecidas; seja porque o credor não está conseguindo se comunicar com seu público-alvo, seja por falta de entendimento sobre o produto, tanto por parte do público-alvo quanto por parte dos representantes das instituições financeiras.

Portanto, apesar de o enfoque dos principais financiadores estar voltado aos pequenos negócios, o financiamento segue sendo um grande gargalo no desenvolvimento de pequenos de negócios nesse segmento. Há diversas soluções e políticas possíveis para superar essa barreira. Dentre elas, destaca-se a busca por garantias alternativas, tais como os fundos garantidores apresentados neste capítulo, e o financiamento direto às empresas, que oferecem o aluguel dos sistemas fotovoltaicos como modelo de negócio alternativo à venda.



## Instituições de apoio atuantes na cadeia solar fotovoltaica

## 5.1 Associações

Diversas associações atuam no segmento fotovoltaico no país, trabalhando para desenvolver essa fonte de energia nas esferas regulatórias, mercado, indústria, imprensa e sociedade civil. Algumas atuam exclusivamente no segmento fotovoltaico, outras atuam em energia solar (inclusive aquecimento), outras em geração distribuída (fonte solar, eólica, biomassa, gás), algumas em todas as renováveis (solar, eólica, PCH, biomassa), e outras focando na indústria de equipamentos (cadeia produtiva). Logo, pode-se dizer que, apesar de ser um segmento ainda pouco representativo na matriz elétrica brasileira, há um grau relevante de organização das empresas da cadeia.

### Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR)

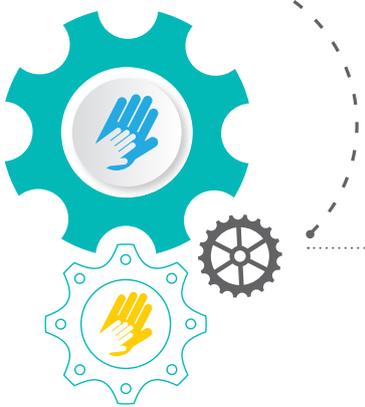
Fundada em 2013, a ABSOLAR é a principal associação do segmento solar fotovoltaico brasileiro, sendo a entidade representativa do segmento nos segmentos de geração centralizada e geração distribuída solar fotovoltaica, em todo o Brasil e nas principais instituições estrangeiras e internacionais do segmento fotovoltaico mundial.

A ABSOLAR é uma associação nacional que congrega profissionais e empresas de toda a cadeia produtiva do segmento solar fotovoltaico com operações no Brasil, incluindo fabricantes de insumos, componentes e equipamentos, distribuidores e revendedores de componentes e equipamentos, empresas integradoras, empresas de engenharia, consultoria, seguros e demais prestadores de serviços, desenvolvedores, geradores e comercializadores de energia, federações de indústrias, centros de pesquisa, universidades, investidores, entidades financiadoras, entre outros. Conta atualmente com mais de 165 associados, incluindo os principais agentes e grupos econômicos nacionais e internacionais do segmento solar fotovoltaico, tendo como missão “inserir e ampliar o uso da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira, fomentando o desenvolvimento de um segmento fotovoltaico nacional com qualidade, profissionalismo, competitividade e sustentabilidade” (ABSOLAR, 2017b).

A sede da ABSOLAR fica localizada na cidade de São Paulo e sua atuação está focada nas seguintes atividades estratégicas:

- “Representar e promover o segmento solar fotovoltaico brasileiro no País e no exterior, perante o governo brasileiro, as demais entidades do setor elétrico brasileiro, a imprensa, ONGs, empresas e a sociedade civil;
- Acompanhar o avanço do segmento solar fotovoltaico no País, produzindo informes e relatórios sobre a capacidade instalada e suas taxas de crescimento; divulgando aos membros da ABSOLAR as atuais oportunidades de negócio no segmento (e.g. editais, projetos, leilões, entre outros) e divulgando para a sociedade brasileira projetos fotovoltaicos emblemáticos realizados no País;
- Servir de ponto de encontro e debate para as empresas do segmento, por meio de reuniões estratégicas com autoridades e especialistas do segmento, atividades desenvolvidas em seus grupos de trabalho e assembleias e plenárias periódicas para os associados” (ABSOLAR, 2017b).

A ABSOLAR organiza anualmente, em parceria com o Grupo CanalEnergia, a principal conferência e feira de negócios do segmento solar fotovoltaico brasileiro, a Brasil Solar Power, que reúne as principais autoridades, lideranças governamentais, especialistas, empresários e profissionais do segmento com atuação no Brasil.



### Associação Brasileira de Energia Solar (ABENS)

A ABENS representa o segmento de energia solar, inclusive solar fotovoltaica e aquecimento solar. Seu principal objetivo é promover a divulgação, o incentivo e os estudos relacionados à energia solar no país.

Sua sede fica em São Paulo e sua atuação tem foco em:

- “Agrupar pessoas e entidades interessadas no estudo, desenvolvimento e aplicação da energia solar no Brasil;
- Promover, coordenar, apoiar ou participar de estudos, trabalhos, reuniões e outras atividades ligadas a este objetivo;
- Apoiar a manutenção e desenvolvimento dos atuais centros de pesquisa em energia solar e promover a criação de novos centros no país, cooperar na elaboração de programas de pesquisa e desenvolvimento e na obtenção de recursos junto a organismos nacionais e internacionais;
- Estimular as autoridades federais, estaduais e municipais, entidades públicas, privadas, organizações não governamentais e a sociedade na utilização da energia solar;
- Participar de organizações congêneres internacionais;
- Exercer quaisquer outras atividades relacionadas com sua finalidade” (ABENS, 2017).

### Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD)

Fundada em 2015, a ABGD é uma associação que atua exclusivamente no segmento de geração distribuída, formada por empresas de diferentes tamanhos e segmentos, como por exemplo, provedores de soluções, EPC’s, integradores, distribuidores, fabricantes, acadêmicos do segmento etc., e que têm com atividade principal a atuação direta ou indireta na Geração Distribuída com fontes renováveis de energia (solar fotovoltaica, biomassa, biogás, hidráulica e eólica) (ABGD, 2017).

Com mais de 250 associados, sua missão é “representar e defender os interesses de seus associados junto aos órgãos governamentais, entidades de classe, órgãos reguladores, “agentes” do segmento e trabalhar em prol da inclusão dos diferentes setores da sociedade para se beneficiarem ativamente da Geração Distribuída, incorporando os conceitos de sustentabilidade, retorno financeiro, segurança jurídica, eficiência energética e previsibilidade de gastos no que tange Geração Distribuída com fontes renováveis de energia” (ABGD, 2017).

Sua sede fica em Alphaville, estado de SP, e sua atuação tem foco em:

- “Eliminar ou mitigar ao máximo todas as barreiras regulatórias, fiscais, políticas e econômicas que impedem a rápida expansão da geração distribuída;

- Promover ativamente a geração distribuída, apresentando-a aos diversos setores da sociedade como um dos meios mais eficientes para diversificação da matriz elétrica, economia de energia, eficiência energética, sustentabilidade do meio ambiente e distribuição de renda, de maneira simples, direta e eficaz;
- Divulgar instrumentos e informações para os associados maximizarem o desenvolvimento de seus negócios, aumentarem sua especialização técnica, aprimorarem seu conhecimento e minimizarem ao máximo os riscos inerentes ao negócio;
- Criar e difundir padrões de excelência que garantam a segurança, alto grau de qualidade e profissionalismo em todas as instalações de geração distribuída;
- Concentrar e coordenar encontros entre as empresas do segmento, por meio de reuniões, workshops, congressos, debates e demais meios, visando agregar valor, trocar experiências, expandir know-how e compartilhar conhecimento” (ABGD, 2017).

### Associação Brasileira da Indústria Eletro-Eletrônica (Abinee)

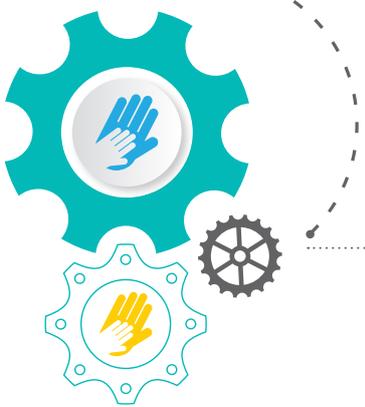
A Abinee é uma associação que representa os setores elétrico e eletrônico de todo o Brasil, inclusive fabricantes de equipamentos e componentes do segmento solar fotovoltaico. A sede Abinee está localizada em São Paulo, mas a associação atua em nível nacional com diretorias e escritórios em Minas Gerais, Nordeste, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Brasília. Com mais de 408 associados, sua missão é “assegurar o desenvolvimento competitivo no setor elétrico e eletrônico do país, a defesa de seus legítimos interesses e sua integração à comunidade” (Abinee, 2017).

A Abinee foi pioneira na criação de um Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica, que realizou importantes estudos sobre a viabilidade da fonte no Brasil. A partir deste trabalho, inclusive com a participação de alguns de seus membros, foi criada a ABSOLAR em 2013.

### Associação Brasileira de Cogeração de Energia (COGEN)

A COGEN representa mais de 100 associados atuantes nas diversas modalidades de geração distribuída, em especial, em cogeração de energia, incluindo seus quatro vetores principais: biomassa, gás natural, biogás e solar. Sua atuação incorpora geração, transmissão, distribuição de energia, investimentos de cogeração, comercialização de energia e gás natural, indústria sucroenergética, fornecedores de equipamentos, serviços de engenharia, e consultoria. Sua missão é a de promover a oferta de geração distribuída no Brasil, em especial a cogeração (COGEN, 2017a).

Foi fundada em 5 de setembro de 2003 a partir da convergência de interesses no desenvolvimento da cogeração com biomassa de cana e na cogeração a gás natural. Desde 2012, passou também a representar agentes no segmento de geração solar fotovoltaica distribuída, onde contribuiu para o desenvolvimento do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, por meio das REN 482 da ANEEL, de 2012, bem como para a inserção da geração solar nos leilões do ACR.



Seus principais focos de atuação são:

- “Representar os interesses comuns dos seus associados;
- Conjugar e coordenar iniciativas e esforços dos associados, promovendo a otimização da utilização comum de seus bens e serviços;
- Acompanhar e sugerir ajustes da legislação e regulação aplicável a cogeração, acompanhar a evolução tecnológica, as alterações nas relações econômicas da exploração das atividades relacionadas com a cogeração;
- Colaborar e interceder junto aos órgãos governamentais, em matérias de interesse comum dos associados, para a promoção da cogeração;
- Participar em ações orientadas de pesquisa e desenvolvimento de métodos e tecnologias aplicáveis a cogeração, de interesse dos associados;
- Promover a formação técnica e tecnológica especializada em cogeração;
- Prestar colaboração técnica e dar pareceres por iniciativa própria, ou quando solicitada, no âmbito da sua especialidade;
- Estimular, desenvolver e participar em projetos de pesquisa de mercado e de desenvolvimento tecnológico na área de cogeração e de interesse dos associados;
- Colaborar com outras associações, institutos ou entidades com interesses afins, podendo, neste caso, firmar parcerias, convênios, acordos e/ou cooperações com tais associações, institutos ou entidades” (COGEN, 2017b).

### Associação Brasileira de Energias Alternativas e Meio Ambiente (Abeama)



A Abeama é uma associação com 48 associados que tem como objetivo promover, divulgar e viabilizar o uso de fontes alternativas de energia, a prática da conservação da energia e o uso eficiente dos recursos energéticos, visando à preservação do meio ambiente e incluindo as novas tecnologias limpas na matriz energética brasileira. Portanto, é uma associação que atua no setor de energias renováveis, inclusive no segmento de energia solar fotovoltaica (Abeama, 2017).

## 5.2 Instituições de ensino e pesquisa

As instituições de ensino e pesquisa foram importantes para o desenvolvimento histórico da energia solar fotovoltaica no Brasil e continuam a fomentar a formação e capacitação de profissionais de nível superior atuando no segmento. Dentre elas:

### Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (LSF – IEE/USP)

O LSF – IEE/USP iniciou suas atividades em 1995. Em fevereiro de 1997 recebeu apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), auxílio Jovem Pesquisador (JP), que possibilitou a sua consolidação e atual atuação na área de sistemas fotovoltaicos. Coordenado pelo Prof. Roberto Zilles, o LSF – IEE/USP atua em linhas de atividades associadas com as aplicações de sistemas fotovoltaicos:

- “Pesquisa acadêmica realizada por estudantes de mestrado e doutorado do Programa Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo;
- Desenvolvimento e teste de sistemas de condicionamento de potência;
- Prestação de serviços de qualificação de módulos fotovoltaicos, controladores e conversores corrente contínua/corrente alternada realizados no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem;
- Publicação de diversos livros, teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos em periódicos e artigos em anais de congressos” (IEE USP, 2017).

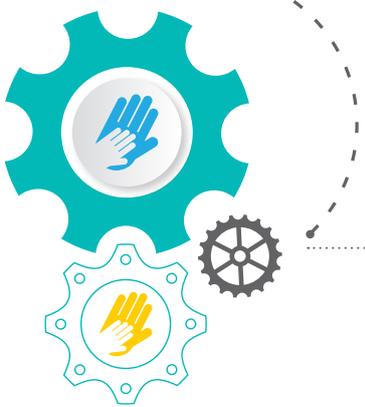
Desde 2009 o LSF – IEE/USP é laboratório associado ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT – EREEA).

Além disso, é membro do Núcleo de Coordenação da Rede Sistema Brasileiro de Tecnologia (SIBRATEC) para energia solar fotovoltaica. O SIBRATEC tem como objetivo apoiar o desenvolvimento tecnológico de empresas brasileiras e é operado pela FINEP, que em suas ações busca atender às necessidades de desenvolvimento tecnológico e implantar a cultura da inovação nas empresas brasileiras, principalmente micro e pequenas (SIBRATEC, 2017).

### Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (FV – UFSC)

O FV – UFSC desenvolve estudos nas diversas áreas de aplicação da energia solar no Brasil, com foco principal em sistemas fotovoltaicos integrados ao entorno construído e interligados à rede elétrica pública, os chamados Edifícios Solares Fotovoltaicos. Coordenado pelo Prof. Ricardo Rüther, o FV – UFSC já conduziu projetos como:

- “Instalação de Módulos de Avaliação (MA) e uma Usina Solar Fotovoltaica de 3 MWp. Cada MA é composto por sete sistemas fotovoltaicos de diferentes tecnologias (10 kWp cada), no âmbito do Projeto de P&D Estratégico da Tractebel Energia com o Grupo Fotovoltaica – UFSC e cooperadas;
- Instalação do primeiro sistema do Brasil integrado à arquitetura e interligado à rede elétrica pública;
- Instalação de diversos dos primeiros sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica pública no Brasil;



- Condução de serviços como projeto básico, especificação técnica e análise econômica, comissionamento, avaliação de desempenho de sistemas fotovoltaicos em diversos estádios: Mineirão, Beira-Rio, Maracanã, Pituaçu e Manaus;
- Publicação de diversos livros, teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos em periódicos e artigos em anais de congressos” (UFSC, 2017).

### Núcleo de Tecnologia em Energia Solar da Pontifícia Universidade Católica do RS (NT-Solar PUC-RS)

O NT-Solar PUC-RS tem como objetivo desenvolver dispositivos fotovoltaicos que reduzem o custo da energia elétrica obtida diretamente da conversão da energia solar. A linha de pesquisa relativa a células solares centra-se no desenho, fabricação e caracterização desses dispositivos. Um dos principais resultados foi o desenvolvimento de um processo de fabricação de células com alta eficiência (17%). É o único laboratório de pesquisa e desenvolvimento do país com uma planta-piloto completa para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos de silício cristalino (PUC-RS, 2017).

### Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas da Universidade Estadual de Campinas (LPF – UNICAMP)

Segundo o Instituto Nacional de Engenharia de Superfícies (INES), o Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas (LPF) do Instituto de Física da UNICAMP já gerou as seguintes contribuições em dispositivos fotovoltaicos:

- Células solares de silício monocristalino com eficiência de até 16%;
- Células solares de silício multicristalino de 13% de eficiência;
- As primeiras células solares de silício amorfo da América Latina com eficiência de 7%;
- Células com estrutura semicondutor-isolante-semicondutor de 13%;
- Células solares de 5% de eficiência, a partir do silício metalúrgico nacional” (INES, 2017).

Outras áreas de pesquisa importante do grupo são: o desenvolvimento de superfícies duras por diferentes técnicas visando a aplicações na indústria metal-mecânica e a fotônica, que é utilização da luz para transmissão de informação. (UNICAMP, 2017).

### Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

“O IPT é um instituto vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo e há mais de cem anos colabora para o processo de desenvolvimento do País.

Um dos maiores institutos de pesquisas do Brasil, o IPT conta com laboratórios capacitados e equipe de pesquisadores e técnicos altamente qualificados, atuando basicamente em quatro grandes áreas: inovação, pesquisa & desenvolvimento; serviços tecnológicos; desenvolvimento & apoio metrológico, e informação & educação em tecnologia” (IPT, 2017).

Dentre os projetos que envolvem a tecnologia fotovoltaica, pode-se destacar o projeto “Rota metalúrgica para produção de Silício Grau Solar”, concluído em 2014 pelo IPT.



**Laboratório de Energia Solar do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas do Instituto de Tecnologia e da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (LES – GEDAE)**

“O LES do GEDAE está diretamente ligado ao desenvolvimento e disseminação de tecnologias que usam a energia solar como fonte primária para diversas aplicações, dentre as quais estão: os sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica convencional, sistemas fotovoltaicos isolados, sistemas de bombeamento fotovoltaico e sistemas de aquecimento solar.

O LES reúne em seu laboratório equipamentos e recursos computacionais (hardware e software) para o desenvolvimento de atividades de pesquisa, ensino e extensão. Tais recursos podem, em boa parte, ser aplicados especificamente no desenvolvimento de pesquisas aplicadas e ensaios de laboratório” (GEDAE, 2017).

**Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LABSOL – UFRGS)**

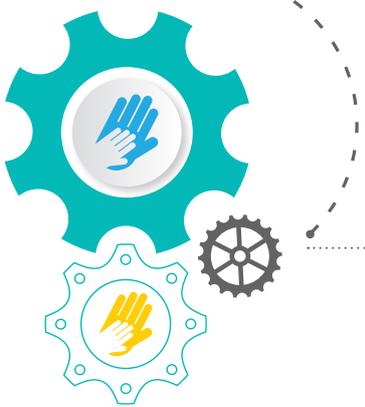
O LABSOL da UFRGS participa de atividades de ensino, pesquisa e extensão tanto na graduação quanto na pós-graduação. Suas linhas de pesquisa são: sistemas solares de aquecimento, sistema de energia solar fotovoltaica e radiação solar (UFRGS, 2017).

**Instituto Nacional de Engenharia em Superfícies (INES)**

O INES, um dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) do CNPq, em parceria com o LPF – UNICAMP, tem se dedicado ao estudo de filmes finos e materiais nanoestruturados para aplicações na indústria metal-mecânica e em dispositivos fotovoltaicos. O grupo tem desenvolvido materiais como carbono amorfo tetraédrico (ta-C), carbono tipo diamante (DLC), carbono polimérico (PLC), carbono semelhante a grafite (GLC), utilizando diferentes técnicas (INES, 2017).

**Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (CERNE)**

“O CERNE, localizado em Natal, estado do Rio Grande do Norte, é um think tank voltado para a concepção, discussão e implementação de estratégias públicas e privadas relativas ao aproveitamento sustentável dos recursos naturais e energéticos do Nordeste Setentrional do Brasil” (CERNE, 2017).



Um exemplo da atuação do CERNE no segmento solar fotovoltaico é o cadastro de terras com potencial eólico e solar (CTPES). O serviço destina-se aos proprietários de terras que tenham o interesse em oferecer suas propriedades para arrendamento e instalação de empreendimentos de geração de energia elétrica. Outra iniciativa é a oferta de curso de capacitação em energia solar fotovoltaica – tecnologia, projetos e aplicações (CERNE, 2017).

### **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT – EREEA)**

O INCT – EREEA é um grupo com o objetivo de estudar as necessidades e potencialidades energéticas da Região Amazônica, dando ênfase à quantificação e à caracterização das fontes solar, eólica, hídrica e biomassa. Para isso o grupo tem projetos de divulgação do tema para a comunidade e também projetos técnicos para a construção de sistemas de geração de energia elétrica (INCT – EREEA, 2017).

### **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT – NAMITEC)**

O INCT – NAMITEC é uma rede que reúne as principais instituições que desenvolvem nano e microeletrônica no Brasil. São ao todo 23 centros de pesquisa e universidades, espalhados por 13 estados nas cinco regiões do país. Dentre as áreas de atuação se enquadram tecnologia da informação e comunicação, instrumentação biomédica e vida assistida, redes veiculares, ambientes inteligentes, indústria automotiva e aeroespacial, produção e distribuição e uso de energia e ecologia (INCT – NAMITEC, 2017).

Exemplo de contribuição do INCT – NAMITEC ao segmento foi o apoio ao trabalho desenvolvido pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer no desenvolvimento de células solares plásticas.

### **Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)**

O IEMA é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), sem fins lucrativos, que tem como objetivo produzir e disseminar conhecimento técnico-científico em temas de impacto no ambiente urbano. Além de gerar subsídios técnicos, o IEMA busca integrar-se a diferentes coletivos da sociedade civil organizada e ao poder público para que possa aperfeiçoar a implantação de políticas setoriais de interesse comum e a melhoria da qualidade ambiental e do bem-estar das pessoas (IEMA, 2017).

Dentre suas áreas de atuação está a área de Energia e Clima, que já desenvolveu as publicações: “Prioridades para a Integração das Energias Renováveis Variáveis no Sistema Elétrico” e “O Futuro da Matriz Elétrica Brasileira: em Busca de Novos Caminhos” (IEMA, 2016).

## 5.3 Organizações Não Governamentais (ONGs)

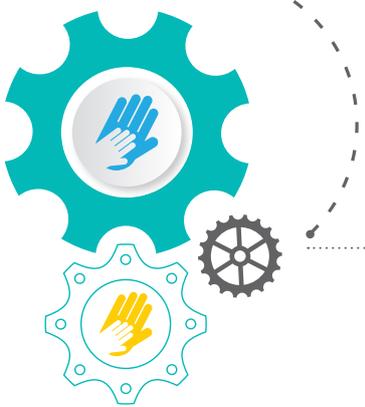
Algumas ONGs têm realizado trabalhos importantes na divulgação à energia fotovoltaica para o público em geral no país, na conscientização de agentes governamentais sobre a importância da regulamentação e incentivos para o segmento, e na realização de estudos sobre a fonte no Brasil.

### Greenpeace

O Greenpeace é uma das ONGs mais ativas no segmento fotovoltaico no país. A organização faz campanha pelo incentivo e pelo investimento em fontes renováveis de energia, como eólica, solar e biomassa (Greenpeace, 2017). Dentre suas campanhas, o Greenpeace já realizou:

- Instalação de sistema solar fotovoltaico no telhado das sedes do Greenpeace em São Paulo e Manaus, bem como em duas escolas públicas (em Minas Gerais e São Paulo) e duas casas de acolhimento a idosos e moradores de rua;
- Realização de webinar de treinamento gratuito sobre a nova regulamentação da REN 687, aberto ao público e com participação de diversos agentes envolvidos na REN 687, inclusive a ANEEL;
- Publicação de estudos e relatórios sobre o desenvolvimento do setor energético brasileiro, tais como o “Revolução Energética”, e sobre a energia solar fotovoltaica, especificamente denominado “Alvorada”, publicado em maio de 2016;
- Realização do projeto “Multiplicadores Solares”, jovens que apoiam o Greenpeace na divulgação da campanha de Energia Solar. Depois de serem treinados para participar da instalação de placas solares em duas escolas públicas, estes jovens vêm realizando a capacitação de demais jovens, adultos e crianças em todo o país. Entre 2015 e 2016, mais de 7.000 pessoas foram capacitadas pelos 30 jovens. O programa será expandido em 2017;
- Organização de petição a ser entregue para os governadores dos estados brasileiros que ainda não aderiram ao Convênio CONFAZ 16;
- Produção de webdocumentário sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica: “Sol de Norte a Sul”;
- Organização de um concurso nacional para o desenvolvimento de novos modelos de negócios para a energia solar, o Desafio Solar, que recebeu mais de 250 inscrições e selecionou três ganhadores que estão recebendo apoio da organização na estruturação de seus negócios.

Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) 



O Instituto IDEAL é uma organização privada sem fins lucrativos, com sede em Florianópolis, estado de Santa Catarina, que atua na promoção de energias renováveis e de políticas de integração energética na América Latina. São algumas das principais áreas de trabalho do IDEAL:

- “O seminário “Energia + Limpa””: Todos os anos, o IDEAL reúne especialistas em sessões de debate sobre fontes alternativas. O seminário ocorre normalmente entre os meses de abril e maio e é aberto ao público;
- O programa “América do Sol””: O projeto engloba as atividades do Instituto IDEAL de fomento da energia fotovoltaica. No projeto, são produzidos, por exemplo:
  - Cartilhas e outros produtos didáticos e gratuitos, que explicam o conceito de geração distribuída;
  - Simulador Solar, ferramenta digital que permite o cálculo da potência de um sistema fotovoltaico;
  - Fundo Solar, que dá o apoio financeiro a consumidores residenciais e microempresários para a instalação de geradores fotovoltaicos;
  - Selo Solar, certificação a quem utiliza a eletricidade solar.
- O programa “50 telhados””: Tem como objetivo principal instalar em edificações 50 micro ou minigeradores fotovoltaicos conectadas à rede de distribuição. O projeto é um incentivo para clientes e empresários investirem em ações para a geração de eletricidade solar” (IDEAL, 2017).

Todas as áreas de trabalho do Instituto IDEAL englobam uma série de iniciativas gratuitas.

### World Wildlife Fund – Brasil (WWF – Brasil)

O objetivo do WWF – Brasil é promover uma economia de baixo carbono de forma inclusiva e equitativa até 2050, que garanta a segurança climática e a qualidade de vida da população brasileira (WWF, 2017). Entre as suas ações:

- Defende um novo acordo internacional sobre o clima, que seja justo e eficiente;
- Promove a eficiência energética e energias renováveis alternativas (eólica, solar e biomassa);
- Contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento;
- Promove soluções de baixo carbono para diferentes segmentos da economia, principalmente aqueles mais carbono-intensivos;
- Desenvolve estratégias de adaptação e mitigação às alterações climáticas com enfoque nas populações e ecossistemas mais vulneráveis.

### Instituto Piauí Solar

O Instituto Piauí Solar é uma instituição não governamental ativa desde 2011. Trata-se de uma instituição de caráter socioambiental, sem fins lucrativos, que pretende proporcionar a criação de ambientes de debate e discussão de políticas alternativas de incentivo ao uso de energias renováveis, bem como a preservação do meio ambiente e a promoção de tecnologias energéticas apropriadas à realidade local.

O instituto promove workshops de pesquisa em energia solar em parceria com Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Além disso, tem iniciativas como o “Sol e Água no Sertão”, que trata do acesso à água em regiões semiáridas com sistemas fotovoltaicos de bombeamento (Instituto Piauí Solar, 2015).

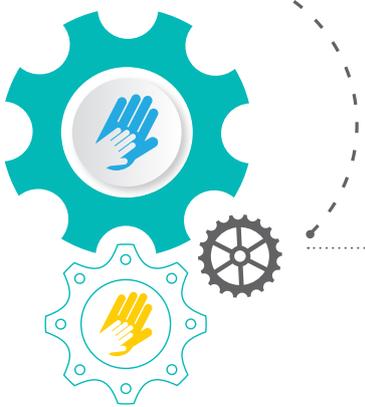
## 5.4 Outras instituições

### Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

A GIZ é uma empresa alemã prestadora de serviços de cooperação internacional para o desenvolvimento sustentável. Ela conta com mais de 17.000 colaboradores e exerce suas atividades em todas as regiões do mundo. A GIZ tem mais de 50 anos de experiência nas mais variadas áreas, abrangendo desde o fomento da economia e da criação de emprego, o trabalho com questões ambientais e energéticas até a promoção da paz e da segurança (GIZ, 2017). Os projetos no Brasil têm foco na proteção e uso sustentável das florestas tropicais, assim como nas energias renováveis e na eficiência energética.

Alguns dos projetos em energia solar fotovoltaica no Brasil incluem:

- Cooperação técnica com a ANEEL no desenvolvimento, revisão e fortalecimento do Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Brasil;
- Apoio a concessionárias na implementação de usinas de energia solar FV em estádios (Mineirão, Maracanã, Pituaçu, Arena Recife) e unidades-piloto, como o projeto Megawatt Solar e na usina solar de Fernando de Noronha;
- Cooperação técnica com o Instituto IDEAL na área de disseminação da geração distribuída com foco na energia solar FV, com o fortalecimento do Programa América do Sol (América do Sol, 2017b);
- Apoio técnico em publicações de estudos importantes como “O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica” (América do Sol, 2017c);



- Desenvolvimento em conjunto com o Instituto IDEAL e o GSL, do Fundo Solar (América do Sol, 2017a);
- Cooperação técnica com a EPE, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços do Governo do estado do Rio de Janeiro (SEDEIS) e o Instituto Pereira Passos (IPP), da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro na criação do Mapa Solar do Rio de Janeiro (EPE, 2017).

### Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae

“O Sebrae é uma entidade privada que promove a competitividade e o desenvolvimento sustentável dos empreendimentos de micro e pequeno porte, aqueles com faturamento bruto anual de até R\$ 3,6 milhões, além de estimular o empreendedorismo.

Há mais de 40 anos, atua com foco no fortalecimento do empreendedorismo e dos pequenos negócios, bem como na aceleração do processo de formalização da economia por meio de parcerias com os setores público e privado, programas de capacitação, acesso ao crédito e à inovação, estímulo ao associativismo, promoção de negócios, por meio de feiras e rodadas de negócios, dentre outras iniciativas.

As soluções desenvolvidas pelo Sebrae atendem desde o empreendedor que pretende abrir seu primeiro negócio até pequenas empresas que já estão consolidadas e buscam um novo posicionamento no mercado.

Para garantir o atendimento aos pequenos negócios, o Sebrae atua em todo o território nacional. Além da sede nacional, em Brasília, a instituição conta com pontos de atendimento nas 27 unidades da Federação. O Sebrae Nacional é responsável pelo direcionamento estratégico do sistema, definindo diretrizes e prioridades de atuação. As unidades estaduais desenvolvem ações de acordo com a realidade regional e as diretrizes nacionais” (Sebrae, 2017e).

O Sebrae selecionou a Cadeia de Energia como um dos macrosegmentos de sua atuação, tendo destacado entre suas prioridades a inclusão de pequenos negócios na cadeia de energia solar fotovoltaica. A Frente de Economia Verde do Projeto Plataforma, uma parceria entre o Sebrae, o BID e a Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI), é um exemplo de sua atuação em energia solar fotovoltaica. Por intermédio dela, o Sebrae busca mobilizar agentes da cadeia empresarial e institucional de energia solar fotovoltaica para que possam traçar, de forma articulada, programas estratégicos, com a proposição de políticas públicas e corporativas, projetos e ações, para fomentar e consolidar a inserção, de forma competitiva e sustentável, de pequenos negócios da indústria, comércio e serviços na cadeia de energia solar fotovoltaica.

Cabe destacar que o Sebrae, por meio do seu Programa Nacional de Encadeamento Produtivo – PNEP, pode implementar projetos, em parceria com grandes empresas, para melhorar a competitividade de pequenos negócios de sua cadeia de valor, contribuindo para o aumento da capacidade de competir de todos os envolvidos.

### Órgãos e instituições públicas

No setor público há diversas autarquias, ministérios, secretarias e agências que contribuem com o fomento da cadeia solar fotovoltaica no Brasil.

No âmbito nacional, vale destacar o papel da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX), o MDIC, o MI, o MME, o MCTI, o MMA e suas respectivas secretarias, além do BNDES, descrito em detalhe no capítulo 4 deste estudo, a EPE e o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT).

A Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (Apex – Brasil) atua para promover os produtos e serviços brasileiros no exterior e atrair investimentos estrangeiros para setores estratégicos da economia brasileira. A Gerência de Investimentos, uma das áreas de atuação da Apex – Brasil, visa auxiliar no desenvolvimento do país e seus estados com foco na atração de investimentos para os setores intensivos em tecnologia e que impactam na geração de empregos. Um dos setores prioritários é o de energias renováveis, em que o trabalho tem sido desenvolvido em parceria com associações representativas do setor, principalmente nos segmentos solares fotovoltaicos e eólico.

É importante mencionar o papel do IBICT em desenvolver o Mapa de Competências, uma base de dados que permite o cadastramento de empresas, inclusive de energia (IBICT, 2017).

Nos âmbitos estaduais e municipais, da mesma forma, há as secretarias estaduais e municipais e agências de desenvolvimento.

### Instituições financeiras públicas e privadas e agências de desenvolvimento

Conforme explorado no capítulo 4, instituições financeiras públicas e privadas desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da cadeia de valor do segmento fotovoltaico. Vale destacar o papel: (i) dos bancos públicos regionais e fundos constitucionais, principalmente BNB e FNE, e seu apoio para as pequenas empresas com taxas incentivadas; (ii) o BNDES e sua nova Política Operacional, que prioriza a concessão de crédito para pequenas empresas; (iii) agências e bancos de desenvolvimento estaduais, como a AGEFEPE, a AgeRio, a Goiás Fomento, o BDMG e o Desenvolve SP, entre outras; (iv) agências de financiamento à inovação, como a FINEP; e (v) bancos comerciais privados; bancos multilaterais de desenvolvimento como IFC e BID; e (vi) ECAs de diversos países.



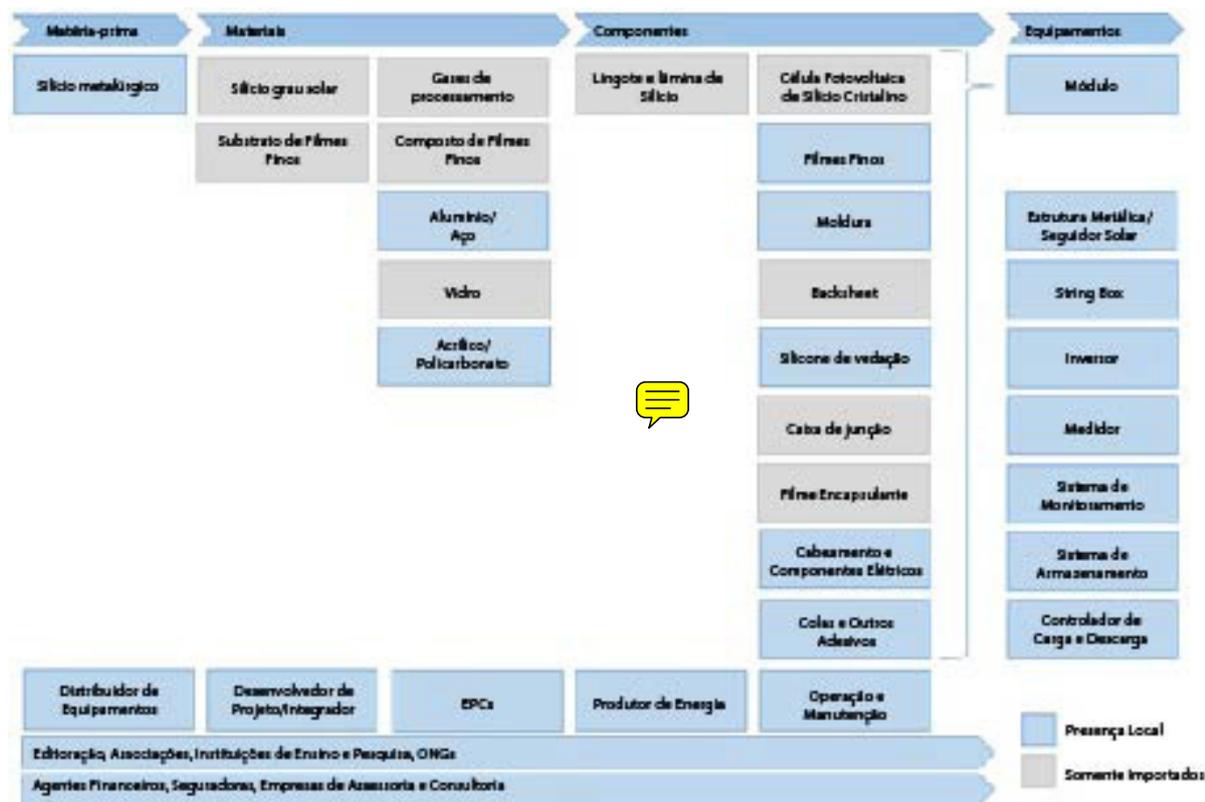
## Atividades de valor, bens e serviços da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil

Este capítulo do estudo apresenta um mapeamento da cadeia de valor fotovoltaica no Brasil, nas suas diversas camadas. No capítulo 7, a seguir, é realizado um mapeamento das empresas de bens e serviços de todas as atividades de valor da cadeia da energia solar fotovoltaica atuantes no Brasil.

Conforme apresentado no capítulo 1 deste estudo, a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica compreende a cadeia de bens (fabricantes e fornecedores de materiais, componentes e equipamentos), além de todos os serviços relacionados ao segmento.

A figura abaixo ilustra a cadeia de valor fotovoltaica completa e distingue quais atividades de valor dessa cadeia estão presentes no Brasil e quais estão exclusivamente no exterior.

Figura 39. Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil



FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## 6.1 Bens da cadeia fotovoltaica

Os módulos fotovoltaicos representam a maior participação no custo total de um sistema solar fotovoltaico de geração distribuída e centralizada, aproximadamente 40% a 60% (IRENA, 2016b). O Brasil já conta com 8 montadores desses módulos em território nacional em operação, conforme mapeamento no capítulo 7, e diversos outros estão estudando novas fábricas no país. Os inversores representam a segunda maior participação no custo total dos sistemas, aproximadamente 10% a 30%, dependendo do porte da instalação, e o país também conta com pelo menos 11 fabricantes locais. O restante do sistema, também conhecido como balance of system, inclui todos os outros equipamentos: estruturas metálicas, string box, medidores, controladores de carga, sistemas de monitoramento. O Brasil apresenta pelo menos 1 empresa fabricando cada um desses equipamentos em território nacional, conforme detalhado no capítulo 7.



Tabela 58. Equipamentos da cadeia fotovoltaica no Brasil

Equipamento		% no custo total dos equipamentos do sistema FV	Fabricação presente no Brasil
<b>Módulo</b>	Módulo fotovoltaico	~40% a 50%	Sim
<b>Inversor</b>	Inversor	~10% a 30%	Sim
<b>Balance of System</b>	Estrutura metálica fixa	~20% a 50%	Sim
	Seguidor ou rastreador solar (tracker)		Sim
	String box		Sim
	Medidor		Sim
	Sistema de armazenamento/Bateria		Sim
	Controlador de carga e descarga		Sim
	Sistema de monitoramento		Sim

FONTE: WEBSITE DAS EMPRESAS, ENTREVISTAS COM AS EMPRESAS, CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Dentre os componentes da cadeia fotovoltaica, as células fotovoltaicas têm a maior participação em termos de custo. No entanto, devido ao alto investimento inicial para instalação de fábricas de células e necessidade de grande escala e demanda para que a produção seja competitiva com produtos importados – principalmente da China –, o Brasil não tem fábricas comerciais estabelecidas. O país tem apenas uma planta-piloto operando no Parque Tecnológico da PUC do Rio Grande do Sul (NT-Solar PUC-RS), além de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento em universidades que desenvolvem pesquisas acadêmicas em células fotovoltaicas.

Por outro lado, componentes, como cabeamento, moldura, silicone de vedação, colas e outros adesivos e componentes elétricos (buchas, parafusos, porcas, soquetes, transformadores, disjuntores, conectores elétricos, arruelas, rebite, pino, mola, eixo, mancal, transformador, disjuntor, seccionadora, estação meteorológica, cabos elétricos etc.) são produzidos no país. Grande parte desses fornecedores atendem a outros setores da economia brasileira, e têm encontrado no segmento fotovoltaico um novo mercado para fornecimento, em forte crescimento.

## 6.2 Serviços da cadeia fotovoltaica

Diferente do segmento de bens, em que alguns equipamentos, componentes e materiais não são produzidos no Brasil, o país já conta com fornecedores de serviços em todas as atividades de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica presentes em território nacional – desde instituições de apoio, instituições financeiras, consultorias e empresas de engenharia.

Tabela 58. Equipamentos da cadeia fotovoltaica no Brasil

	Empresas	Presente no Brasil
<b>Editoração</b>	Publishing/Publicações do segmento	Sim
<b>Instituições de apoio</b>	Associações	Sim
	Instituições de ensino e pesquisa	Sim
	ONGs	Sim
<b>Agentes financiadores</b>	Instituições financeiras público e privadas	Sim
	Agências de fomento	Sim
	Agências de exportação	Sim
	Investidores/Fundos de Private equity e Venture capital	Sim
<b>Seguradoras</b>	Seguradoras	Sim
	Corretoras de seguro	Sim
<b>Assessoria e consultoria</b>	Licenciamento ambiental	Sim
	Avaliação do recurso solar	Sim
	Consultoria técnica/Engenharia/Treinamento	Sim
	Modelagem financeira/Project Finance	Sim
<b>Distribuidores de equipamentos</b>	Venda de equipamentos e kits solares	Sim
<b>Desenvolvedores de projeto</b>	Desenvolvimento de projetos-geração centralizada	Sim
<b>Integradores de Sistemas</b>	Instalação/Integração de sistemas-geração distribuída	Sim
<b>Fornecedores de EPC</b>	Desenho, engenharia, compras e construção	Sim
<b>O&amp;M</b>	Operação e Manutenção	Sim
<b>Produtores de Energia</b>	Geração de energia	Sim

FONTE: WEBSITE DAS EMPRESAS, ENTREVISTAS COM AS EMPRESAS, CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## Mapeamento das empresas da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil

## 7.1 Empresas com presença no Brasil - Bens

A expansão da fonte solar fotovoltaica no Brasil em seus primeiros anos foi baseada no uso de equipamentos importados. Apesar de o país ter empresas produtoras de silício metalúrgico e montadoras de módulos, ainda não existem produtores de silício purificado até o grau solar, nem de alguns itens intermediários importantes da cadeia, pelo menos não em escala relevante para fazer frente ao investimento estimado para o segmento nos próximos anos.

No entanto, apesar da cadeia produtiva no segmento ainda estar em fase nascente no Brasil, o país já conta com diversos fabricantes instalados, em processo de instalação ou com planos de instalar unidades fabris em território nacional, conforme mapeamento ilustrado nas seções a seguir. As informações foram obtidas por meio de entrevistas com as empresas e de fontes secundárias, especialmente websites que cadastram empresas do segmento solar fotovoltaico.

Além disso, o número de empresas atuando na cadeia produtiva no Brasil deve aumentar com as regras de financiamento do BNDES, que exigem a nacionalização progressiva de componentes e processos específicos.

Os mapas e tabelas com alguns dos principais fornecedores de bens e serviços da cadeia solar fotovoltaica no Brasil não são extensivos e nem dinâmicos. Foram selecionadas até 10 empresas por atividade de valor para compor as tabelas do estudo, priorizando a diversidade estadual, se tem ou não código FINAME e, posteriormente, a capacidade instalada e volume de negócios realizados no segmento solar fotovoltaico das empresas citadas neste estudo. Portanto, mais exemplos de empresas podem ser verificados em websites especializados e constantemente atualizados que fazem o cadastro dessas mais de 1.600 empresas atuantes no segmento no Brasil, como o Portal Solar e a América do Sol.

### Equipamentos da cadeia fotovoltaica no Brasil

O mapa da cadeia produtiva de principais equipamentos resume os fornecedores apresentados nas tabelas a seguir, sua localidade, se têm código FINAME e se estão em operação ou construção. Como forma de simplificação e melhor efeito visual foram considerados somente os principais equipamentos da cadeia, tais como módulos, inversores, estruturas metálicas/seguidores, string box, baterias e medidores.

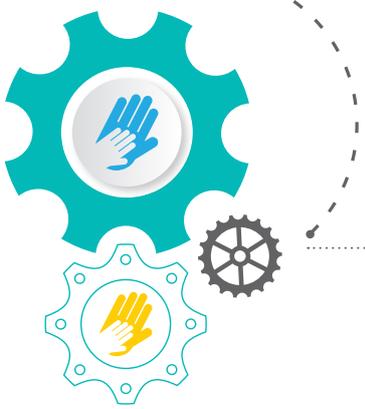
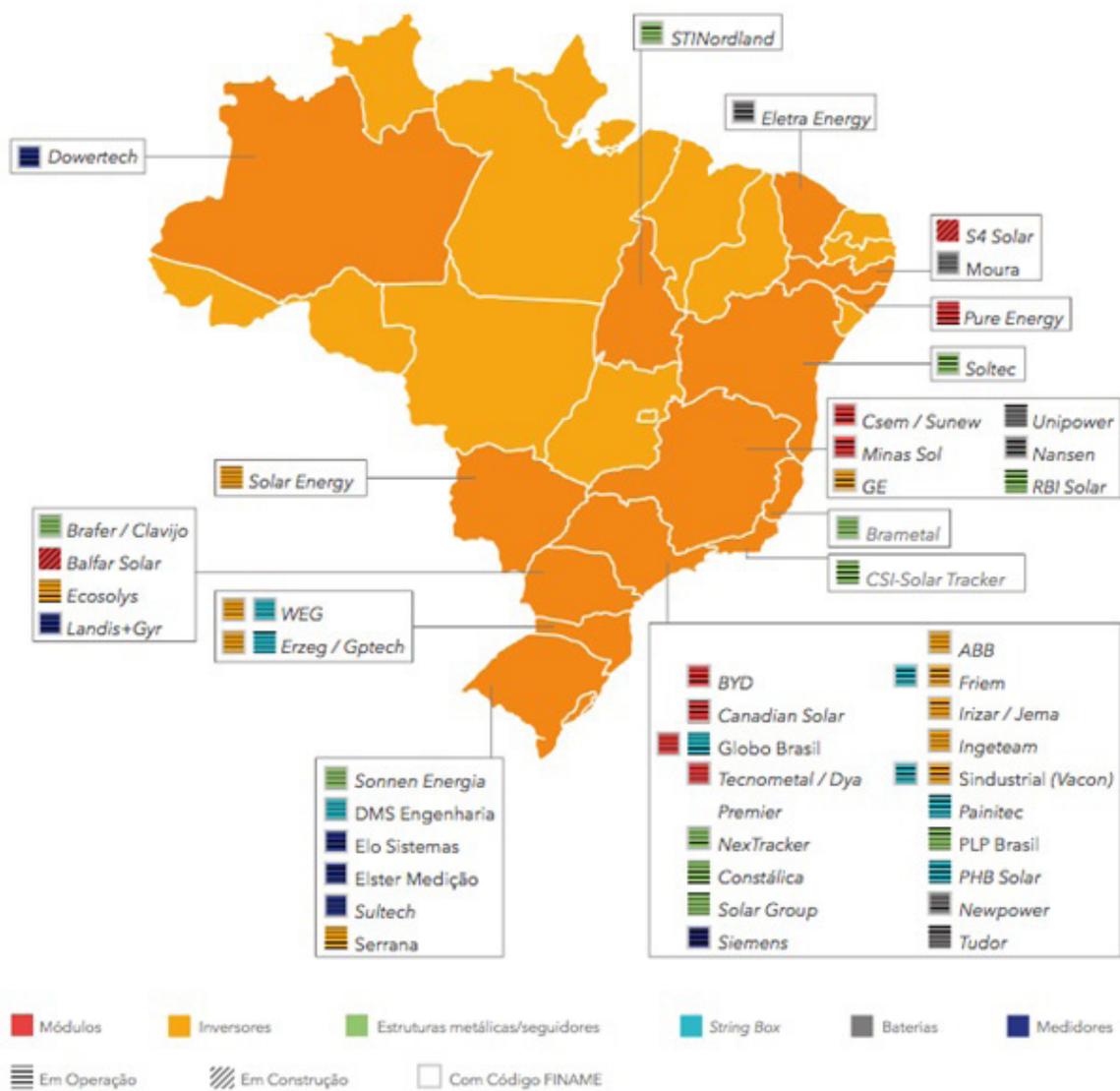


Figura 40. Cadeia produtiva de principais equipamentos do segmento fotovoltaico no Brasil



NOTA:

\*NÃO APRESENTA LEVANTAMENTO EXAUSTIVO DE TODOS OS FABRICANTES LOCAIS, SOMENTE UMA AMOSTRA DOS PRINCIPAIS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS.

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

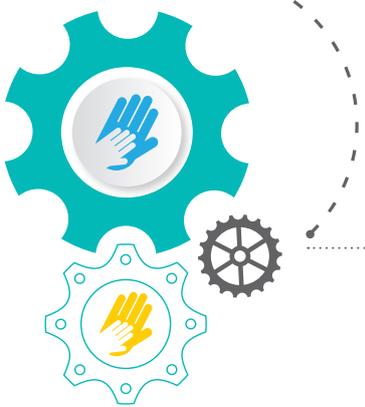
Pelo menos oito fabricantes de módulos fotovoltaicos realizam a montagem desses equipamentos no país e, para sete desses fornecedores, projetos de energia solar fotovoltaica que utilizam esses módulos podem acessar financiamento subsidiado de todas as linhas do BNDES e do BNB. Esses projetos devem obedecer à regra de conteúdo local definida pelos bancos, visto que é item obrigatório de nacionalização para acessar essas linhas de financiamento. Grande parte dos componentes dos módulos é importada e as fábricas funcionam de forma similar a uma montadora automotiva, por exemplo.

Hoje, o Brasil conta com 825,0 MWp de fábricas de módulos fotovoltaicos operacionais em território nacional, e mais 201,2 MWp de fábricas em construção.

Tabela 60. Fabricantes de módulos fotovoltaicos no Brasil

Fabricante	Localização	Tecnologia	Capacidade Produtiva Anual	Código Finame	Status
<b>Balfar Solar</b>	Paranavaí-PR	Silício Cristalino	1,2 MWp	Não	Em construção
<b>BYD</b>	Campinas-SP	Silício Cristalino	200 MWp	Sim	Operacional
<b>Canadian Solar/ Flex</b>	Sorocaba-SP	Silício Cristalino	360 MWp	Sim	Operacional
<b>Csem/Sunew</b>	Belo Horizonte-MG	Filme Orgânico	10 MWp	Sim	Operacional
<b>Globo Brasil</b>	Valinhos-SP	Silício Cristalino	180 MWp	Sim	Operacional
<b>Minasol</b>	Araguari-MG	Silício Cristalino	N/D	Sim	Operacional
<b>Premier/ Multisolar Energy</b>	Osasco-SP	Silício Cristalino	10 MWp	Sim	Operacional
<b>Pure Energy</b>	Marechal Deodoro-AL	Silício Cristalino	40 MWp	Não	Operacional
<b>S4 Solar</b>	Suape-PE	Silício Cristalino	200 MWp	Não	Em construção
<b>Tecnometal/DYA Solar</b>	Campinas -SP	Silício Cristalino	25 MWp	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITE DAS EMPRESAS, ENTREVISTAS COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## FABRICANTES DE ESTRUTURAS METÁLICAS E SEGUIDORES SOLARES/TRACKERS

Já existem no Brasil empresas de origem nacional e estrangeira que fabricam as estruturas metálicas fixas e seguidores solares no país. Esses equipamentos são utilizados para montar e fixar os sistemas fotovoltaicos de geração centralizada e distribuída. A utilização de estruturas metálicas e seguidores solares com conteúdo local já são obrigatórios para obtenção de financiamento de bancos como o BNDES. Grande parte dos fabricantes de estruturas metálicas também fabrica molduras para módulos fotovoltaicos.



FONTE: SÃO PAULO, 2016.

Figura 41. Foto da fábrica de módulos fotovoltaicos da Canadian Solar em Sorocaba

Tabela 61. Fabricantes de estruturas metálicas, seguidores/trackers no Brasil

Fabricante	Localização	Tecnologia	Capacidade (MWp/ano)	Código Finame	Status
<b>Brafer/Clavijo</b>	Araucária-PR	Seguidor Solar	200 MWp	Sim	Operacional
<b>Brametal</b>	Linhares-ES	Seguidor Solar	9.600 t/ano	Sim	Operacional
<b>Constálica Soufer</b>	São João da Boa Vista-SP	Estrutura Fixa	360 MWp	Não	Operacional
<b>Flextronics/ NEXTracker</b>	Sorocaba-SP	Seguidor Solar	500 MWp	Sim	Operacional
<b>PLP Brasil</b>	Cajamar-SP	Estrutura Fixa	720 MWp	Não	Operacional
<b>RBI Solar</b>	Betim-MG	Estrutura Fixa	30 MWp	Não	Operacional
<b>Solar Group</b>	Barueri-SP	Estrutura Fixa	1.600 MWp	Não	Operacional
<b>Soltec</b>	Lauro de Freitas-BA	Seguidor Solar	600 MWp	Sim	Operacional
<b>Sonnem Energia</b>	Santa Maria-RS	Estrutura Fixa	10 MWp	Não	Operacional
<b>STINorland</b>	Palmas-TO	Estrutura Fixa e Seguidor Solar	1.000 MWp	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITE DAS EMPRESAS, ENTREVISTAS COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE INVERSORES

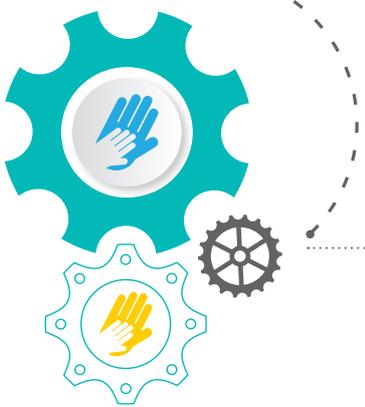
O inversor é um dos equipamentos com maior participação no Investimento em Bens de Capital, do inglês Capital Expenditure (Capex) de um sistema fotovoltaico. De acordo com a regra de conteúdo local do BNDES, o inversor é item opcional para projetos que entrem em operação até 31 de dezembro de 2017 e queiram acessar as linhas de financiamento do banco, porém é item obrigatório após essa data.

Diversos fabricantes de origem nacional (Solar Energy, WEG) e estrangeiras (ABB, GE, Ingeteam, Jema) já produzem inversores no Brasil, e outros estão avaliando investimentos para instalação de fábricas. Excepcionalmente no caso dos inversores, foram incluídas 11 empresas, visto que essas são a totalidade mapeada até a publicação deste relatório.

Tabela 62. Fabricantes de inversores no Brasil

Fabricante	Localização	Tecnologia	Capacidade (MWp/ano)	Código Finame	Status
<b>ABB</b>	Sorocaba-SP	Central	500 MWp	Sim	Operacional
<b>Ecosolys</b>	Pinhais-PR	String	6 – 20 MWp	Não	Operacional
<b>Erzeg/Gptech</b>	Schroeder-SC	Central	2 MWp	Sim	Operacional
<b>Friem</b>	Atibaia-SP	Central	100 MWp	Sim	Operacional
<b>GE</b>	Betim-MG	String Central	1.500 MWp	Sim	Operacional
<b>Ingeteam</b>	Campinas-SP	String Central	3.000 MWp	Não Sim	Operacional
<b>Irizar/Jema</b>	Botucatu-SP	Central	N/D	Sim	Operacional
<b>Serrana Sistemas de Energia</b>	Caxias do Sul-RS	N/D	N/D	Não	Operacional
<b>Sindustrial (Vacom)</b>	Bauru-SP	Central	1.400 MWp	Sim	Operacional
<b>Solar Energy do Brasil</b>	Aparecida do Taboado-MS	String	0,5 MWp	Não	Operacional
<b>WEG</b>	Jaraguá do Sul-SC	String Central	500 MWp	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITE DAS EMPRESAS, ENTREVISTAS COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## FABRICANTES DE STRING BOX

A string box é conectada ao inversor de frequência e ao quadro de proteção da rede elétrica. Existem alguns fornecedores com fábricas locais de string box no país, atendendo especialmente ao segmento de geração distribuída.

Tabela 63. Fabricantes de String Box no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status
<b>DMS Engenharia Elétrica</b>	Sapucaia do Sul-RS	Sim	Operacional
<b>Erzeg/GPtech</b>	Schroeder-SC	Não	Operacional
<b>Friem</b>	Atibaia-SP	Sim	Operacional
<b>Globo Brasil</b>	Valinhos-SP	Não	Operacional
<b>Painitec</b>	Embu das Artes-SP	Não	Operacional
<b>PHB Solar</b>	São Paulo-SP	Não	Operacional
<b>Sindustrial</b>	Bauru-SP	Sim	Operacional
<b>WEG</b>	Jaraguá do Sul-SC	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITE DAS EMPRESAS, ENTREVISTAS COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE MEDIDORES SOLARES

Medidores solares já são produzidos no Brasil há algum tempo e medem o número de unidades de eletricidade geradas pelo sistema fotovoltaico.

Tabela 64. Fabricantes de medidores no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status
<b>Dowertech</b>	Manaus-AM	Sim	Operacional
<b>Eletra Energy Solutions</b>	Eusébio-CE	Sim	Operacional
<b>Elo Sistema Eletrônicos</b>	Porto Alegre-RS	Sim	Operacional
<b>Elster Medição de Energia</b>	Cachoeirinha-RS	Sim	Operacional
<b>Landis+Gyr</b>	Curitiba-PR	Sim	Operacional
<b>Nansen</b>	Contagem-MG	Sim	Operacional
<b>Siemens</b>	São Paulo-SP	Sim	Operacional
<b>Sultech</b>	Porto Alegre-RS	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO/BATERIAS

Baterias têm sido utilizadas historicamente para utilização em sistemas fotovoltaicos off-grid, globalmente e no Brasil. Portanto, já existem fábricas produzindo esses equipamentos no país.

Tabela 65. Fabricantes de sistemas de armazenamento/baterias no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status
Acumuladores Moura	Belo Jardim-PE	Sim	Operacional
Newpower/Fulguris	Guarulhos-SP	Sim	Operacional
Tudor Baterias	Bauru-SP	Não	Operacional
Unipower	Extrema-MG	Não	Operacional

FORTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE CONTROLADORES DE CARGA E DESCARGA

Existem alguns fabricantes locais de controladores de carga e descarga para sistemas fotovoltaicos, dispositivos que têm a função de proteger as baterias.

Tabela 66. Fabricantes de controladores de carga no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status
Quantum Group	São Bernardo do Campo-SP	Não	Operacional
Unitron	São Paulo-SP	Não	Operacional

FORTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO

Sistemas de monitoramento fotovoltaicos são softwares usualmente desenvolvidos fora do território nacional e traduzidos e adaptados para as especificidades do país. No entanto, já existem algumas empresas no Brasil desenvolvendo esse tipo de software.

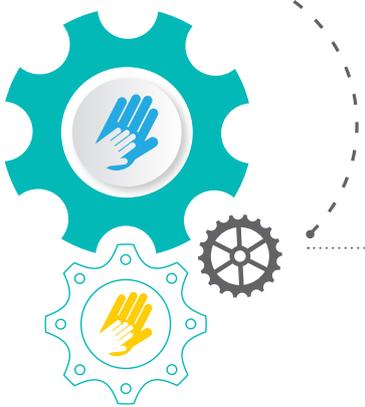


Tabela 67. Fabricantes de sistemas de monitoramento no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status	
<b>Aurora Vision (ABB)</b>	N/D	Não	Desenvolvido fora do Brasil	Operacional
<b>Efacec (ScateX)</b>	N/D	Não	Desenvolvido fora do Brasil	Operacional
<b>PHB Solar</b>	São Paulo-SP	Não	Desenvolvido no Brasil	Operacional
<b>SICES Brasil</b>	Itapevi-SP	Não	Desenvolvido no Brasil	Operacional
<b>WEG</b>	Jaraguá do Sul-SC	Não	Desenvolvido no Brasil	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS DE SILÍCIO GRAU SOLAR

Não existem fabricantes de células fotovoltaicas de silício grau solar no Brasil hoje, devido ao alto custo do investimento para instalação dessas fábricas, da necessidade de um mercado anual de pelo menos 1 GWp para justificar a instalação de uma dessas unidades fabris no país, e pelo custo competitivo oferecido por fabricantes chineses. Algumas empresas têm estudado a viabilidade dessas fábricas no Brasil, mas nenhuma até hoje tomou a decisão de construir a unidade fabril.

## FABRICANTES DE CÉLULAS DE FILME FINO

A Sunew é a única fabricante de filmes finos com unidade fabril operacional no país, com uma fábrica de filmes orgânicos em Minas Gerais.

Tabela 68. Fabricantes de células de filmes finos no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status
<b>Csem/Sunew</b>	Belo Horizonte-MG	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA..

## FABRICANTES DE LINGOTE E LÂMINAS DE SILÍCIO

Não existem fabricantes de lingote e lâminas de silício com unidades fabris no Brasil hoje.

## FABRICANTES DE CABEAMENTO

Empresas fabricantes de cabeamento que já atendiam outras indústrias no Brasil têm feito ajustes em suas unidades fabris para atender ao segmento fotovoltaico.

Tabela 69. Fabricantes de cabeamento no Brasil

Fabricante	Município	Status
Condumax	Olímpia-SP	Operacional
Nexans do Brasil	Rio de Janeiro-RJ	Operacional
Wirex Cable	Santa Branca-SP	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE COMPONENTES ELÉTRICOS

Componentes elétricos são produzidos no Brasil, inclusive para atender ao segmento fotovoltaico, incluindo: bucha plástica, parafusos, porcas, soquete, arruelas, rebite, pino, mola, eixo, mancal, transformador, disjuntor, seccionadora, estação meteorológica e conectores elétricos.

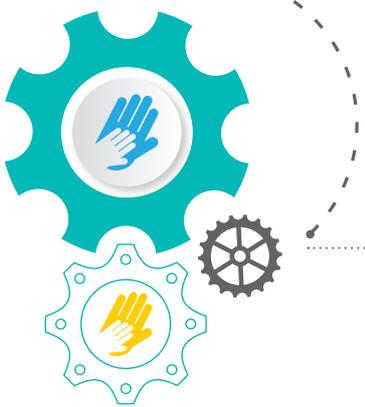
Tabela 70. Fabricantes de componentes elétricos no Brasil

Fabricante	Localização	Código Finame	Status
ABB	Sorocaba-SP	Sim	Operacional
Fame	São Paulo-SP	Não	Operacional
Friem	Atibaia-SP	Sim	Operacional
GE	Betim-MG	Sim	Operacional
Incoterm	Porto Alegre-RS	Não	Operacional
Negrini	São Paulo-SP	Não	Operacional
Romagnole – Produtos Elétricos	Mandaguari-PR	Sim	Operacional
Schak	Contagem-MG	Não	Operacional
Sindustrial	Bauru-SP	Sim	Operacional
WEG	Jaraguá do Sul-SC	Sim	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE BACKSHEET

Não existem produtores de backsheet com unidades fabris no Brasil hoje.



## FABRICANTES DE FRAME/MOLDURAS

Já existem no Brasil empresas de origem nacional e estrangeira que fabricam as estruturas metálicas, que são utilizadas para montar e fixar os sistemas fotovoltaicos de geração centralizada e distribuída. Grande parte dos fabricantes de estruturas metálicas também fabrica molduras, e, portanto, já foram mapeados na seção e tabela “Estruturas metálicas” acima.

## FABRICANTES DE CAIXA DE JUNÇÃO

Apesar da caixa de junção passar a ser um item obrigatório na regra de conteúdo local do BNDES para a cadeia fotovoltaica para projetos que iniciem operação comercial a partir de 1º de janeiro de 2018, ainda não existem fabricantes nacionais desse componente. Portanto, empresas estão estruturando seus planos de investimento para instalação de unidades fabris no país e atender a esse mercado de projetos que desejam acessar as linhas de financiamento do BNDES.

## FABRICANTES DE SILÍCIO GRAU FOTOVOLTAICO

Não existem produtores de silício grau fotovoltaico com unidades fabris no Brasil hoje.

## FABRICANTES DE VIDRO ESPECIAL

Não existem fabricantes de vidro grau fotovoltaico com unidades fabris no Brasil hoje. É um tipo de vidro isento de ferro e sódio para fabricação de módulos fotovoltaicos e um vidro temperado Soda-Cal convencional para ser utilizado como backsheet em módulos solares no modelo construtivo de duplo vidro. Existem algumas empresas estudando a possibilidade de instalar fábricas de vidro especial no país.

## FABRICANTES DE POLICARBONATO E ACRÍLICO

Policarbonato e acrílico são utilizados para proteger os módulos fotovoltaicos de impactos mecânicos. Existem diversos fabricantes nacionais, que atendem a outras indústrias além da solar fotovoltaica no país.

Tabela 71. Fabricantes de policarbonato no Brasil

Fabricante	Localização	Status
Bérkel	São Bernardo do Campo-SP	Operacional
Bold	Jaguará do Sul-SC	Operacional
Dumax Brasil	Mauá-SP	Operacional
Formalux	Sorocaba-SP	Operacional
Metropole	São Paulo-SP	Operacional
Plastireal	São Paulo-SP	Operacional
Polysistem	Mauá-SP	Operacional

## 7. MAPEAMENTO DAS EMPRESAS DAS CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

<b>Replaex</b>	Jacarepaguá-RJ	Operacional
<b>Santa Clara</b>	Jaraguá do Sul-RS	Operacional
<b>Unigel</b>	Camaçari-BA	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### FABRICANTES DE FILME ENCAPSULANTE/EVA

Não existem fabricantes de encapsulante/EVA com unidades fabris no Brasil hoje.

### FABRICANTES DE SUBSTRATO E COMPOSTOS DE FILMES FINOS

Não existem produtores de substratos e compostos de filmes finos com unidades fabris no Brasil hoje.

### FABRICANTES DE AÇO

Unidades fabris de aço no Brasil que atendem a diversas indústrias também têm fornecido esse material para o segmento solar fotovoltaico.

Tabela 72. Fabricantes de aço no Brasil

<b>Fabricante</b>	<b>Localização</b>	<b>Status</b>
<b>Arcelor Mittal</b>	Diversas unidades de aço no Brasil	Operacional
<b>Cedisa Central de Aço</b>	Diversas unidades de aço no Brasil	Operacional
<b>Gerdau</b>	Diversas unidades de aço no Brasil	Operacional
<b>Golin</b>	São João da Boa Vista-SP	Operacional
<b>Sireraço</b>	Barros Filho-RJ	Operacional
<b>Sinobrás</b>	Marabá-PA	Operacional
<b>Vallourec</b>	Belo Horizonte-MG	Operacional
<b>Villares Metais</b>	Sumaré-SP	Operacional
<b>Votorantim Siderurgia</b>	Barra Mansa e Resende-RJ	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### FABRICANTES DE ALUMÍNIO

Unidades fabris de alumínio no Brasil que atendem a diversas indústrias também têm fornecido esse material para o segmento solar fotovoltaico.

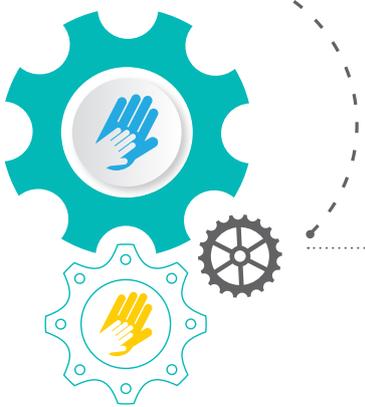


Tabela 73. Fabricantes de alumínio no Brasil

Fabricante	Localização	Status
Albrás	Barcarena-PA	Operacional
Alcoa	Diversas unidades de aço no Brasil	Operacional
Alumar	São Luís-MA	Operacional
Noral – Nordeste Alumínio	Jaboatão dos Guararapes-PE	Operacional
Companhia Brasileira de Alumínio	Diversas unidades de alumínio no Brasil	Operacional
Metalisul	Santa Cruz-RJ	Operacional
Novelis	Pindamonhangaba e Utinga-SP	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## FABRICANTES DE SILICONE PARA VEDAÇÃO, COLAS E ADESIVOS

O silicone de vedação tem como finalidade a proteção física e química do módulo fotovoltaico. Ele é comumente aplicado entre o vidro fotovoltaico e a moldura, visto que este pode ser um ponto de infiltração de água entre outras substâncias. Colas e adesivos são utilizados principalmente na fixação do módulo fotovoltaico.

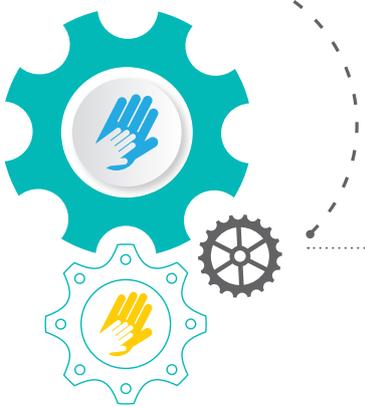
Diversos fabricantes locais atendem ao segmento fotovoltaico brasileiro.

Tabela 74. Fabricantes de silicone para vedação no Brasil

Fabricante	Localização	Status
Dow Corning	Hortolândia-SP	Operacional
Epoxyfiber	Penha Circular-RJ	Operacional
Interfix	Novo Hamburgo-RS	Operacional
Poliplas	São José do Rio Preto-SP	Operacional
Pulvitec	São Paulo-SP	Operacional
Qualitá do Brasil	Guarulhos-SP	Operacional
Sil Trade	Vinhedo-SP	Operacional
Silaex	Jaguaré-SP	Operacional
Tek Bond	Embu das Artes-SP	Operacional
Unifix	Porto Alegre-RS	Operacional

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.





A seguir, são mapeados os principais fornecedores de serviços com presença nacional e os serviços oferecidos, identificados por meio de entrevistas e dados secundários (sites das empresas e portais com dados sobre o segmento).

## EDITORAÇÃO/PUBLISHING

Atuam no Brasil diversas empresas que produzem publicações e material de comunicação impresso ou eletrônico no segmento fotovoltaico, como livros, revistas, boletins, prospectos, álbuns, cadernos, websites etc. As publicações mais importantes incluem:

Tabela 75. Empresas de editoração no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>Bloomberg New Energy Finance</b>	Notícias, análise e banco de dados	São Paulo-SP	<a href="http://www.bloomberg.com.br/bloomberg-new-energy-finance/">www.bloomberg.com.br/bloomberg-new-energy-finance/</a>
<b>Brasil Energia</b>	Notícias	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.brasilenergia.editorabrasilenergia.com">www.brasilenergia.editorabrasilenergia.com</a>
<b>Canal Energia</b>	Notícias, análise e banco de dados	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.canalenergia.com.br">www.canalenergia.com.br</a>
<b>Portal Solar</b>	Banco de dados de fornecedores, envio de orçamentos on-line	São Paulo-SP	<a href="http://www.portalsolar.com.br">www.portalsolar.com.br</a>
<b>RBS Magazine</b>	Notícias	Curitiba-PR	<a href="http://www.revistabrasilsolar.com">www.revistabrasilsolar.com</a>
<b>Recharge</b>	Notícias	São Paulo-SP	<a href="http://www.rechargenews.com/solar">www.rechargenews.com/solar</a>
<b>Revista ABENS</b>	Notícias e análise	São Paulo-SP	<a href="http://www.abens.org.br/revista-abens.php">www.abens.org.br/revista-abens.php</a>
<b>Revista Fotovolt</b>	Notícias	São Paulo-SP	<a href="http://www.arandanet.com.br">www.arandanet.com.br</a>
<b>Revista Solar</b>	Notícias	São Paulo-SP	<a href="http://www.revistasolar.com.br">www.revistasolar.com.br</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## ASSOCIAÇÕES

As diversas associações atuantes na cadeia solar fotovoltaica no Brasil foram mapeadas no capítulo 5 deste relatório, “Mapeamento de Instituições de Apoio Ligadas à Cadeia Fotovoltaica no Brasil”.

## INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA

As diversas instituições de ensino e pesquisa atuantes na cadeia solar fotovoltaica no Brasil já foram mapeadas no capítulo 5 deste relatório, “Mapeamento de Instituições de Apoio Ligadas à Cadeia Fotovoltaica no Brasil”.

## ONGs

As ONGs atuantes na cadeia solar fotovoltaica no Brasil já foram mapeadas no capítulo 5 deste relatório, “Mapeamento de Instituições de Apoio Ligadas à Cadeia Fotovoltaica no Brasil”.

## AGENTES FINANCEIROS

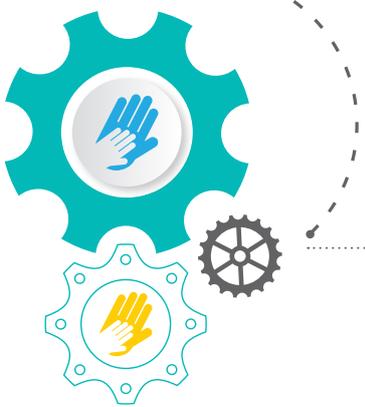
As diversas instituições financeiras atuantes na cadeia solar fotovoltaica no Brasil já foram mapeadas no capítulo 4 deste relatório, “Financiamento para Energia Solar Fotovoltaica no Brasil”.

## LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Empresas de licenciamento ambiental já atuantes no setor de energia e infraestrutura atendem ao segmento fotovoltaico no Brasil.

Tabela 76. Empresas de licenciamento ambiental no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>Araxá</b>	Licenciamento ambiental, consultoria técnica e engenharia, integração de sistema FV, EPC, O&M	Florianópolis-SC	<a href="http://www.araxasolar.com.br">www.araxasolar.com.br</a>
<b>Bioconsultoria</b>	Consultoria para gestão e licenciamento ambiental	Salvador-BA	<a href="http://www.bioconsultoria.com">www.bioconsultoria.com</a>
<b>Bioimagens</b>	Consultoria para gestão e licenciamento ambiental	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.logosga.com.br">www.logosga.com.br</a>
<b>Braselco Serviços</b>	Elaboração de projeto básico/layout, elaboração de projetos e estudos elétricos, suporte para obtenção da autorização ANEEL e licenças ambientais, suporte para elaboração de projetos executivos, avaliação de recursos solares	Fortaleza-CE	<a href="http://www.braselco.com.br/pt">www.braselco.com.br/pt</a>
<b>Concremat</b>	Análises ambientais	São Cristóvão-RJ	<a href="http://www.concremat.com.br">www.concremat.com.br</a>
<b>Dossel Ambiental</b>	Suporte para licenciamento ambiental	Brasília-DF	<a href="http://www.dosselambiental.com.br">www.dosselambiental.com.br</a>



<b>EPI Energia</b>	Avaliação de recurso solar, medição solarimétrica, micrositing, estudos de previsão de geração de energia, estudos técnicos elétrico e civil, gerenciamento ambiental	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.epienergia.com.br">www.epienergia.com.br</a>
<b>Multi-empresendimentos</b>	Estudos ambientais, Engenharia consultiva, elaboração de projetos básicos, estudos elétricos e de risco	Recife-PE	<a href="http://www.multiempresendimentos.com">www.multiempresendimentos.com</a>
<b>Northsol</b>	Integração de sistemas FV, avaliação de recurso solar, consultoria técnica, licenciamento ambiental, capacitação e treinamento	Montes Claros-MG	<a href="http://www.northsol.com.br">www.northsol.com.br</a>
<b>TACT</b>	Consultoria para licenciamento ambiental	São Paulo-SP	<a href="http://www.tactconsultoria.com.br">www.tactconsultoria.com.br</a>
<b>Vento Consultoria</b>	Consultoria para licenciamento ambiental	Brasília-DF	<a href="http://www.ventoconsultoria.com.br">www.ventoconsultoria.com.br</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## AValiação DE RECURSO SOLAR

Muitas empresas realizam a avaliação do recurso solar, análise do recurso energético e outras também fornecem certificação para projetos fotovoltaicos em todo o país.

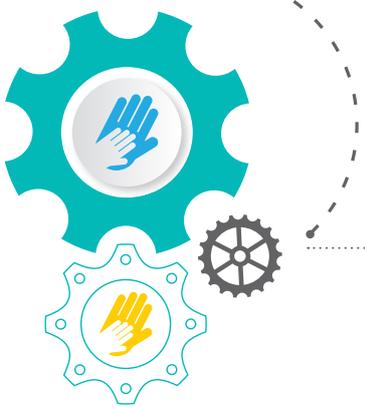
Tabela 77. Empresas de avaliação de recurso solar no Brasil

<b>Empresa</b>	<b>Serviço</b>	<b>Localização</b>	<b>Website</b>
<b>Aeroespacial</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV	Jaboatão dos Guararapes-PE	<a href="http://www.aeroespacial.eng.br">www.aeroespacial.eng.br</a>
<b>DNV - GL</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, treinamento e capacitação	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.dnvgl.com.br">www.dnvgl.com.br</a>

## 7. MAPEAMENTO DAS EMPRESAS DAS CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

<b>Ecoluz Solar do Brasil</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, gestão e comercialização de energia	Salvador-BA	<a href="http://www.ecoluz.com.br">www.ecoluz.com.br</a>
<b>Energia 21</b>	Avaliação de recurso solar, integração do sistema FV	Brasília-DF	<a href="http://www.energia21.com.br">www.energia21.com.br</a>
<b>Fotoenergy</b>	Avaliação do recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, treinamento e capacitação	Londrina-PR	<a href="http://www.fotoenergy.com.br">www.fotoenergy.com.br</a>
<b>Fotovoltec – Projetos e Consultoria</b>	Avaliação de recurso solar, Estudos de geração e certificação de produção	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.fotovoltec.com.br">www.fotovoltec.com.br</a>
<b>Renew – Energias Renováveis</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV	Jundiaí-SP	<a href="http://www.renewenergia.com.br">www.renewenergia.com.br</a>
<b>Solida – Energias Renováveis</b>	Avaliação de recurso solar, estudo e certificação de produção de energia	Natal-RN	<a href="http://www.solida.com.es">www.solida.com.es</a>
<b>WA Solar</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, gestão e comercialização de energia	Goiânia-GO	<a href="http://www.wasolar.com.br">www.wasolar.com.br</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## CONSULTORIA TÉCNICA/ENGENHARIA

Os serviços de engenharia englobam a elaboração de projeto conceitual e básico, layout, elaboração de estudos elétricos e outros estudos técnicos.

Tabela 78. Empresas de engenharia atuantes no segmento fotovoltaico no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>Aeroespacial</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV	Jaboatão dos Guararapes-PE	<a href="http://www.aeroespacial.eng.br">www.aeroespacial.eng.br</a>
<b>Cobra Engenharia</b>	Consultoria técnica e engenharia (habilitação de projetos para leilão), integração de sistemas FV	Vitória-ES	<a href="http://www.cobraengenharia.com.br">www.cobraengenharia.com.br</a>
<b>DNV – GL</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, treinamento e capacitação	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.dnvgl.com.br">www.dnvgl.com.br</a>
<b>Engie Solar</b>	Consultoria técnica e engenharia, EPC, O&M	Florianópolis-SC	<a href="http://www.engie.com.br">www.engie.com.br</a>
<b>Fotoenergy</b>	Avaliação do recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, treinamento e capacitação	Belo Horizonte-MG	<a href="http://www.fotoenergy.com.br">www.fotoenergy.com.br</a>
<b>Inova Energy</b>	Consultoria técnica e engenharia	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.inovaenergy.com.br">www.inovaenergy.com.br</a>
<b>Nature Green</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV	Paripueira-AL	<a href="http://www.naturegreenbrasil.com.br">www.naturegreenbrasil.com.br</a>
<b>Rio Alto Energy</b>	Consultoria técnica e engenharia (habilitação de projetos para leilão), integração de sistemas FV	São Paulo-SP	<a href="http://www.gruporioalto.com.br">www.gruporioalto.com.br</a>
<b>Rota Solar</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV	Goiânia-GO	<a href="http://www.rotasolarenergia renovavel.com.br">www.rotasolarenergia renovavel.com.br</a>
<b>Proeco Engenharia</b>	Consultoria técnica e engenharia, integrador de sistemas FV	Natal-RN	<a href="http://www.proeco.eng.br">www.proeco.eng.br</a>

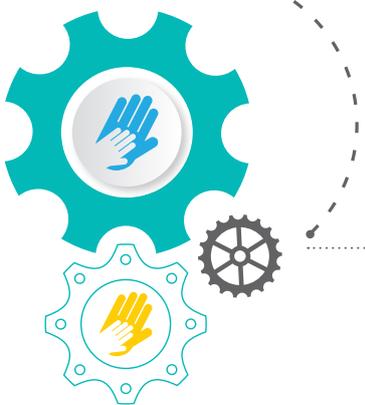
FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## DISTRIBUIDORES DE EQUIPAMENTOS E KITS FOTOVOLTAICOS

A venda de equipamentos fotovoltaicos é feita ou diretamente por fabricantes (nacionais e importados) ou por distribuidores que compram equipamentos em grande volume e distribuem para compradores menores – clientes finais ou integradores de sistemas. Os equipamentos são vendidos separadamente ou na forma de “kits fotovoltaicos” completos, prontos para a instalação.

Tabela 79. Empresas distribuidas de equipamentos e kits fotovoltaicos no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>Alba – Energia Solar e Iluminação a LED</b>	Consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, EPC, treinamento e capacitação	Pouso Alegre-MG	<a href="http://www.albaenergia.com.br">www.albaenergia.com.br</a>
<b>BVK Engenharia</b>	Distribuidor de equipamentos, treinamento e capacitação	Vila Velha-ES	<a href="http://www.bvkenergiasolar.com.br">www.bvkenergiasolar.com.br</a>
<b>Centro-Oeste Energia</b>	Distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV	Várzea Grande-MT	<a href="http://www.centrooesteenergiasolar.com.br">www.centrooesteenergiasolar.com.br</a>
<b>Ecoluz Solar do Brasil</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, gestão e comercialização de energia	Salvador-BA	<a href="http://www.ecoluz.com.br">www.ecoluz.com.br</a>
<b>ION Energia</b>	Distribuidor de equipamentos	Votorantim-TO	<a href="http://www.ion-energia.com">www.ion-energia.com</a>
<b>Serrasol Energia</b>	Distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV	Caxias do Sul-RS	<a href="http://www.serrasolenergia.com.br">www.serrasolenergia.com.br</a>
<b>Sices Brasil</b>	Consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, treinamento e capacitação	Itapevi-SP	<a href="http://www.sicesbrasil.com.br">www.sicesbrasil.com.br</a>
<b>Solar Energy do Brasil</b>	Distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, assessoria financeira	Campo Grande-MS	<a href="http://www.solarenergy.com.br">www.solarenergy.com.br</a>



<b>WA Solar</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, gestão e comercialização de energia	Goiânia-GO	<a href="http://www.wasolar.com.br">www.wasolar.com.br</a>
<b>WEG</b>	Distribuidor de kits FV para GD, EPC	Jaguará do Sul-SC	<a href="http://www.weg.net/institucional">www.weg.net/institucional</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Além dos distribuidores de equipamentos, as empresas de módulos e inversores que não fabricam no Brasil vendem seus equipamentos diretamente a grandes compradores (distribuidores ou grandes clientes). Estes incluem: First Solar, Fronius, GE, JA Solar, Jinko Solar, SMA, e Yingli do Brasil.

## INTEGRADORES DE SISTEMAS – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Integradores de sistemas FV de geração distribuída são empresas que fazem a venda, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos em residências, comércios e indústrias. Algumas dessas empresas também auxiliam seus clientes no financiamento do sistema fotovoltaico, por meio de parcerias com instituições financeiras ou com capital próprio. E algumas poucas também oferecem a locação do sistema fotovoltaico para seu cliente final que não deseja realizar um investimento na aquisição de um sistema fotovoltaico. Hoje no Brasil existem mais de 1.000 empresas integradoras e instaladoras de sistemas fotovoltaicos.

Tabela 80. Empresas integradoras de sistemas FV/instaladores – Geração distribuída no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>A&amp;G Solar</b>	Integração de sistemas FV, EPC	Vila Velha-ES	<a href="http://www.aegengenharia.com">www.aegengenharia.com</a>
<b>Alsol Energia</b>	Integração de sistemas FV, treinamento e capacitação	Uberlândia-MG	<a href="http://www.alsolenergia.com.br">www.alsolenergia.com.br</a>
<b>Blue Sol</b>	Integração de sistemas FV, treinamento e capacitação	Ribeirão Preto-SP	<a href="http://www.bluesol.com.br">www.bluesol.com.br</a>
<b>Braselco Serviços</b>	Licenciamento ambiental, avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, consultoria em gestão, consultoria estratégica	Fortaleza-CE	<a href="http://www.braselco.com.br">www.braselco.com.br</a>

## 7. MAPEAMENTO DAS EMPRESAS DAS CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

<b>Brasil Ecológico – Energia Solar</b>	Integração de sistemas FV	Jacaraú-PB	<a href="http://www.brasil-ecologico.net">www.brasil-ecologico.net</a>
<b>Centro-Oeste Energia</b>	Distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV	Várzea Grande-MT	<a href="http://www.centrooesteenergiasolar.com.br">www.centrooesteenergiasolar.com.br</a>
<b>E-nova Instalações e Manutenção</b>	Integração de sistemas FV	São José do Ribamar-MA	<a href="http://www.enovaenergia.com.br">www.enovaenergia.com.br</a>
<b>Inove Energias Renováveis</b>	Integração de sistemas FV	Rio Grande-RS	<a href="http://www.inoveenergias.com.br">www.inoveenergias.com.br</a>
<b>Nature Green</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV	Paripueira-AL	<a href="http://www.naturegreenbrasil.com.br">www.naturegreenbrasil.com.br</a>
<b>Enel Soluções</b>	Integração de sistemas FV	Niterói-RJ	<a href="http://www.enelsolucoes.com.br">www.enelsolucoes.com.br</a>

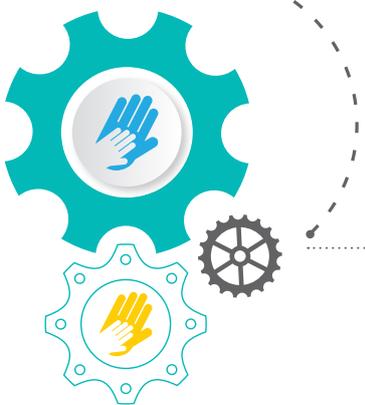
FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### DESENVOLVEDORES DE PROJETOS – GERAÇÃO CENTRALIZADA

Os serviços de desenvolvimento de projetos em geração centralizada incluem a prospecção de áreas para projetos, estudos de viabilidade e o desenvolvimento do projeto em si, inclusive habilitação para participação nos leilões de energia.

Tabela 81. Empresas de desenvolvimento de projetos para geração centralizada no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>Alubar Energia</b>	Consultoria técnica e engenharia (habilitação de projetos para leilão, linhas de transmissão e subestações), desenvolvimento de projetos	Barcarena-PA	<a href="http://www.alubar.net.br/v2">www.alubar.net.br/v2</a>
<b>Cobra Energia</b>	Desenvolvimento de projetos, habilitação de projetos para leilão	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.grupocobra.com/international/country/brazil">www.grupocobra.com/international/country/brazil</a>
<b>Cotesa</b>	Distribuidor de equipamentos, desenvolvimento de projetos, O&M	São José-SC	<a href="http://www.cotesa.com.br">www.cotesa.com.br</a>



<b>FG – Soluções em Energias</b>	Consultoria técnica e engenharia (habilitação de projetos para leilão, simulação dos parques solares), integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos	Fortaleza-CE	<a href="http://www.fgenergias.com">www.fgenergias.com</a>
<b>Hiper Solar Energia</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, treinamento e capacitação	Ipatinga-MG	<a href="http://www.hipersolar.com.br">www.hipersolar.com.br</a>
<b>Instalo Solar</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC	Curitiba-PR	<a href="http://www.instalosolar.com.br">www.instalosolar.com.br</a>
<b>Martifer Renováveis</b>	Desenvolvimento de projetos	São Paulo-SP	<a href="http://www.martifer.com.br/br/grupo/grupo-martifer/martifer-no-brasil">www.martifer.com.br/br/grupo/grupo-martifer/martifer-no-brasil</a>
<b>Renobrax</b>	Consultoria técnica e engenharia, desenvolvimento de projetos	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.renobrax.com.br">www.renobrax.com.br</a>
<b>SER Energias Renováveis</b>	Desenvolvimento de projetos	Salvador-BA	<a href="http://www.serbrasil.com.br">www.serbrasil.com.br</a>
<b>Sólida Energias Renováveis</b>	Certificação de projeto de projetos, estudos técnicos, desenvolvimento de projetos e de recurso solar	Natal-RN	<a href="http://www.solida.com.es">www.solida.com.es</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## EPC

Os EPCistas elaboram a concepção técnica do projeto fotovoltaico, todos os estudos de engenharia relacionados ao projeto, a gestão das compras e instalação dos equipamentos e subcontratação de serviços, e sua construção. Algumas entregam o projeto construído – soluções turnkey.

Tabela 82. Empresas de EPC no Brasil – Geração centralizada

<b>Empresa</b>	<b>Serviço</b>	<b>Localização</b>	<b>Website</b>
<b>3B Energy – Consultoria e Engenharia</b>	Consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, EPC	Curitiba-PR	<a href="http://www.3-b-energy.com">www.3-b-energy.com</a>
<b>A&amp;G Solar</b>	Integração de sistemas FV, EPC	Vila Velha-ES	<a href="http://www.aegengenharia.com">www.aegengenharia.com</a>

## 7. MAPEAMENTO DAS EMPRESAS DAS CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

<b>Alba – Energia Solar e Iluminação a LED</b>	Consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, EPC, treinamento e capacitação	Pouso Alegre-MG	<a href="http://www.albaenergia.com.br">www.albaenergia.com.br</a>
<b>Araxá</b>	Licenciamento ambiental, consultoria técnica e engenharia, integração de sistema FV, EPC, O&M	Florianópolis-SC	<a href="http://www.araxasolar.com.br">www.araxasolar.com.br</a>
<b>ATP Solar</b>	Gestão com os órgãos e agências reguladoras, O&M	Recife-PE	<a href="http://www.atpsolar.com.br">www.atpsolar.com.br</a>
<b>Biosar Brasil</b>	Implantação completa em soluções EPC – turnkey	São Paulo-SP	<a href="http://en.biosar.br">en.biosar.br</a>
<b>Ecoluz Solar do Brasil</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, gestão e comercialização de energia	Salvador-BA	<a href="http://www.ecoluz.com.br">www.ecoluz.com.br</a>
<b>Prodiel</b>	EPC	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://prodiel.com/pt-br">prodiel.com/pt-br</a>
<b>Instalo Solar</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC	Curitiba-PR	<a href="http://www.instalosolar.com.br">www.instalosolar.com.br</a>
<b>Progrid Renováveis</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas PV, desenvolvimento de projetos, EPC	Rio de Janeiro-PR	<a href="http://www.progridrenovaveis.com.br">www.progridrenovaveis.com.br</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### PRODUTORES DE ENERGIA – GERAÇÃO CENTRALIZADA

Produtores de energia são as empresas que operam os parques solares em médio e longo prazo, e sua renda é advinda da geração de energia solar fotovoltaica. A lista abaixo inclui alguns dos principais vencedores dos leilões fotovoltaicos no Brasil e que pretendem ser proprietários – mesmo que parciais – dos projetos em médio e longo prazo.

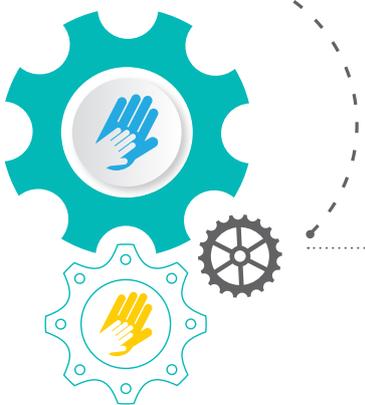


Tabela 83. Produtores de energia fotovoltaica no Brasil – Geração centralizada

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>AES Tietê</b>	Geração de energia FV	São Paulo- SP	<a href="http://www.aestiete.com.br">www.aestiete.com.br</a>
<b>EDF Energies Nouvelles</b>	Geração de energia FV	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.canadiansolar.com">http://www.canadiansolar.com</a>
<b>ENEL Green Power</b>	Geração de energia FV	Niterói-RJ	<a href="https://www.enelgreenpower.com">https://www.enelgreenpower.com</a>
<b>Engie Energia/ Tractebel</b>	Geração de energia FV	Florianópolis-SC	<a href="http://www.engieenergia.com.br">http://www.engieenergia.com.br</a>
<b>Renobrax</b>	Geração de energia FV	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.renobrax.com.br">www.renobrax.com.br</a>
<b>Renova Energia</b>	Geração de energia FV	São Paulo-SP	<a href="http://www.renovaenergia.com.br">http://www.renovaenergia.com.br</a>
<b>Solairedirect (Engie)</b>	Geração de energia FV	São Paulo-SP	<a href="https://www.solairedirect.com/our-locations/latin-america">https://www.solairedirect.com/our-locations/latin-america</a>
<b>SunEdison</b>	Geração de energia FV	São Paulo-SP	<a href="http://www.sunedison.com">http://www.sunedison.com</a>
<b>Voltalia</b>	Geração de energia FV	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.voltalia.com/pt-br">www.voltalia.com/pt-br</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## O&M

Empresas que oferecem serviços de operação e manutenção dos sistemas ou usinas fotovoltaicas, também conhecidas como empresas de O&M, são responsáveis pela operação do sistema ou usina de acordo com determinados critérios de desempenho.

Tabela 84. Empresas de operação e manutenção fotovoltaica no Brasil

Empresa	Serviço	Localização	Website
<b>Arteche</b>	O&M de usinas FV	Curitiba-PR	<a href="https://www.arteche.com/pt">https://www.arteche.com/pt</a>
<b>Araxá</b>	Licenciamento ambiental, consultoria técnica e engenharia, integração de sistema FV, EPC, O&M	Florianópolis-SC	<a href="http://www.araxasolar.com.br">www.araxasolar.com.br</a>

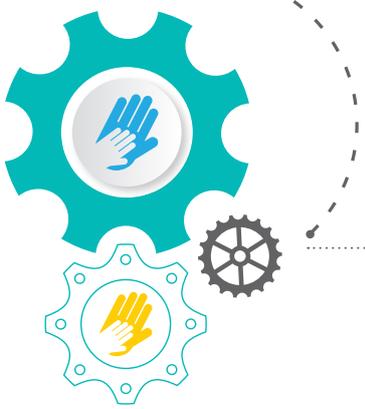
## 7. MAPEAMENTO DAS EMPRESAS DAS CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

<b>ATP Solar</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, O&M, assessoria financeira	Recife-PE	<a href="http://www.atpsolar.com.br">www.atpsolar.com.br</a>
<b>DG10 – Data Global</b>	Distribuidor de equipamentos, O&M	Brasília-DF	<a href="http://www.dg10.com.br">www.dg10.com.br</a>
<b>Ecoluz Solar do Brasil</b>	Avaliação de recurso solar, consultoria técnica e engenharia, distribuidor de equipamentos, integração de sistemas FV, desenvolvimento de projetos, EPC, O&M, gestão e comercialização de energia	Salvador-BA	<a href="http://www.ecoluz.com.br">www.ecoluz.com.br</a>
<b>Forship</b>	Consultoria técnica e engenharia, O&M, assessoria financeira	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.forship.com">www.forship.com</a>
<b>Geravolt – Energia Solar</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, O&M	Raposos-MG	<a href="http://www.geravoltenergiasolar.com.br">www.geravoltenergiasolar.com.br</a>
<b>Multi Aquecimento</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, O&M	Bento Gonçalves-RS	<a href="http://www.multiaquecimento.com.br">www.multiaquecimento.com.br</a>
<b>SMA</b>	Distribuidor de equipamentos importados (inversor, string box), O&M	Itupeva-SP	<a href="http://www.sma.de">www.sma.de</a>
<b>Sun.Pa.Sa</b>	Consultoria técnica e engenharia, integração de sistemas FV, O&M	Fortaleza-CE	<a href="http://www.sunpasabrasil.com/">www.sunpasabrasil.com/</a> <a href="#">website</a>

FONTE: WEBSITES DAS EMPRESAS, ENTREVISTA COM A CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### OUTROS SERVIÇOS

Além dos vários serviços apresentados anteriormente, há ainda diversos outros, tais como: treinamento/capacitação profissional; estudos de inteligência de mercado, estudos sobre políticas e regulação; estudos jurídicos, fundiários, tributários e contratual; gestão e comercialização de energia; análise financeira e Project Finance; logística; seguros, incluindo gerenciamento de riscos em todas as fases de um projeto fotovoltaico, bem como gestão de sinistros etc.



## 7.3 Oportunidades para o pequeno negócio

O segmento de energia solar fotovoltaica no Brasil é crescente, porém, ainda em sua fase inicial. Portanto, a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica apresenta potenciais lacunas e oportunidades de bens e serviços que podem vir a ser produzidos e prestados pelo pequeno negócio no Brasil.

Para que o pequeno negócio se desenvolva na cadeia solar fotovoltaica, é necessário que possua: (i) qualidade, devido à garantia fornecida pelos grandes fornecedores da cadeia, devendo essas empresas passarem por rigorosa qualificação técnica feita pela contratante; e (ii) experiência, não há restrição tamanho e faturamento para fornecedores, mas sim pacote de requisitos em que se aceita homologação, tais como a International Organization for Standardization (ISO) 14.000, 18.000 e 9.000, para demonstrar aplicabilidade dos procedimentos e práticas. Os requisitos específicos estão detalhados no capítulo 16 deste estudo.

### Lacunas e oportunidades: bens

Os principais equipamentos utilizados em um sistema fotovoltaico são produzidos por grandes empresas, devido à tecnologia e aos ganhos de escala, que são características intrínsecas desta indústria. No entanto, o pequeno negócio tem a oportunidade de fornecer materiais e pequenos componentes para os fabricantes de equipamentos e até mesmo a seus fornecedores.

- Embalagens, borracha para vedação, cola, pequenos componentes elétricos, como buchas, parafusos, porcas, soquetes, por exemplo, podem ser fornecidos pelo pequeno negócio aos fabricantes de molduras, estruturas metálicas, componentes elétricos, sistemas de monitoramento, entre outros.

### Lacunas e oportunidades: serviços

- A cada dia são criadas novas empresas instaladoras e integradoras de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída, devido ao mercado crescente e à baixa barreira de entrada. Já são mais de 1.000 atuantes no país hoje. Esta é uma oportunidade, mas também um risco para o pequeno negócio, uma vez que empresas maiores com acesso a capital começam a oferecer soluções mais completas a seus clientes, inclusive produtos financiados. Consequentemente, o segmento tem trabalho para criar certificações e padrões de segurança e qualidade para empresas e profissionais que atuam no segmento;

- Uma forma de o pequeno negócio atuar na venda e instalação de sistemas fotovoltaicos é por meio de parcerias com empresas de energia fotovoltaica maiores, prestando serviço terceirizado de instalação e manutenção dos sistemas. Algumas empresas oferecem a opção de franquias, em que os “franqueados” trabalham em parceria com empresas maiores, portanto, reduzindo o risco para o pequeno negócio que entra nesse segmento;

- Algumas das empresas integradoras maiores também oferecem comissão para microempresários com bom relacionamento comercial e que levam negócios para as empresas;
- Serviços jurídicos para: regularização de situação fundiária de projetos fotovoltaicos; formalização da conexão de novos sistemas às distribuidoras; avaliação tributária; elaboração e análise de contratos são nichos potenciais para o pequeno negócio no ramo do direito;
- Serviços ambientais para análise de sites de projetos e impactos ambientais é uma oportunidade para o pequeno negócio nas regiões específicas onde os projetos estão sendo construídos, principalmente os projetos de geração centralizada que são geralmente implantados em áreas rurais;
- Serviços técnicos e de engenharia para elaboração de projetos fotovoltaicos, realização de estudos técnicos relacionados à energia elétrica e recolhimento de dados de campo também apresentam oportunidades para engenheiros e empresas de engenharia;
- Mão de obra para pequenas obras civis e obras elétricas em grandes projetos ou para projetos de menor porte é uma oportunidade para pequenos negócios no ramo de obra civil e eletricitistas;
- Fornecedores de alimentos e refeições para refeitórios de empresas de construção de grandes projetos em áreas remotas são oportunidades para pequenos negócios no ramo de alimentação;
- Alguns empresários do segmento acreditam que nos próximos anos deverá ser criado um mercado de “reciclagem” de módulos fotovoltaicos usados e recondicionados para revenda, que poderá ser realizada por pequenos negócios;
- Novas linhas de financiamento para pequenos negócios no segmento fotovoltaico deverão ser lançadas em breve, como por exemplo, o FNE Semente do BNB, de inovação para pequenas empresas;
- Finalmente, os novos modelos de negócio de “assinatura” e os consórcios solares, como modalidade de financiamento, possibilitam que o pequeno negócio adote a energia solar fotovoltaica por uma mensalidade baixa, permitindo-os pagar pelo sistema com o dinheiro que economizam a partir da redução da conta de eletricidade.



8

# Mapeamento de startups na cadeia de negócios no Brasil

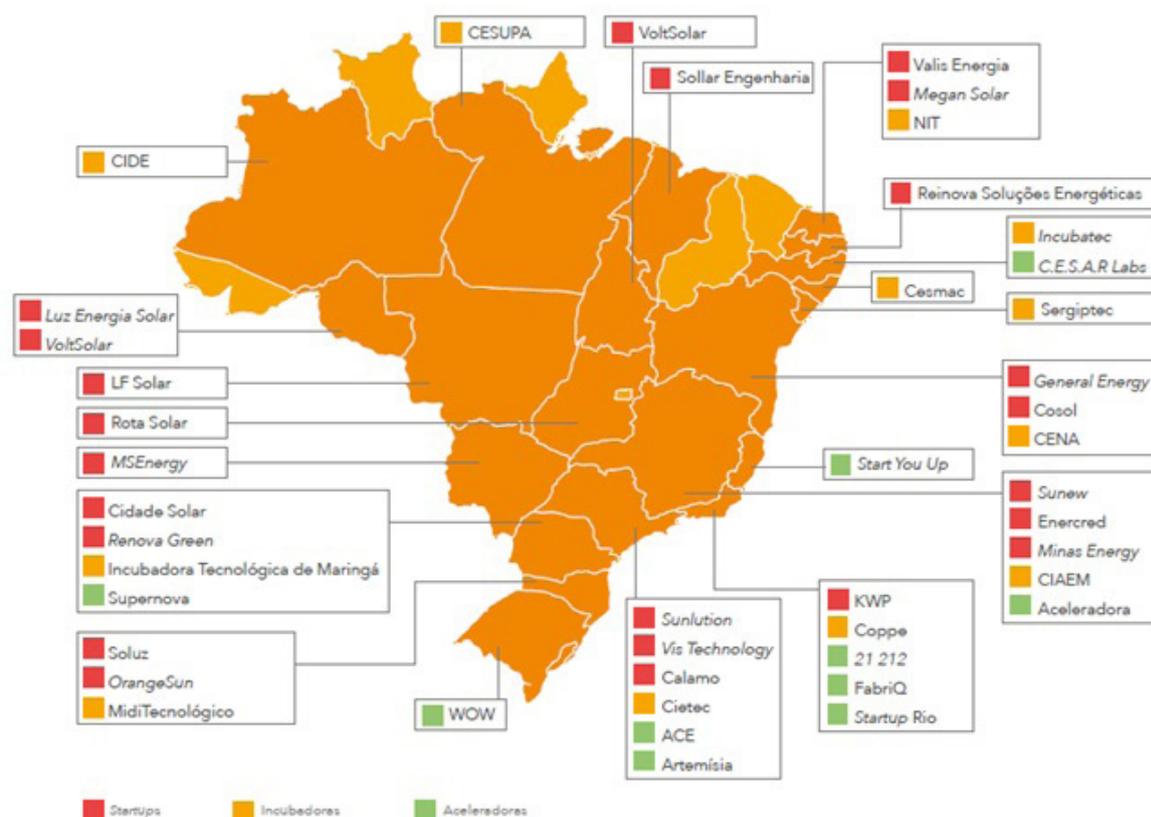
## 8.1 Conceito de *Startup*

O conceito de **startup** considerado para a elaboração deste capítulo é o de empresa ou grupo de pessoas que desenvolvem tecnologia e/ou modelos de negócios com escalabilidade e repetitividade e que possuam condições de grande incerteza (Sebrae, 2017c).

Para que a empresa seja considerada startup no conceito explicado acima, é preciso que ela desenvolva ou uma tecnologia, com produtos ou processos que não são recorrentes no mercado, ou que ela desenvolva um modelo de negócio novo, que pode ser com diferentes aplicações para o mesmo produto, diferentes processos ou até mesmo diferentes serviços. Apesar disso, no geral, as startups são empresas com poucos anos de criação e que têm alto grau de incerteza na execução de seu plano de negócios, principalmente devido ao desenvolvimento da tecnologia ou modelo de negócio.

O segmento de energia solar fotovoltaica, por estar em franco crescimento, tem diversas empresas com esse perfil atuando no mercado global e brasileiro.

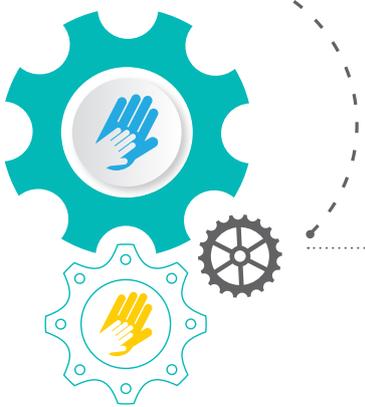
Figura 43. Mapeamento de startups, incubadoras e aceleradoras\*



NOTA:

\*NÃO APRESENTA LEVANTAMENTO EXAUSTIVO DE TODAS AS STARTUPS, INCUBADORAS E ACELERADORAS, SOMENTE UMA AMOSTRA DAS PRINCIPAIS APRESENTADAS NAS TABELAS ABAIXO.

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## 8.2 Startups focadas em novas tecnologias

### Novos materiais e processos produtivos

Um dos diferenciais da energia solar fotovoltaica é que ela tem o histórico e potencial futuro de adotar rapidamente tecnologias disruptivas, como desenvolvimento de novos materiais e processos produtivos, que revolucionam seus custos de produção, aumentam drasticamente sua eficiência na conversão de energia elétrica, sua aplicabilidade e uso.

A taxa de desenvolvimento e implantação de sistemas fotovoltaicos de grande escala nos últimos anos tem sido sem precedente. Dado que o custo dos sistemas fotovoltaicos é somente parcialmente determinado pelo custo das células fotovoltaicas, eficiência de conversão é um dos principais motivadores para a redução do custo da energia solar fotovoltaica e existem diversos materiais sendo explorados para atingir alta eficiência a baixo custo. Uma revisão de diversos materiais potenciais pode ser encontrada na revista Science (Polman et al, 2016).

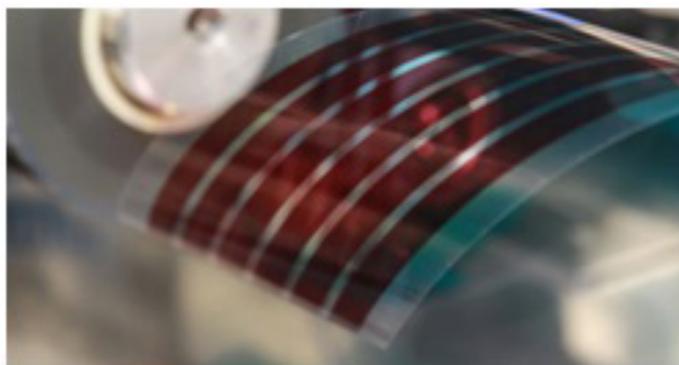
### FILMES FOTOVOLTAICOS OPV

Um exemplo de novos materiais e processos produtivos em desenvolvimento, mas também já em escala comercial são os filmes fotovoltaicos OPV. Eles diferem das células fotovoltaicas de silício porque são feitos de material orgânico, e também porque são confeccionados a partir do processo de impressão rolo a rolo, que apresenta baixa demanda energética e é altamente escalável.

A tecnologia é baseada em polímeros orgânicos condutores para a absorção de luz e transporte de carga a partir da luz solar pelo efeito fotovoltaico. As camadas de materiais utilizadas no OPV são: (i) substrato condutor flexível; (ii) camada de transporte de elétrons; (iii) camada ativa; (iv) camada de transporte de lacunas; e (v) camada anodo.

As vantagens de utilização dessa tecnologia são: processo produtivo com alto potencial de escalabilidade e baixo consumo energético, além da possibilidade de aplicação da tecnologia solar em diversos tipos de produtos de qualquer tamanho ou formato, como mochilas, gadgets e fachadas de prédios, dado sua flexibilidade, maleabilidade e espessura fina. Produtos que utilizam a tecnologia OPV podem ser fabricados na forma de fibras, entrelaçados em tecidos, ou aplicados como filmes em superfícies curvadas. Essas características poderão redefinir completamente a forma como células fotovoltaicas são fabricadas e como e onde a energia fotovoltaica pode ser utilizada.

Figura 44. Filme OPV da Sunew



FONTE: <[HTTP://SUNEW.COM.BR](http://sunew.com.br)>. ACESSO EM: 28 JAN. 2017.

Adicionalmente, tecnologias OPV têm o potencial de atingir custos de fabricação abaixo das tecnologias fotovoltaicas estabelecidas hoje. Atualmente, poucas empresas detêm a tecnologia para produção de filmes fotovoltaicos OPV no mundo, e uma delas é a startup brasileira Sunew, localizada em Belo Horizonte, estado de Minas Gerais (Sunew, 2017).

Outros materiais fotovoltaicos em desenvolvimento incluem perovskitas, por exemplo, um mineral com estruturas cristalinas encontrados em materiais abundantes e baratos, como amônia, iodo e chumbo, que tem o potencial de aumentar em 50% a geração de energia elétrica de células fotovoltaicas. Esse material é considerado por pesquisadores no segmento fotovoltaico como uma das tecnologias mais promissoras no momento (Bullis, 2015).

### Novas aplicações em produtos de consumo e em usinas geradoras

#### PAINÉIS FLEXÍVEIS

Os Painéis Flexíveis são produzidos com filmes finos de silício amorfo. Os painéis são flexíveis e duráveis, com vida útil de até 25 anos e diversas aplicações, tais como veículos, mochilas, guarda-sóis etc. Esses painéis são similares aos OPV, porém utilizam recursos tradicionais para sua confecção.

Empresas como a Sunlution estão desenvolvendo atualmente a tecnologia de Painéis Flexíveis no Brasil (Sunlution, 2017).

#### GERADOR FOTOVOLTAICO MÓVEL

Os Geradores Fotovoltaicos Móveis (GFM) fornecem energia elétrica para sistemas de emergência ou como backup para geradores tradicionais em qualquer local e instantaneamente, mesmo se a localidade ainda não tiver ligação com a rede básica, ou seja, funciona como complemento ou até mesmo uma alternativa mais sustentável para os geradores tradicionais a diesel.

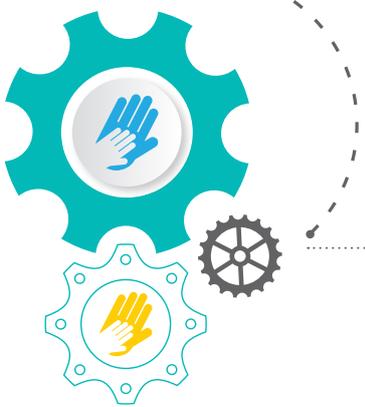
Esse tipo de aplicação leva a energia solar fotovoltaica para o ramo de geradores móveis, que tradicionalmente não utilizam fontes de energia renovável. Utilizando um GFM, o custo de geração da energia é menor, além de utilizar energia limpa e renovável e o gerador também ser silencioso, como todo sistema solar fotovoltaico.

No Brasil, algumas empresas desenvolvem tecnologias diferentes de GFM, tais como a Vis Technology (2017).

#### MÓDULO SOLAR HÍBRIDO

O Módulo Solar Híbrido é composto de um trocador de calor que pode ser acoplado em um módulo fotovoltaico tradicional, facilitando o resfriamento do módulo no caso de altas temperaturas e gerando tanto eletricidade como água quente.

Ao utilizar o Módulo Solar Híbrido, as residências apresentam mais espaço para a instalação, sem precisar separar áreas diferentes para os trocadores de calor e os módulos solares tradicionais. O Módulo Solar Híbrido também pode ser utilizado em conjunto com outras fontes de energia



renováveis, como turbinas eólicas para residências. Atualmente, existem algumas empresas desenvolvendo alternativas de Módulo Solar Híbrido, tais como a Soluz Energia (2017).

## FLUTUADORES PARA MÓDULOS

Os Flutuadores para Módulos são estruturas plásticas feitas de polietileno de alta densidade (PEAD) e que contêm estabilizadores de radiação ultravioleta (UV). O objetivo é que os painéis possam gerar energia sobre a água, otimizando o espaço e custo de instalação, além de obter baixo impacto ambiental. Os flutuadores têm vida útil superior a 20 anos e são resistentes à corrosão e a raios UV. Os apoios secundários permitem a rápida e simples limpeza dos módulos.

Essa tecnologia já foi utilizada em usinas hidrelétricas como complemento para a geração de energia e empresas como a Sunlution estão desenvolvendo atualmente a tecnologia de Flutuadores para Módulos no Brasil (Sunlution, 2017).

## DISPLAY INTELIGENTE

Os Displays Inteligentes têm o objetivo de concentrar informações de consumo de energia, água e gás, além da geração de energia. A tecnologia possibilita a coleta de dados nos sites de previsão do tempo, podendo prever a quantidade de radiação solar e, portanto, consegue-se inferir sobre a geração de energia fotovoltaica, sendo possível estimar a fatura da conta de energia no fim do mês, contabilizando os créditos de energia. Além disso, baseado no consumo dia a dia, seria possível estimar também as faturas de água e gás ao fim do mês (Sebrae, 2017b). Essa tecnologia está sendo desenvolvida pela General Energy, startup criada em março de 2016, com o objetivo de oferecer serviços de eficiência energética (General Energy, 2017).

Abaixo, apresentamos tabela com as startups focadas em novas tecnologias mapeadas para este estudo:

Tabela 85. Startups focadas em novas tecnologias

Empresa	Localização	Tecnologia	Website
<b>General Energy</b>	Salvador-BA	Display Inteligente	<a href="http://www.general-energy.com.br">www.general-energy.com.br</a>
<b>Sunew</b>	Belo Horizonte-MG	Filmes OPV	<a href="http://www.sunew.com.br">www.sunew.com.br</a>
<b>Soluz Energia</b>	Florianópolis-SC	Módulo Solar Híbrido	<a href="http://www.fundacity.com/soluz-energia">www.fundacity.com/soluz-energia</a>
<b>Sunlution</b>	São Paulo-SP	Módulo Flexível Flutuadores para módulos	<a href="http://www.sunlution.com.br">www.sunlution.com.br</a>
<b>Vis Technology</b>	São Paulo-SP	Gerador Fotovoltaico Móvel	<a href="http://www.vistechnology.com.br">www.vistechnology.com.br</a>

FONTE: WEBSITES E ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## 8.3 Startups focadas em novos modelos de negócios

A regulação para geração distribuída, que pode ser considerada recente, teve seu marco inicial em 2012 com a REN 482 e posterior atualização pela REN 687, e criou um ambiente propício para startups com diferentes modelos de negócio relacionados à geração distribuída, principalmente de fonte solar fotovoltaica devido à alta disponibilidade de recursos solares e à adaptabilidade da fonte.

Por ser um nicho recente do mercado solar fotovoltaico e por ainda ter muitas incertezas na execução das usinas para que atinjam escala e sejam replicáveis, as empresas que atuam nesse segmento são consideradas startups. Com base nesse conceito, existem diversas empresas atuantes no segmento de geração distribuída no país e, portanto, serão descritos os modelos de negócios presentes no segmento de geração distribuída atualmente, em que diversas empresas trabalham com um ou mais tipos de modelo de negócios. Adicionalmente, foi inclusa no final deste tópico uma tabela com uma amostra de 10 startups focadas em novos modelos de negócio, priorizando a diversidade estadual e, posteriormente, o tamanho das operações em nível nacional.

### Autoconsumo remoto

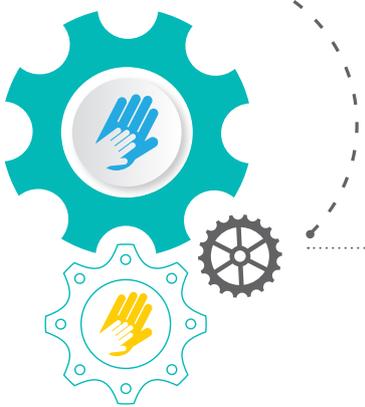
A flexibilização da regulação para possibilitar o autoconsumo remoto criou um novo modelo de negócio para os integradores de usinas fotovoltaicas. A legislação anterior previa que para que seja realizado o autoconsumo, os módulos deveriam estar instalados na unidade consumidora de energia. Com a flexibilização, os integradores passaram a oferecer serviços de locação de terreno para instalação dos módulos ou até mesmo locação dos módulos em locais diversos da unidade consumidora, como alternativa para as residências e edifícios que não são adequados para a instalação de módulos fotovoltaicos ou que preferem pagar uma mensalidade em vez de adquirir um sistema fotovoltaico.

### Condomínios solares

O modelo de negócio de condomínios solares permite que unidades que estão localizadas em terrenos contíguos possam gerar e compartilhar energia proporcionalmente às cotas de cada uma das unidades. Diversos integradores fornecem soluções de geração solar fotovoltaica para condomínios residenciais e/ou terrenos separados, porém contíguos, fornecendo equipamento, instalação, modelos de contratos necessários para o condomínio e interface com a distribuidora.

### Geração compartilhada

O modelo de negócio de geração compartilhada é o que tem maiores variações de serviços prestados pelos integradores. A geração compartilhada pode ser estruturada por meio de instrumentos de consórcio ou cooperativa, e os módulos fotovoltaicos podem ser instalados em áreas remotas, desde que dentro da mesma área de concessão dos consumidores



Como variações de modelo de negócio existem: (i) fornecimento da solução completa da geração compartilhada, com venda ou locação de módulos; (ii) apoio na estruturação dos instrumentos de consórcio ou cooperativa; (iii) venda ou locação de cotas ou lotes do consórcio/cooperativa; e (iv) administração geral do consórcio/cooperativa.

### Serviços de assinatura

O modelo de negócios de serviços por assinatura foi criado como forma de popularizar a utilização de energia solar fotovoltaica em residências e comércios. O modelo assemelha-se aos serviços de televisão por assinatura e se baseia na instalação do módulo no local consumidor e, em vez da venda do equipamento, a cobrança de uma assinatura por um período alongado, de forma que o consumidor não precisa arcar com altos investimentos para obter a energia.

Selecionamos uma amostra de 10 startups focadas em modelos de negócios atuantes no mercado brasileiro, priorizando a diversidade estadual e relevância.

Tabela 85. Startups focadas em novas tecnologias

Empresa	Localização	Website
<b>Calamo Energia Solar</b>	São Caetano do Sul-SP	<a href="http://www.calamosolar.com.br">www.calamosolar.com.br</a>
<b>Cidade Solar – Instalações Elétricas</b>	Londrina-PR	<a href="http://www.cidadesolar.com">www.cidadesolar.com</a>
<b>Cosol – Condomínio Solar</b>	Salvador-BA	<a href="http://www.cosol.com.br">www.cosol.com.br</a>
<b>Enercred</b>	Pedralva-MG	<a href="http://www.br.linkedin.com/in/enercred-créditos-de-energia-limpa-164439127">www.br.linkedin.com/in/enercred-créditos-de-energia-limpa-164439127</a>
<b>KWP Energia Solar</b>	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.kwpenergiasolar.com.br">www.kwpenergiasolar.com.br</a>
<b>Minas Energy – Soluções Energéticas</b>	Itajubá-MG	<a href="http://www.minasenergy.com.br">www.minasenergy.com.br</a>
<b>MSEnergy</b>	Campo Grande-MS	<a href="http://www.msenergy.com.br/">www.msenergy.com.br/</a>
<b>OrangeSun</b>	Blumenau-SC	<a href="http://www.orangesun.com.br">www.orangesun.com.br</a>
<b>Renova Green</b>	Curitiba-PR	<a href="http://www.renovagreen.com.br/">www.renovagreen.com.br/</a>
<b>Rota Solar</b>	Goiânia-GO	<a href="http://www.rotasolarenergia renovavel.com.br">www.rotasolarenergia renovavel.com.br</a>

FONTE: WEBSITES E ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## 8.4 Outras oportunidades para *startups* brasileiras

Outra oportunidade para startups brasileiras na cadeia da energia solar fotovoltaica é a adaptação de componentes e equipamentos internacionais, desenvolvidos inicialmente para países de clima temperado, às condições climáticas brasileiras.

## 8.5 Apoio de empresas e instituições a *startups*

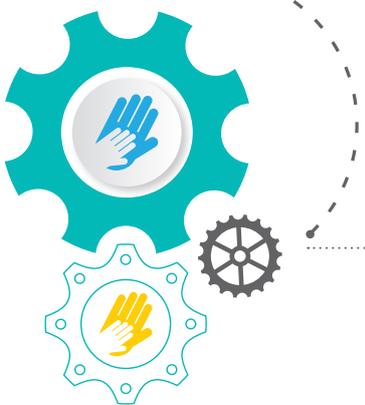
### Incubadoras

As incubadoras de empresas têm como objetivo auxiliar pequenas empresas inovadoras por meio de suporte técnico, administrativo e gerencial, facilitando o acesso às novas tecnologias, serviços e o desenvolvimento do processo de inovação. Costumam também fornecer espaço físico temporário para as pequenas empresas para que possam se dedicar ao seu desenvolvimento.

Selecionamos uma amostra de 10 incubadoras atuantes no mercado brasileiro, priorizando a diversidade estadual e relevância.

Tabela 87. Incubadoras no Brasil

Incubadora	Vínculo	Localização	Website
<b>CENA</b>	Sebrae	Salvador-BA	<a href="http://www.portaldocena.com.br">www.portaldocena.com.br</a>
<b>Cesmac Incubadora</b>	Cesmac	Maceió-AL	<a href="http://www.cesmac.edu.br/cesmac/incubadora">www.cesmac.edu.br/cesmac/incubadora</a>
<b>CIAEM</b>	Universidade Federal de Uberlândia	Uberlândia-MG	<a href="http://www.ciaem.ufu.br/">www.ciaem.ufu.br/</a>
<b>CIDE</b>	Universidade do Estado do Amazonas	Manaus-AM	<a href="http://www.cide.org.br/">www.cide.org.br/</a>
<b>Cietec</b>	Universidade de São Paulo	São Paulo-SP	<a href="http://www.cietec.org.br/">www.cietec.org.br/</a>
<b>Coppe</b>	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.coppe.ufrj.br/">www.coppe.ufrj.br/</a>



<b>Incubadora Tecnológica de Maringá</b>	Prefeitura de Maringá	Maringá-PR	<a href="http://www.incubadoramaringa.org.br/">www.incubadoramaringa.org.br/</a>
<b>Incubatep</b>	Governo Estadual de Pernambuco	Recife-PE	<a href="http://www.itep.br/index.php/noticias-itep/239-incubatep-seleciona-projetos">www.itep.br/index.php/noticias-itep/239-incubatep-seleciona-projetos</a>
<b>MidiTecnologico</b>	Sebrae	Florianópolis-SC	<a href="http://www.miditecnologico.com.br">www.miditecnologico.com.br</a>
<b>SergipTec</b>	Governo Estadual de Sergipe	São Cristóvão-SE	<a href="http://www.sergipetec.org.br/cise/1861/cise.htm">www.sergipetec.org.br/cise/1861/cise.htm</a>

FONTE: WEBSITES E ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## Aceleradoras

As aceleradoras têm uma metodologia diferente das incubadoras, um pouco mais complexa e estruturada para prover às pequenas empresas com crescimento acelerado. As aceleradoras também fornecem consultoria, treinamento, dicas de gestão e apoio financeiro, geralmente com participação na empresa acelerada.

Selecionamos uma amostra de 10 aceleradoras atuantes no mercado brasileiro, priorizando a diversidade estadual e relevância.

Tabela 88. Aceleradoras no Brasil

<b>Incubadora</b>	<b>Localização</b>	<b>Website</b>
<b>21 212</b>	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.21212.com/">www.21212.com/</a>
<b>ACE</b>	São Paulo-SP	<a href="http://www.goace.vc/">www.goace.vc/</a>
<b>Aceleradora</b>	Belo Horizonte-MG	<a href="http://www.aceleradora.net/">www.aceleradora.net/</a>
<b>Artemisia</b>	São Paulo-SP	<a href="http://www.artemisia.org.br/">www.artemisia.org.br/</a>
<b>C.E.S.A.R. Labs</b>	Recife-PE	<a href="http://www.cesarlabs.com/">www.cesarlabs.com/</a>
<b>FabriQ</b>	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.coppe.ufrj.br/">http://www.coppe.ufrj.br/</a>
<b>Start You Up</b>	Vitória-ES	<a href="http://www.startyouup.com.br/">www.startyouup.com.br/</a>
<b>Startup Rio</b>	Rio de Janeiro-RJ	<a href="http://www.startuprio.rj.gov.br/">www.startuprio.rj.gov.br/</a>
<b>Supernova</b>	Curitiba-PR	<a href="http://www.linkedin.com/company/supernova-startup-accelerator">www.linkedin.com/company/supernova-startup-accelerator</a>
<b>WOW</b>	Porto Alegre-RS	<a href="http://www.wow.ac/site/">www.wow.ac/site/</a>

FONTE: WEBSITES E ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

### Outros Tipos de Apoio

Adicionalmente, existem as associações de startups, que são organizações sem fins lucrativos que representam as startups e seus interesses. Existem associações regionais, tais como a Associação Campinas de Startup e a Associação Gaúcha de Startups, como também associações separadas por meio de atuação, tal como a Associação Brasileira de Startups e Empreendedores Digitais, e também as associações nacionais, tais como a Associação Brasileira de Startups, a ABStartups, entre várias outras.

Em complemento às incubadoras, aceleradoras e associações, muitas empresas do segmento de energia solar fotovoltaica também incentivam o desenvolvimento de startups com soluções tecnológicas no mercado brasileiro. Foram incluídas também iniciativas de empresas que não são do setor de energia, porém que têm iniciativa para startups relacionadas ao segmento. Como exemplo, são mencionados os seguintes programas:

(i) Free Electrons Global Accelerator, de Energias de Portugal (EDP), que é um programa global de aceleração de startups, que inclui projetos no Brasil (EDP, 2016);

(ii) o Prêmio Engie Brasil de Inovação, da Engie Brasil, que visa apoiar soluções inovadoras relacionadas à energia descentralizada, green mobility, smart grids, armazenamento de energia, entre outros (SIMI, 2016);

(iii) a aceleradora Energy Start, formada pela ENEL Brasil, que busca apoiar startups focadas em eficiência energética, armazenamento de energia, entre outros (TN Sustentável, 2016);

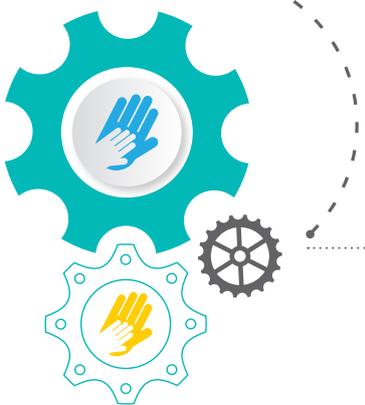
(iv) a AES Brasil Inovação, uma plataforma de co-criação e inovação da AES, com startups focadas em armazenamento de energia, geração distribuída e eficiência energética (AES Brasil, 2016);

(v) Pipe.Social, uma vitrine de negócios sociais para que startups sejam vistas e se reconheçam, de modo a fomentar as empresas. A Pipe.Social realiza seleção das empresas, análises de mercado, consultorias de inovação e advisory. Dentre seus negócios de impacto prioritários estão as tecnologias verdes;

(vi) Algar Ventures Open, vai selecionada a 15 empresas para seu processo de aceleração, que durará 6 meses, dos quais dentre as áreas de interesses está “soluções para geração distribuída de energias renováveis e smart grid” (STARTUPI, 2016);

(vii) Programa de Incubação e Aceleração de Negócios de Impacto, realizado pela Inovação em Cidadania Empresarial (ICE) em parceria com o Sebrae, a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec) e o BID. O objetivo é apoiar aceleradoras e incubadoras que estejam dispostas a incluir ou fortalecer sua estratégia de atuação em negócios de impacto social e/ou ambiental (BID, 2017);

(viii) Programa de Startups do Sebrae, o objetivo do programa é ajudar o empreendedor a superar um dos principais desafios no processo de desenvolvimento da startup: validar a proposta de valor de seu negócio e ter aceitação no mercado. O programa foi iniciado no estado de São Paulo nos escritórios Sebrae de alguns municípios e está sendo expandido para todo o Brasil (PEGN, 2017).



Adicionalmente, as startups são incentivadas por empresas de diversos segmentos, tanto por meio de programas específicos como também de venture capital. A Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (Anpei), em parceria com a Harvard Angels, está realizando pesquisa sobre corporate venture no Brasil com o objetivo de mapear o atual grau de intensidade das interações entre os ecossistemas de grandes empresas e startups no Brasil e desenvolver um quadro comum para medir em que estágio de intensidade as diferentes corporações estão (Sebrae, 2017d).

Por fim, segue abaixo tabela com os 10 principais programas de startups para todos os setores.

Tabela 89. Programas de empresas para startups

Programa	Empresa vinculada	Website
100 Open Startups	Diversas patrocinadoras	<a href="http://www.openstartups.org.br/#empresas">www.openstartups.org.br/#empresas</a>
Braskem Labs	Braskem/Endeavor	<a href="http://www.braskemlabs.com/">www.braskemlabs.com/</a>
Cubo Coworking	Itaú/RedPoint Ventures	<a href="http://www.cubo.network/startups">www.cubo.network/startups</a>
FBStart	Facebook	<a href="http://www.developers.facebook.com/fbstart/">www.developers.facebook.com/fbstart/</a>
InovaBra	Bradesco	<a href="http://www.inovabra.com.br/startups/">www.inovabra.com.br/startups/</a>
Launchpad Accelerator	Google	<a href="http://www.developers.google.com/startups/accelerator/?utm_campaign=mobile_discussion_launchpad_090716&amp;utm_source=gdev&amp;utm_medium=blog">www.developers.google.com/startups/accelerator/?utm_campaign=mobile_discussion_launchpad_090716&amp;utm_source=gdev&amp;utm_medium=blog</a>
Mining Lab	Votorantim Metais	<a href="http://www.mininglab.com.br/">www.mininglab.com.br/</a>
Natura Startups	Natura	<a href="http://www.natura.com.br/a-natura/inovacao/startups">www.natura.com.br/a-natura/inovacao/startups</a>
Shell Iniciativa Jovem	Grupo Shell	<a href="http://www.iniciativajovem.org.br/?fromLivewire">www.iniciativajovem.org.br/?fromLivewire</a>
Wayra Brazil	Telefonica	<a href="http://www.wayra.co/sp/br">www.wayra.co/sp/br</a>

FONTE: WEBSITES E ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



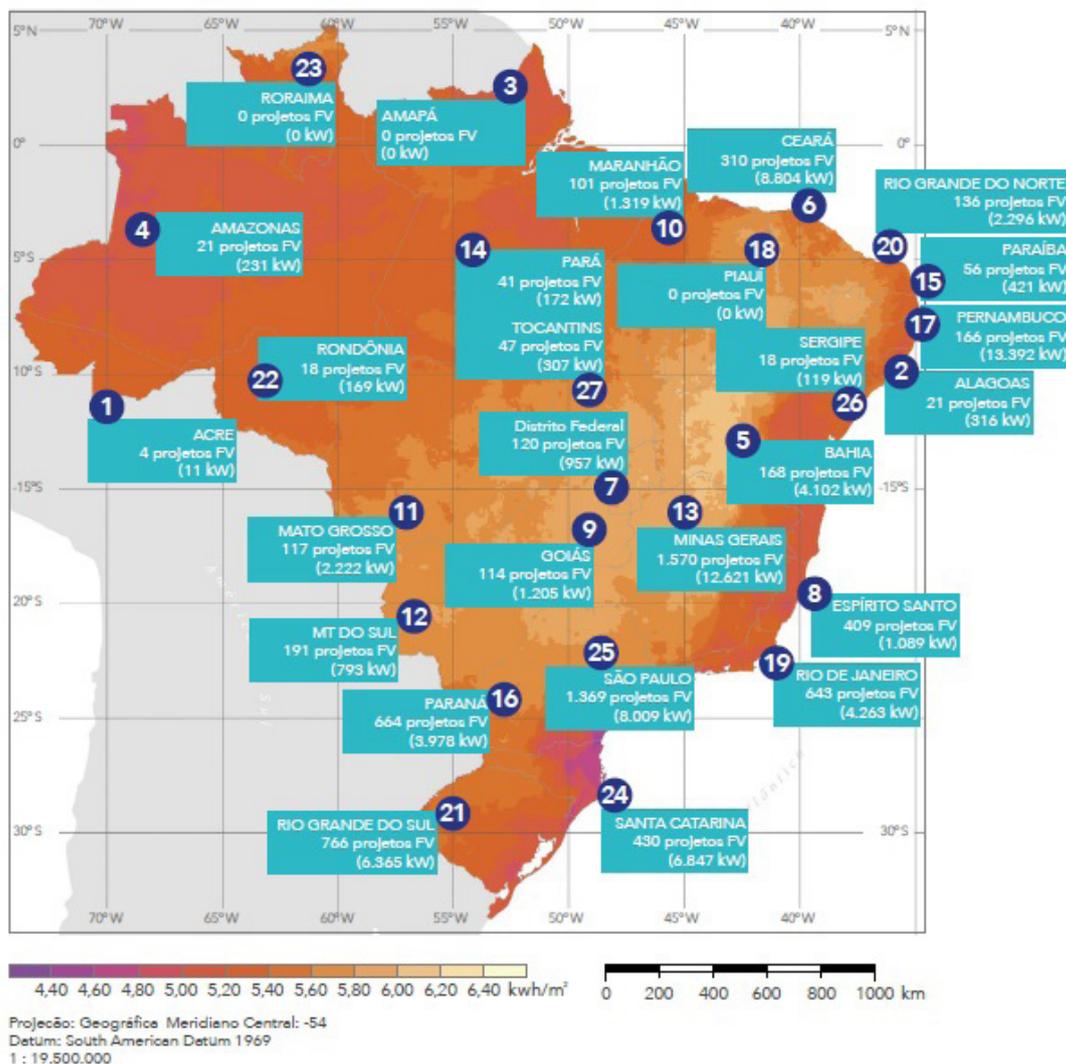


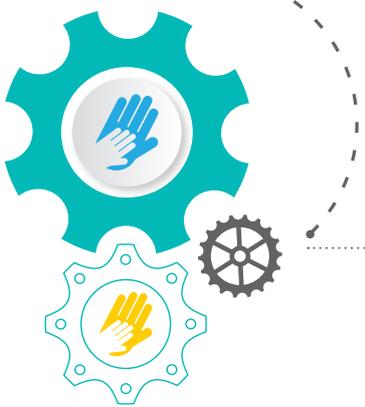
9

## Mapa de inserção do segmento fotovoltaico na cadeia do setor elétrico

O recurso solar fotovoltaico está presente e é abundante em todo o território nacional. Isso reflete na existência de 7.500 instalações operacionais de geração de energia elétrica fotovoltaica em 24 das 27 unidades federativas do Brasil, conforme ilustrado abaixo com base em dados de 31 de dezembro de 2016 (ANEEL, 2016d, 2016f). Esses projetos, juntos, representam 80,007 MWac de capacidade instalada, sendo 56,999 MWac de geração distribuída a partir de 7.458 instalações e 23,008 MWac de geração centralizada a partir de 42 usinas. Além das fontes biomassa e óleo combustível e/ou diesel, que estão presentes nas matrizes elétricas de todos os estados do país, a fonte fotovoltaica é a mais presente em número de estados.

Figura 45. Mapa dos projetos fotovoltaicos operacionais e distribuidoras por estado





## Legenda

n°	Estado	Projetos	Distribuidora
1	Acre	4 projetos FV (11 kW)	Eletroacre
2	Alagoas	21 projetos FV (316 kW)	CEAL
3	Amapá	0 projetos FV (0 kW)	CEA
4	Amazonas	21 projetos FV (231 kW)	AmE
5	Bahia	168 projetos FV (4.102 kW)	COELBA
6	Ceará	310 projetos FV (8.804 kW)	COELCE
7	Distrito Federal	120 projetos FV (957 kW)	CEB, EMT, EMS
8	Espírito Santo	409 projetos FV (1.089 kW)	ELFSM, ECELSA
9	Goiás	114 projetos FV (1.205 kW)	CELG-D, CHESP
10	Maranhão	101 projetos FV (1.319 kW)	CEMAR
11	Mato Grosso	117 projetos FV (2.222 kW)	EMT
12	Mato Grosso do Sul	191 projetos FV (793 kW)	EMS
13	Minas Gerais	1.570 projetos FV (12.621 kW)	CEMIG, DMED, EMG
14	Pará	41 projetos FV (172 kW)	CELPA
15	Paraíba	56 projetos FV (421 kW)	EBO, EPB
16	Paraná	664 projetos FV (3.978 kW)	COCEL, CFLO, COPEL, FORCEL
17	Pernambuco	166 projetos FV (13.392 kW)	CELPE
18	Piauí	0 projetos FV (0 kW)	CEPISA
19	Rio de Janeiro	643 projetos FV (4.263 kW)	AMPLA, ENF, LIGHT, Boa Vista
20	Rio Grande do Norte	136 projetos FV (2.296 kW)	COSERN
21	Rio Grande do Sul	766 projetos FV (6.365 kW)	ELETROCAR, CEEE, DEMEI, HIDROPAN, MUXENERGIA, RGE SUL, RGE, UHENPAL
22	Rondônia	18 projetos FV (169 kW)	CERON
23	Roraima	0 projetos FV (0 kW)	CRR, Boa Vista
24	Santa Catarina	430 projetos FV (6.847 kW)	CELESC, COOPERALIAN, EFLIC, EFLUL, IENERGIA

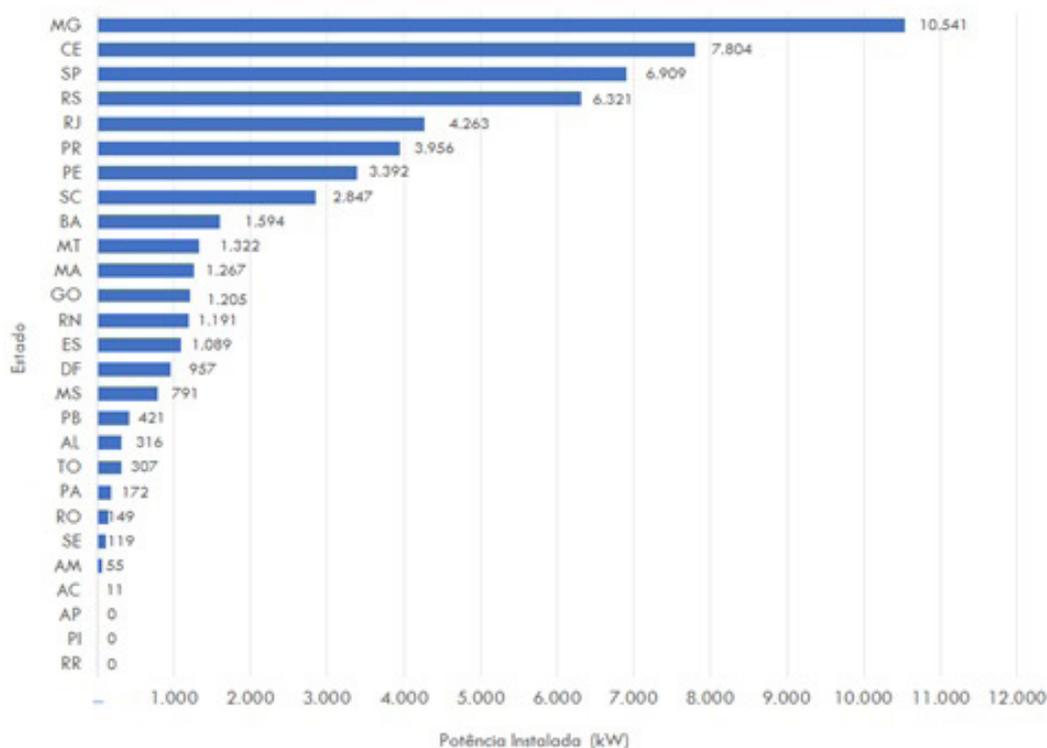
## 9. MAPA DE INSERÇÃO DO SEGMENTO FOTOVOLTAICO NA CADEIA DO SETOR ELÉTRICO

25	São Paulo	1.369 projetos FV (8.009 kW)	EDP, CPFL, Elektro, Eletropaulo, Celpa, EDEPV, EEB, CNEE
26	Sergipe	18 projetos FV (119 kW)	SULGIPE, ESE
27	Tocantins	47 projetos FV (307 kW)	ETO

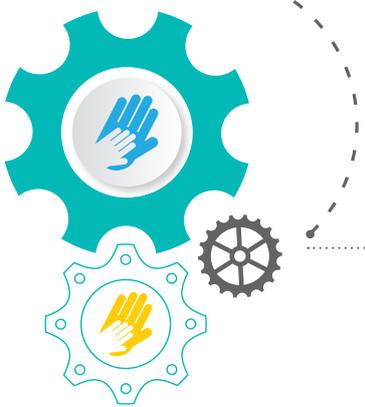
FONTES: ANEEL, 2016d, 2016f. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Desse total, os estados que lideram o ranking de potência instalada de geração solar distribuída são Minas Gerais, Ceará, São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, conforme observado no gráfico a seguir. Minas Gerais tem 18,5% de fatia de mercado, ou seja, 10,541 MW dos 56,999 MW instalados até dezembro de 2016 no Brasil. Ceará vem em segundo com 13,7%, seguido por São Paulo com 12,1%.

Gráfico 19. Potência instalada de geração solar distribuída por estado em dezembro de 2016

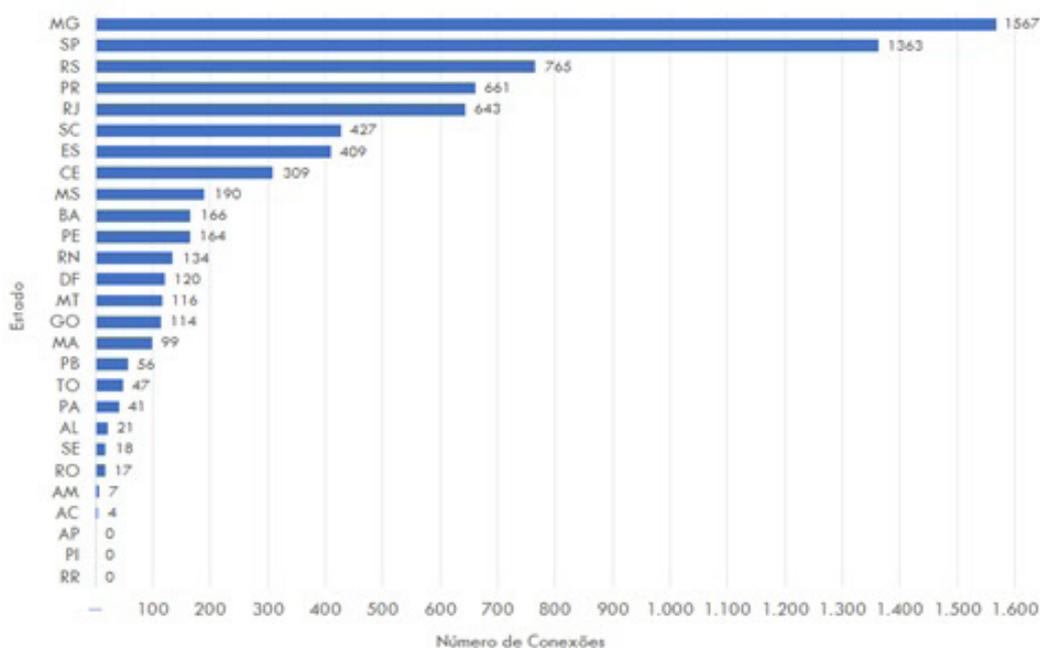


FONTES: ANEEL, 2016f.



Quanto ao número de instalações solares, há uma pequena alteração na lista dos principais estados. Minas Gerais segue liderando, porém seguido por São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Rio de Janeiro, conforme observado no gráfico a seguir. Do total de 7.458 instalações de geração solar distribuída instaladas até dezembro de 2016, Minas Gerais responde por 21% delas, equivalente a 1.567 instalações. Em segundo, vem São Paulo com 18,3% do mercado e em terceiro, bem abaixo, o RS com 10,3%.

Gráfico 20. Número de conexões de geração solar distribuída por estado em dezembro de 2016

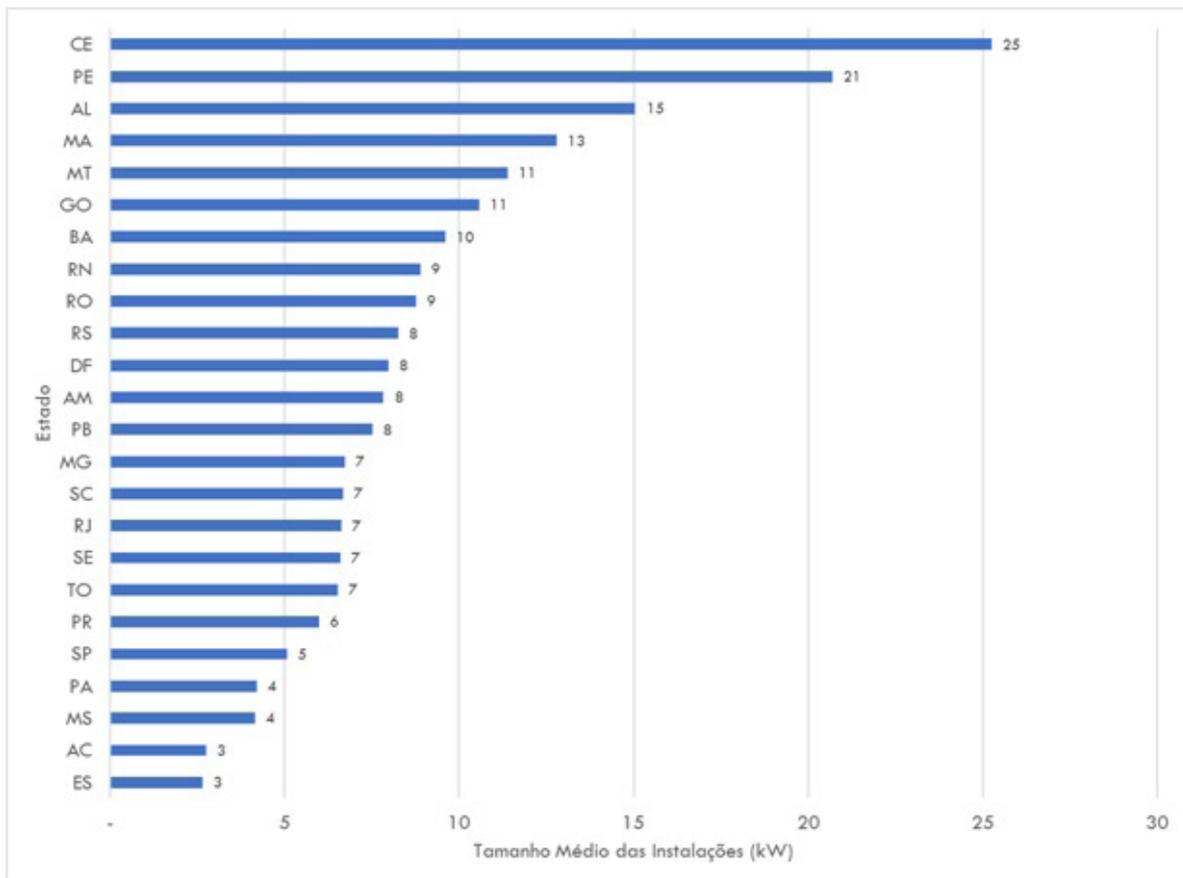


FONTE: ANEEL, 2016f.

Vale destacar, no gráfico a seguir, que as instalações têm tamanhos médios diferentes nos vários estados. O estado com maiores projetos de geração distribuída, na média, é o Ceará, com 25 kW. Depois, Pernambuco com 21 kW, Alagoas com 15 kW. Interessante notar que os 2 Estados com o maior número de conexões – MG e SP – têm tamanhos médios de 7 e 5 kW, respectivamente, sinalizando a predominância de instalações residenciais nesses estados.

## 9. MAPA DE INSERÇÃO DO SEGMENTO FOTOVOLTAICO NA CADEIA DO SETOR ELÉTRICO

Gráfico 21. Tamanho médio das instalações de geração solar distribuída por estado em dezembro de 2016



FONTE: ANEEL, 2016f.

Quanto às distribuidoras, as que têm maior número de instalações solares fotovoltaicas de geração distribuída são Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) Distribuição S.A., Companhia Paranaense de Energia e Distribuição (COPEL-d), Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), Centrais Elétricas de Santa Catarina Distribuição S.A. e Light Serviços de Eletricidade (LIGHT). A CEMIG sozinha responde por 20,4% das instalações brasileiras, com 1.524 instalações, bem à frente das demais. A COPEL-d tem 8,47% do mercado, sendo 649, seguida pela CPFL com 7,9% ou 588 instalações.

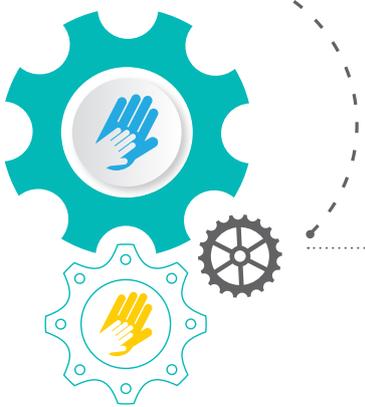
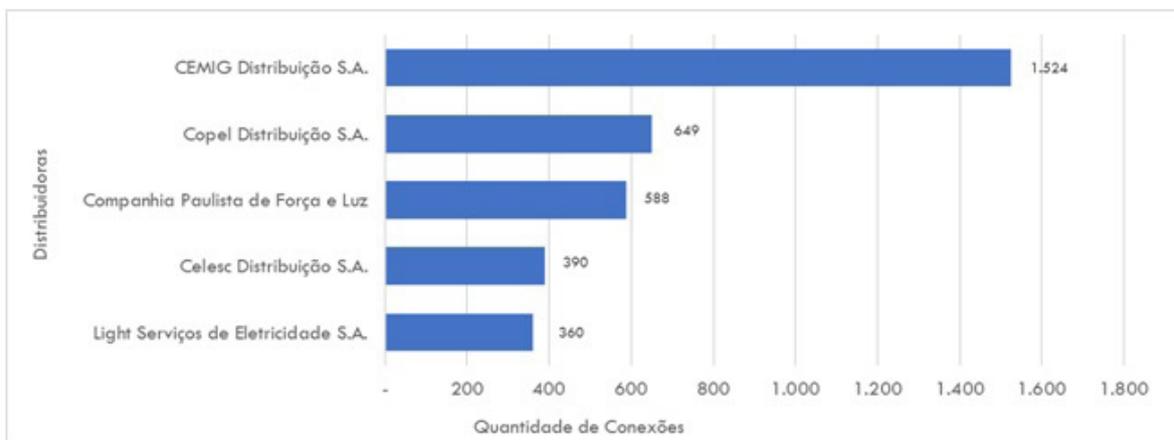


Gráfico 22. Distribuidoras com maior número de conexões em geração solar distribuída em dezembro de 2016

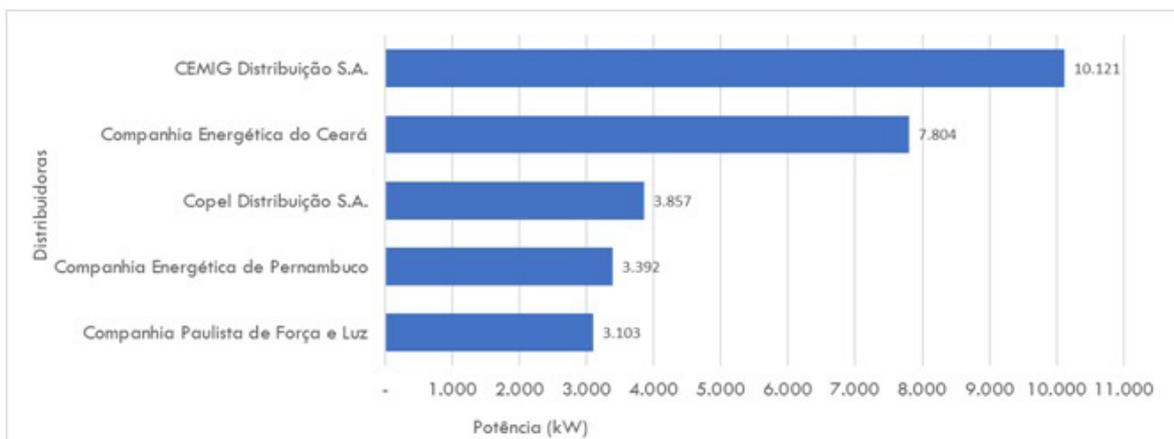


FONTE: ANEEL, 2016f.

Assim como no caso dos Estados, quando analisada a potência instalada, o ranking das distribuidoras muda. Dos 56,999 MW instalados no Brasil, em dezembro de 2016, a CEMIG sozinha é responsável por 10,121 MW, equivalente a 17,8% do mercado. A Companhia Energética do Ceará (COELCE) está em segunda com 7,804 MW, representando 13,7% do mercado. As demais distribuidoras todas têm participações abaixo de 7%.

Analisando os dados de instalações fotovoltaicas por estado e concessionária, pode-se concluir que Minas Gerais é líder em energia solar fotovoltaica no Brasil atualmente, devido à junção de fatores como irradiação solar alta, tarifa de energia elétrica bruta alta para o consumidor, e políticas e benefícios fiscais concedidos pelo estado, especialmente no caso de geração distribuída.

Gráfico 23. Distribuidoras com maior potência conectada em geração solar distribuída em dezembro de 2016



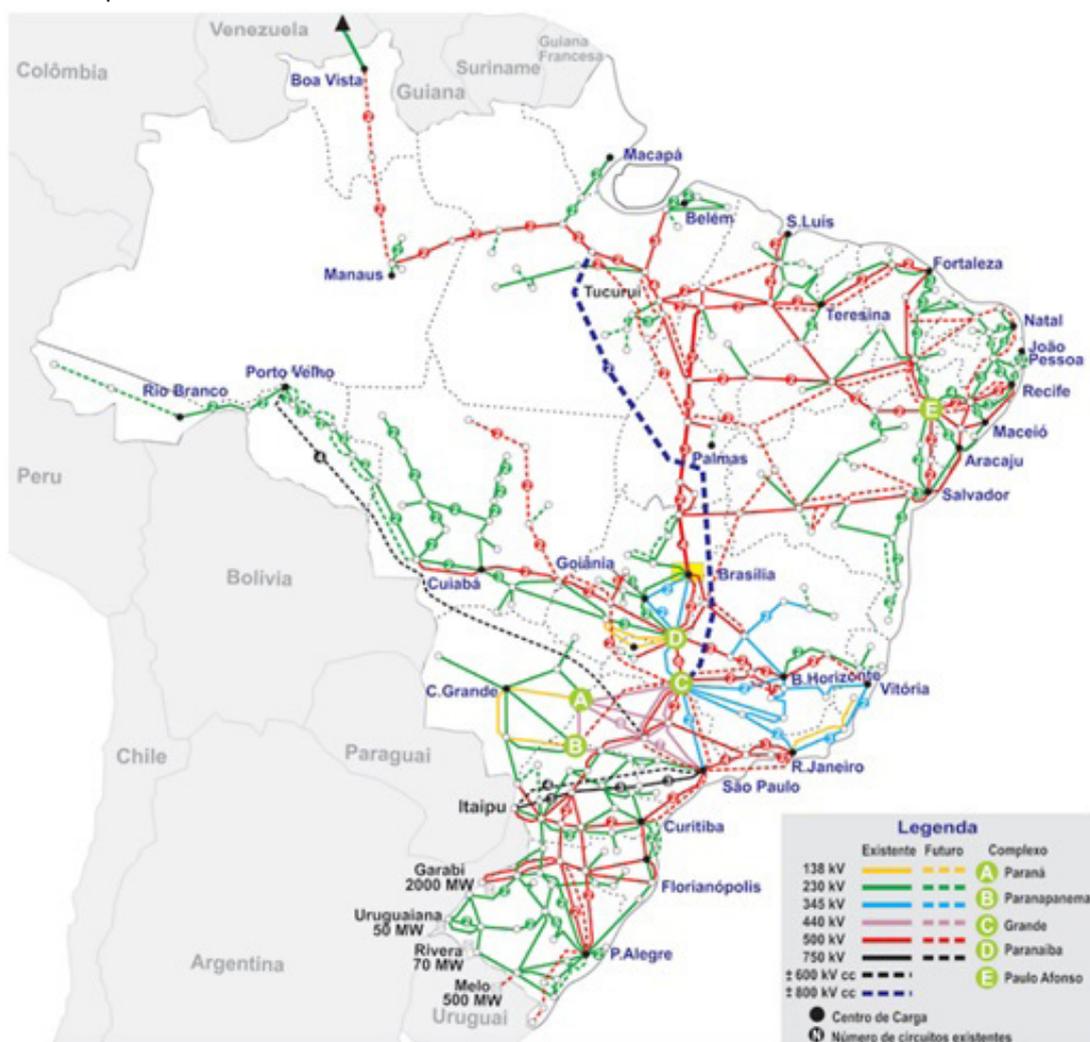
FONTE: ANEEL, 2016f.

## 9. MAPA DE INSERÇÃO DO SEGMENTO FOTOVOLTAICO NA CADEIA DO SETOR ELÉTRICO

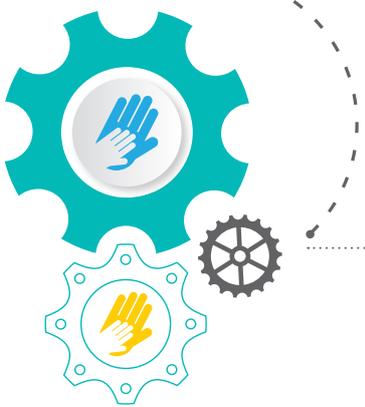
Uma das principais vantagens da geração distribuída é minimizar os investimentos de expansão e manutenção de linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Outra vantagem é a redução das perdas (comerciais e técnicas) oriundas do transporte da energia elétrica, que no Brasil representa 15,1% de toda a energia elétrica que é produzida (EPE, 2016b). Essas vantagens, em conjunto, são especialmente relevantes em um país como o Brasil, com dimensões continentais. A figura a seguir mostra o mapa do sistema de transmissão brasileiro, também conhecido por SIN.

Do ponto de vista geográfico, a seguir foi mapeada a situação da cadeia de geração solar fotovoltaica relativamente às demais cadeias do setor elétrico por estado. Os dados apresentados são de 31 de dezembro de 2016, e consideram os dados de capacidade instalada (ANEEL, 2016d), além dos projetos de geração distribuída enquadrados no Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL, 2016f).

Figura 46. Mapa do sistema de transmissão brasileiro, Horizonte 2015



FONTE: ONS, 2017.



## Centro-Oeste

### Distrito Federal

O Distrito Federal tem 120 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 957 kW de capacidade instalada, além de 1 projeto de biomassa de geração distribuída com 138 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é a hídrica com 51,97%, seguida pelo óleo diesel com 46,12%, a solar com 1,68% e a biomassa com 0,24%. A distribuidora atuante no Distrito Federal é a Companhia Energética de Brasília (CEB).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no Distrito Federal.

### Goiás

O estado de Goiás tem 114 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 1.205 kW de capacidade instalada, além de 2 projetos de biomassa de geração distribuída com 324 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 70,49%, seguida pela biomassa com 20,62%, óleo diesel com 8,01%, o óleo combustível com 0,61%, petróleo com 0,25%, e a solar com 0,02%. As distribuidoras atuantes no Estado são as Centrais Elétricas de Goiás (CELG-D), recém-vendida para a ENEL, e a Companhia Hidrelétrica São Patrício (CHESP).

Existem outros 2 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 40.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

### Mato Grosso do Sul

O estado do Mato Grosso do Sul tem 191 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 793 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema hídrico de geração distribuída com 800 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 72,09%, seguida pela biomassa com 19,63%, o gás natural com 8,16%, o óleo diesel com 0,11%, e a solar com 0,01%. A distribuidora atuante no estado é a Energisa Mato Grosso do Sul Distribuidora de Energia (EMS), antiga ENERSUL.

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Mato Grosso

O estado do Mato Grosso tem 117 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 2.222 kW de capacidade instalada, além de 2 sistemas hídricos de geração distribuída com 350 kW e 2 sistemas de biomassa de geração distribuída com 567 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 70,34%, seguida pelo gás natural com 17,23%, a biomassa com 8,32%, o óleo diesel com 4,01%, e a solar com 0,07%. A distribuidora atuante no estado é a Energisa Mato Grosso Distribuidora de Energia (EMT), antiga CEMAT.

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

## Nordeste

### Alagoas

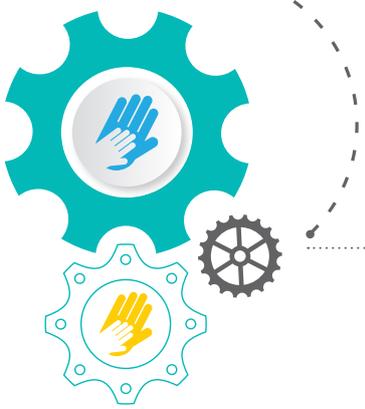
O estado de Alagoas tem 21 sistemas fotovoltaicos, somando 316 kW de capacidade instalada. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 91,98%, seguida pela biomassa com 7,60%, óleo diesel com 0,25%, o gás natural com 0,17%, e a solar com 0,01%. A distribuidora atuante no estado é a Eletrobrás Distribuição Alagoas (CEAL).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Bahia

O estado da Bahia tem 168 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 4.102 kW de capacidade instalada, além de 1 projeto eólico de geração distribuída com 1,5 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é a hídrica com 58,69%, seguida pela eólica com 18,61%, o gás natural com 8,75%, o óleo combustível com 6,37%, a biomassa com 5,53%, o óleo diesel com 1,28%, o gás de refinaria com 0,66%, e a solar com 0,05%. A distribuidora atuante no estado é a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA).

Existem outros 32 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 877.202 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.



## Ceará

O Estado do Ceará tem 310 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 8.804 kW de capacidade instalada, além de 21 projetos eólicos de geração distribuída com 57,4 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é a eólica com 41,62%, seguida pelo carvão com 29,25%, o gás natural com 15,35%, a biomassa com 5,88%, o óleo combustível com 4,53%, o óleo diesel com 2,99%, a solar com 0,24%, e a hídrica com 0,14%. A distribuidora atuante no estado é a ENEL Distribuição Ceará (ENEL Coelce).

Existem outros 6 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 180.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

## Maranhão

O estado do Maranhão tem 101 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 1.319 kW de capacidade instalada. A principal fonte em sua matriz elétrica é o gás natural com 57,19%, seguido pelo carvão com 17,37%, o óleo combustível com 13,23%, a biomassa com 11,64%, óleo diesel com 0,32%, gás de alto forno com 0,20%, e a solar com 0,05%. A distribuidora atuante no estado é a Companhia Energética do Maranhão (CEMAR).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

## Paraíba

O estado da Paraíba tem 56 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 421 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema eólico de geração distribuída com 2,4 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é o óleo combustível com 77,62%, seguido pela eólica com 10,49%, a biomassa com 10,21%, o óleo diesel com 0,92%, hidrelétricas com 0,69%, e a solar com 0,07%. As distribuidoras atuantes no estado são a Energisa Borborema Distribuidora de Energia (EBO) e Energisa Paraíba Distribuidora de Energia (EPB).

Existem outros 5 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 144.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

## Pernambuco

O estado de Pernambuco tem 166 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 13.392 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema de biomassa de geração distribuída com 28 kW e um sistema eólico de geração distribuída com 5,7 kW. A principal fonte em sua matriz



elétrica é a hídrica com 36,19%, seguida pela eólica com 15,60%, o óleo combustível com 15,26%, o gás natural com 14,42%, o óleo diesel com 10,18%, a biomassa com 7,71%, a solar com 0,32% e o petróleo com 0,31%. A distribuidora atuante no estado é a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE).

Existem outros 6 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 148.315 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

### Piauí

O estado do Piauí não tem sistemas fotovoltaicos instalados. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a eólica com 74,00%, seguida pela hídrica com 19,84%, o óleo diesel com 5,43%, e a biomassa com 0,74%. A distribuidora atuante no Estado é a Companhia Energética do Piauí (CEPISA).

Existem 9 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 270.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

### Rio Grande do Norte

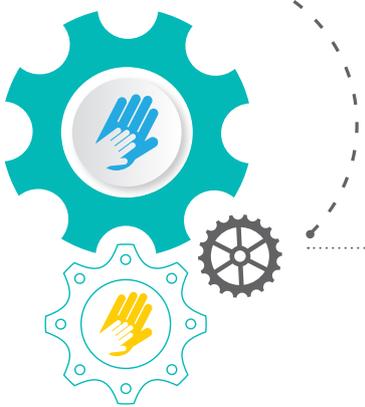
O estado do Rio Grande do Norte tem 136 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 2.296 kW de capacidade instalada. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a eólica com 86,34%, seguida pelo gás natural com 8,57%, o óleo diesel com 3,54%, a biomassa com 1,49% e a solar com 0,06%. A distribuidora atuante no estado é a Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN).

Existem 7 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 206.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

### Sergipe

O estado de Sergipe tem 18 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 119 kW de capacidade instalada. A principal fonte em sua matriz elétrica é a biomassa com 44,56%, seguida pela eólica com 25,75%, o óleo diesel com 23,07%, o gás natural com 6,27%, a hídrica com 0,27%, e a solar com 0,09%. As distribuidoras atuantes no estado são a Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (SULGIPE) e Energisa Sergipe Distribuidora de Energia (ESE).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.



## Norte

### Acre

O estado do Acre tem 4 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 11 kW de capacidade instalada. Sua matriz elétrica é dominada pela fonte óleo diesel (248.902 kW), representando mais de 99% da capacidade elétrica instalada no estado, seguida da biomassa com 0,60%. A distribuidora atuante no estado é a Eletrobrás Distribuição Acre (ELETROACRE).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Amapá

O estado do Amapá não tem sistemas fotovoltaicos instalados. A fonte predominante em sua matriz elétrica é hídrica com 77,98%, seguida pelo óleo diesel com 21,86% e, por fim, a biomassa com 0,16%. A distribuidora atuante no estado é a Companhia de Eletricidade do Amapá (CEA).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Amazonas

O estado do Amazonas tem 21 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 231 kW de capacidade instalada. A principal fonte em sua matriz elétrica é o óleo combustível com 42,46%, seguido pelo óleo diesel com 33,76%, hidrelétricas com 11,92%, o gás natural com 11,46%, a biomassa com 0,39% e a solar com 0,01%. A distribuidora atuante no estado é a Amazonas Distribuidora de Energia (AmE).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Pará

O estado do Pará tem 41 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 172 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema eólico de geração distribuída com 2 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 96,44%, seguida pelo óleo diesel com 1,45%, o carvão com 0,76%, o óleo combustível com 0,63%, a biomassa com 0,61%, e o gás de alto forno com 0,10%. A distribuidora atuante no estado é a Centrais Elétricas do Pará (CELPA).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Rondônia

O estado de Rondônia tem 18 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 169 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema hídrico de geração distribuída com 800 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 92,45%, seguida pelo gás natural com 4,17%, o óleo diesel com 3,34%, a biomassa com 0,03%, e a solar com menos de 0,01%. A distribuidora atuante no estado é a Centrais Elétricas de Rondônia (CERON).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Roraima

O estado de Roraima não tem sistemas fotovoltaicos instalados. A fonte predominante em sua matriz elétrica é o óleo diesel com 96,28%, seguido pela hídrica com 1,90% e a biomassa com 1,90%. As distribuidoras atuantes no estado são a Boa Vista Energia (BOVESA) e a Companhia Energética de Roraima (CERR).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Tocantins

O estado de Tocantins tem 47 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 307 kW de capacidade instalada. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 96,61%, seguida pela biomassa com 3,03%, o óleo diesel com 0,35%, e a solar com 0,01%. A distribuidora atuante no estado é a Energisa Tocantins Distribuidora de Energia (ETO).

Existem outros 15 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 270.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

## Sudeste

### Espírito Santo

O estado do Espírito Santo tem 409 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 1.089 kW de capacidade instalada. A principal fonte em sua matriz elétrica é a hídrica com 45,27%, seguida pela biomassa com 12,51%, petróleo com 12,16%, o gás natural com 11,41%, o



óleo combustível com 9,43%, o calor de processo com 7,96%, o óleo diesel com 1,20% e a solar com 0,06%. As distribuidoras atuantes no estado são a Empresa Luz e Força Santa Maria (ELFSM) e a Espírito Santo Centrais Elétricas (EDP-ESCELSA).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Minas Gerais

O estado de Minas Gerais, o principal em capacidade instalada solar no Brasil hoje, tem 1.570 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 12.621 kW de capacidade instalada, além de 18 sistemas de biomassa de geração distribuída com 7.156 kW, e 2 sistemas hídricos de geração distribuída com 36 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 87,25%, seguida pela biomassa com 9,84%, o gás natural com 2,21%, o óleo diesel com 1,35%, óleo combustível com 0,86%, gás de alto forno com 0,74%, o calor de processo com 0,26%, petróleo com 0,21%, gás de refinaria com 0,16%, e a solar com 0,08%. As distribuidoras atuantes no estado são a CEMIG, DME Distribuição (DMED) e Energisa Minas Gerais (EMG).

Existem outros 19 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 569.880 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

### Rio de Janeiro

O estado do Rio de Janeiro tem 643 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 4.263 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema eólico de geração distribuída com 1 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é o gás natural com 50,16%, seguido pelo urânio (nuclear) com 24,05%, a hídrica com 13,09%, o petróleo com 5,92%, o óleo diesel com 1,56%, a biomassa com 0,56%, a eólica com 0,34%, gás de alto forno com 0,25%, e a solar com 0,05%. As distribuidoras atuantes no estado são a BOVESA, Energisa Nova Friburgo (ENF), Ampla Energia e Serviços (ENEL – Ampla) e Light Serviços de Eletricidade (LIGHT).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### São Paulo

O estado de São Paulo tem 1.369 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 8.009 kW de capacidade instalada, além de 4 sistemas eólicos de geração distribuída com 33 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é a hídrica com 56,96%, seguida pela biomassa com 30,82%, o gás natural com 5,33%, o óleo diesel com 3,34%, o óleo combustível com 1,59%, o gás

de refinaria com 1,05%, o petróleo com 0,49%, o gás de alto forno com 0,24%, o calor de processo com 0,13%, e a solar com 0,04%. As distribuidoras atuantes no estado são a Bandeirante Energia (BANDEIRANTE), CPFL Jaguari, CPFL Leste Paulista, CPFL Sul Paulista, CPFL Mococa, CPFL Santa Cruz, CPFL Paulista, CPFL Piratininga, Iguazu Energia (IENERGIA), Elektro Eletricidade e Serviços (ELEKTRO), Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo (ELETROPAULO), ENERGISA – antigas Caiuá, Companhia Nacional de Energia Elétrica (CNEE) e Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema (EDEVP) – CEMIG, Cooperativa de Eletrificação e Desenvolvimento da Região de Mogi Mirim (CEMIRIM) e Empresa Elétrica Bragantina (EEB).

Existem outros 10 projetos fotovoltaicos de geração centralizada com 275.000 kW de capacidade instalada em construção e/ou com construção não iniciada no estado.

## Sul

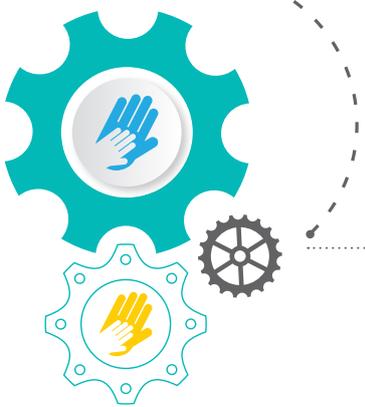
### Paraná

O estado do Paraná tem 664 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 3.978 kW de capacidade instalada, além de 3 sistemas eólicos de geração distribuída com 10 kW e outros 6 sistemas de biomassa de geração distribuída com 837 kW. A fonte predominante em sua matriz elétrica é a hídrica com 90,32%, seguida pela biomassa com 6,00%, o gás natural com 2,89%, o gás de refinaria com 0,30%, o óleo diesel com 0,28%, o carvão com 0,11%, o petróleo com 0,05%, a solar com 0,02% e a eólica com 0,01%. As distribuidoras atuantes no estado são a Companhia Campolarguense de Energia (COCEL), Companhia Força e Luz do Oeste (CFLO), Companhia Paranaense de Energia (COPEL) e Força e Luz Coronel Vivida (FORCEL).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Rio Grande do Sul

O estado do Rio Grande do Sul tem 766 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 6.365 kW de capacidade instalada, além de 4 sistemas eólicos de geração distribuída com 17,2 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é a hídrica com 57,83%, seguida pela eólica com 18,91%, o gás natural com 8,84%, o carvão com 8,73%, a biomassa com 3,05%, o óleo combustível com 1,00%, o óleo diesel com 0,83%, o petróleo com 0,73%, e a solar com menos de 0,06%. As distribuidoras atuantes no estado são a Muxfeldt Marin & Cia. (MUXENERGIA), RGE Sul Distribuidora de Energia (RGE SUL), Rio Grande Energia (RGE), Centrais Elétricas de Carazinho



(ELETROCAR), Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE), Departamento Municipal de Energia de Ijuí (DEMEI), Hidrelétrica Panambi (HIDROPAN) e Usina Hidrelétrica Nova Palma (UHENPAL).

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

### Santa Catarina

O estado de Santa Catarina tem 430 sistemas fotovoltaicos, entre geração centralizada e distribuída, somando 6.847 kW de capacidade instalada, além de 1 sistema eólico de geração distribuída com 2,4 kW, 3 sistemas hídricos de geração distribuída com 2.421 kW e 6 sistemas de biomassa de geração distribuída com 2.338 kW. A principal fonte em sua matriz elétrica é a hídrica com 67,11%, seguida pelo carvão com 20,67%, a eólica com 5,85%, a biomassa com 4,47%, o óleo diesel com 1,63%, e a solar com 0,17%. As distribuidoras atuantes no estado são a Celesc Distribuição (Celesc), Cooperativa Aliança (COOPERALIA), Cooperativa de Eletrificação de Braço do Norte, Cooperativa Fumacense de Eletricidade, Cooperativa Pioneira de Eletrificação, Cooperativa de Distribuição de Energia, Cooperativa de Eletricidade Jacinto Machado, Empresa Força e Luz Urussanga (EFLUL), Cooperativa de Prestação de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica Senador Esteves Júnior, Empresa Força e Luz João Cesa (EFLJC), COPEL e IENERGIA.

Não existem outros projetos fotovoltaicos de geração centralizada em construção no estado.

## 9. MAPA DE INSERÇÃO DO SEGMENTO FOTOVOLTAICO NA CADEIA DO SETOR ELÉTRICO

---





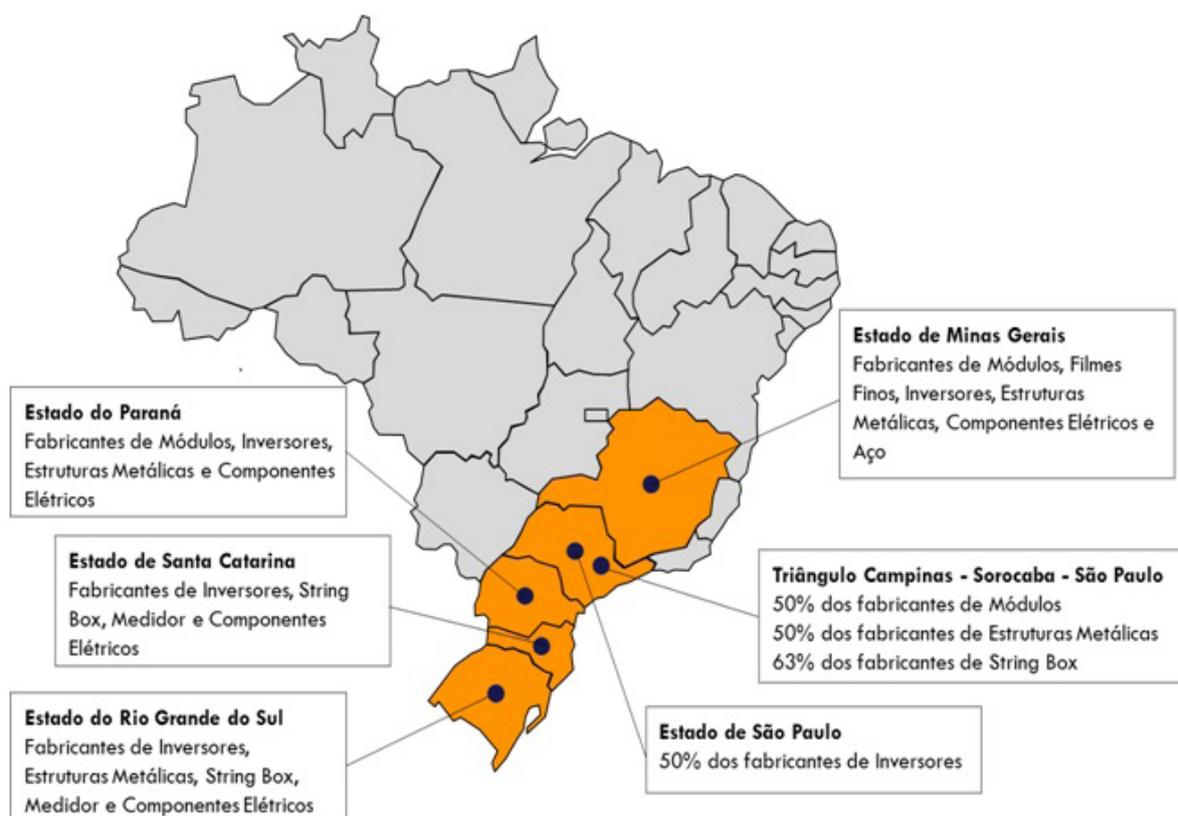
# Potenciais polos da cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica no Brasil

O recurso solar fotovoltaico, diferente de outras fontes de energia, está distribuído por todo o território nacional. Portanto, polos da cadeia produtiva desta fonte podem ser potencialmente desenvolvidos em qualquer região do país e, mesmo assim, estarem próximos dos projetos.

Além do fator recurso solar, concluiu-se que políticas públicas nos níveis federal, estadual e municipal têm um papel importante para fomentar e impulsionar o desenvolvimento de polos da cadeia produtiva no país. Outros fatores destacados por empresas já estabelecidas no Brasil entrevistadas pela CELA foram: disponibilidade de mão de obra; qualificação da mão de obra; infraestrutura (logística, energia elétrica, cadeia produtiva presente de outros segmentos relacionados à tecnologia); e sinergia com outras instalações da mesma empresa.

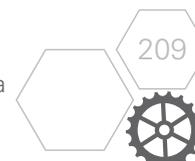
No mapa e tabela apresentados neste capítulo, foram consideradas áreas de concentração as regiões que abrigam mais de 50% dos fabricantes de um determinado equipamento e áreas que têm mais de 6 fabricantes instalados e/ou 3 tipos de equipamentos produzidos.

Figura 47. Concentração de empresas da cadeia produtiva solar fotovoltaica no Brasil\*



NOTA: \*NÃO APRESENTA LEVANTAMENTO EXAUSTIVO DE TODOS OS FABRICANTES LOCAIS.

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



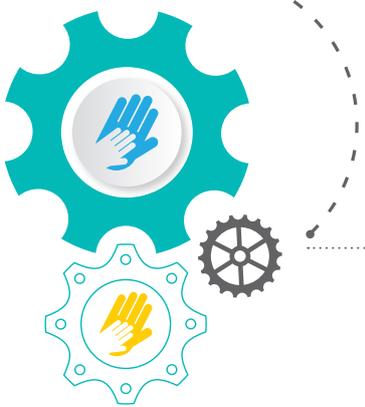


Tabela 90. Concentração de empresas da cadeia produtiva solar fotovoltaica no Brasil

Região	Concentração	Empresas	Cidades
<b>Triângulo Campinas- Sorocaba-São Paulo</b>	Fabricantes de Módulos Fotovoltaicos 50% de todos os fabricantes no Brasil	BYD, Canadian Solar, Globo, Premier e Tecnometal/DYA Solar	Campinas, Osasco, Sorocaba e Valinhos
<b>Estado de São Paulo</b>	Fabricantes de Inversores 50% de todos os fabricantes no Brasil	ABB, Friem, Ingeteam, Irizar/Jema, Sindustrial/Vacon e Yaskawa	Atibaia, Bauru, Botucatu, Campinas, Diadema e Sorocaba
<b>Triângulo Campinas- Sorocaba-São Paulo</b>	Fabricantes de Estruturas Metálicas/ Trackers 50% de todos os fabricantes no Brasil	Constálica, Flextronics/ NexTracker, NTC, Painitec, PHB, PLP, Politec, PVH e Solar Group	Araçariguama, Barueri, Cajamar, Embu das Artes, São Paulo e Sorocaba
<b>Triângulo Campinas- Sorocaba-São Paulo</b>	Fabricantes de String Box 63% de todos os fabricantes no Brasil	Friem, Globo, Painitec, PHB Solar e Sindustrial	Atibaia, Bauru, Botucatu, Embu das Artes, São Paulo e Valinhos
<b>Estado de Minas Gerais</b>	Fabricantes de Módulos, Filmes Finos, Inversores, Estruturas Metálicas, Componentes Elétricos e Aço	GE, Minasol, RBI Solar, Schak, Sunew e Vallourec	Araguaria, Belo Horizonte, Betim, Contagem e Extrema
<b>Estado do Paraná</b>	Fabricantes de Módulos, Inversores, Estruturas Metálicas e Componentes Elétricos	Balfar, Brafer/Clavijo, Ecosolys, Romagnole e Weingartner & Nunes	Araucária, Colombo, Curitiba, Mandaguari, Paranaíba e Pinhais
<b>Estado do Rio Grande do Sul</b>	Fabricantes de Inversores, Estruturas Metálicas, String Box, Medidor e Componentes Elétricos	DMS, Elo Sistemas, Elster, Incoterm, Serrana e Sonnem	Cachoeirinha, Caxias do Sul, Novo Hamburgo, Santa Maria, São Marcos, Sapucaia do Sul e Porto Alegre
<b>Estado de Santa Catarina</b>	Fabricantes de Inversores, String Box, Medidor e Componentes Elétricos	Erzeg/Gptech e WEG	Jaguará do Sul e Schroeder

NOTA: \*NÃO APRESENTA LEVANTAMENTO EXAUSTIVO DE TODOS OS FABRICANTES LOCAIS.

FONTE: WEBSITES E ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

## São Paulo e Minas Gerais

A região Sudeste do país abriga 275 MWac em projetos de geração centralizada vencedores dos leilões de energia elétrica (10 % do total), além de incluir os principais estados hoje na geração distribuída (Minas Gerais e São Paulo). Esta região já agrega uma parte importante da cadeia produtiva da energia eólica e solar fotovoltaica, especialmente o eixo tecnológico formado por São José dos Campos, Campinas, São Carlos e Sorocaba, no estado de São Paulo. Isto é devido à infraestrutura tecnológica e mão de obra qualificada existente na região, além de políticas públicas de incentivo, presentes nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

As principais fábricas de módulos fotovoltaicos em operação no Brasil estão localizadas neste polo. A fábrica da Canadian Solar/Flex, com capacidade de produção anual de 360 MWp, está situada em Sorocaba, onde a empresa já investiu R\$ 80 milhões e criou por volta de 600 empregos diretos e indiretos na cidade. Além disso, a cidade de Sorocaba sedia a fábrica de seguidores solares/trackers da NEXTracker, e a fábrica de estruturas metálicas da Forte Estruturas Metálicas, por exemplo, conforme levantamento realizado pela CELA no capítulo 7 deste estudo.

Figura 48. Foto fábrica de módulos fotovoltaicos da Canadian Solar em Sorocaba



FONTE: FLEX, 2017.

Sorocaba foi escolhida pela Canadian Solar e a Flex por já ser um dos maiores polos industriais do país – a cidade é hoje um dos principais produtores de pás eólicas no Brasil e tem mão de obra qualificada disponível com indústrias capacitadas e infraestrutura para atender às fábricas no curto prazo.

A fábrica de módulos fotovoltaicos da chinesa BYD com capacidade de produção de 200 MWp, está situada em Campinas, cidade onde a empresa investiu R\$ 150 milhões na instalação da linha de montagem de módulos, além de R\$ 100 milhões na instalação de uma fábrica de ônibus elétricos e, em breve, criará um centro de pesquisas. A BYD pretende investir R\$ 1 bilhão no Brasil até o final de 2017. As fábricas de módulos fotovoltaicos das brasileiras Tecnometal/DYA Solar e da Globo Brasil também estão situadas em Campinas. O presidente da BYD no Brasil, Tyler Li, destaca o papel da cidade de Campinas como centro de excelência e inovação para atração da BYD na região, próxima de boas universidades e centros de pesquisa do país.



Ainda no estado de São Paulo estão as fábricas de inversores fotovoltaicos da Sindustrial/Danfoss/Vacon, da Irizar/Jema, Friem, ABB, PHB Solar e Ingeteam; as fábricas de estruturas metálicas da Solar Group e da Politec, além das fábricas de seguidores solares da PVH Brasil, Ercam Trackers e PHB Solar, entre outras. Além de já sediar polos tecnológicos e industriais, outro do motivo para a instalação dessas fábricas no estado de São Paulo, conforme discutido no capítulo 3 deste estudo, é a isenção de ICMS concedida pelo estado para a produção de equipamentos destinados à geração de energia fotovoltaica, por exemplo.

Ainda na região Sudeste, o estado de Minas Gerais também oferece desoneração do ICMS de equipamentos para geração de energia fotovoltaica, bem como isenção do ICMS relativo ao fornecimento de energia elétrica fotovoltaica. O estado também elaborou política estadual de incentivo ao uso da energia solar fotovoltaica, e o “Programa Mineiro de Energia Renovável – Energias de Minas”, fornecendo incentivos fiscais na produção de peças e partes utilizadas na geração e comercialização de energia elétrica solar, desde que produzida e comercializada em Minas Gerais, bem como a isenção de ICMS na geração distribuída para o cliente cativo. A fábrica de filmes OPV da Sunew, por exemplo, está localizada em Belo Horizonte, assim como a fábrica de módulos fotovoltaicos da Minas Sol, a fábrica de inversores da GE e a fábrica de estruturas metálicas da RBI Solar.

Figura 49. Foto fábrica de seguidores solares da Nextracker em Sorocaba



FONTE: FLEX, 2017.

## Nordeste

Na região Nordeste, que apresenta os melhores recursos solares do país, o estado de Pernambuco, desde a realização do primeiro leilão exclusivo para a fonte solar fotovoltaica em 2013 tem criado iniciativas para atrair a cadeia produtiva do segmento. Os projetos vencedores do leilão estadual de Pernambuco são elegíveis aos benefícios fiscais oferecidos pelo estado de acordo com o decreto 42.034/15' (Pernambuco, 2015b). O decreto prevê que a alíquota do ICMS seja diferida para operações internas e importações de máquinas, aparelhos, equipamentos e estruturas metálicas destinados a integrar o ativo fixo do projeto solar. É importante ressaltar que o diferimento é somente parte do imposto referente ao estado de Pernambuco. Portanto, em operações de importação interestaduais

desses itens, o ICMS do estado de origem deve ser pago. Em Pernambuco está situada a fábrica de módulos fotovoltaicos da S4 Solar (em construção), a fábrica de baterias solares Acumuladores Moura e a fábrica de molduras da Ecolar.

Feira de Santana, na Bahia, também tem buscado se posicionar como polo da cadeia produtiva de energia solar fotovoltaica. Em dezembro de 2016, a prefeitura de Feira de Santana elaborou 17 novos objetivos e macrometas de crescimento sustentável com ações integradoras e estratégicas internacionais voltadas para atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). O resultado é um conjunto de políticas públicas multissetoriais traçadas e refinadas de acordo a Agenda 30 – estabelecida recentemente pela ONU – que tem como objetivo garantir o desenvolvimento sustentável e melhorar a condição de vida das pessoas nos próximos 14 anos.

Por fim, será implantado no Polo Industrial de Camaçari, um centro de pesquisa, desenvolvimento e inovação, denominado Climatec Industrial, pela Federação das Indústrias do Estado da Bahia (Fieb), com o objetivo de atrair novos investimentos para o estado. A ideia é de que o Climatec Industrial seja o primeiro centro multidisciplinar brasileiro capaz de dar suporte para a fabricação de protótipos e testes em escala, potencialmente desenvolvendo a cadeia produtiva solar fotovoltaica no Brasil (Valor Econômico, 2017).

## Sul

Na região Sul, estão situadas no Paraná as fábricas de seguidores solares da Clavijo, de estruturas metálicas e componentes elétricos da Romagnole, de inversores fotovoltaicos da Ecosolys e de medidores da Landis+Gyr. Em Santa Catarina, as fábricas de inversores, componentes elétricos, sistemas de monitoramento e string box da WEG, inversores e string box da Erzeg/Gptech.

## Demais Regiões

Na região Centro-Oeste, principalmente Mato Grosso do Sul e Tocantins, também têm se posicionado para atrair investimentos de empresas da cadeia produtiva solar fotovoltaica, conforme discutido no capítulo 4 deste relatório.



# Tendências tecnológicas da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica

A tecnologia fotovoltaica tem um histórico e também uma perspectiva de rápido desenvolvimento tecnológico, envolvendo não só o aumento da eficiência de conversão da fonte solar em energia elétrica, mas também a redução de custos da tecnologia, desenvolvimento de novos materiais semicondutores e aplicações, entre outros, fazendo dessa fonte a mais dinâmica em termos de avanço tecnológico nos últimos anos.

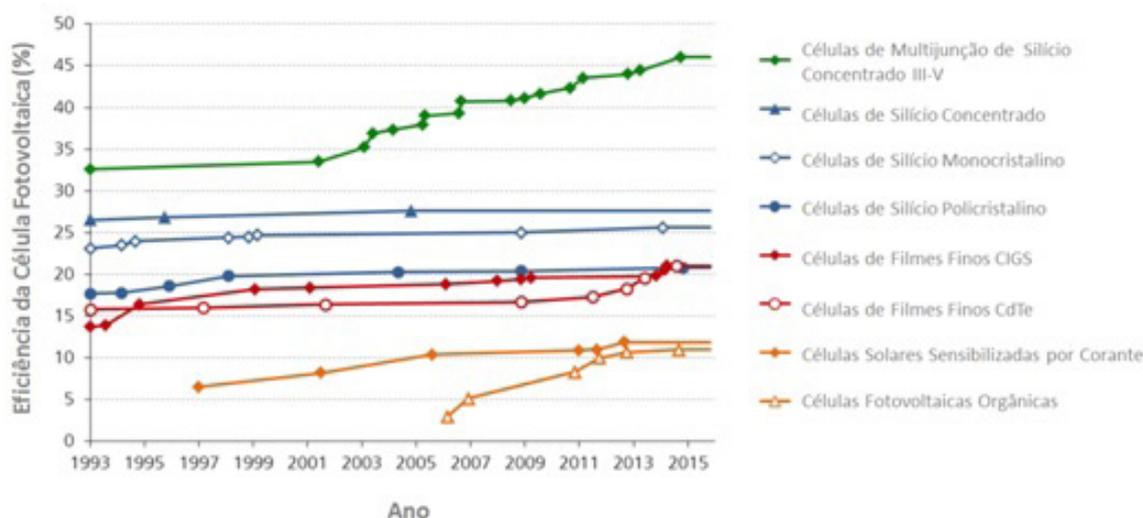
## 11.1 Células fotovoltaicas

O avanço na eficiência das células fotovoltaicas é crescente. O recorde de eficiência das células fotovoltaicas em escala comercial já superou 25,6% e o das células de alta eficiência multijunção em laboratório já supera 45%, conforme ilustrado no gráfico do Instituto Fraunhofer ISE abaixo, que mostra as eficiências de células fotovoltaicas de diferentes tecnologias e materiais, como silício, filmes finos e células orgânicas.

Além disso, o uso de materiais para células fotovoltaicas já foi reduzido significativamente durante os últimos 10 anos, proporcionando redução no custo dessas tecnologias. Nesse período, para a produção de células fotovoltaicas de silício, o uso de matérias nas células fotovoltaicas foi reduzido de 16 gramas por Wp para menos de 6 gramas por Wp, resultado de maiores eficiências e lâminas mais finas.

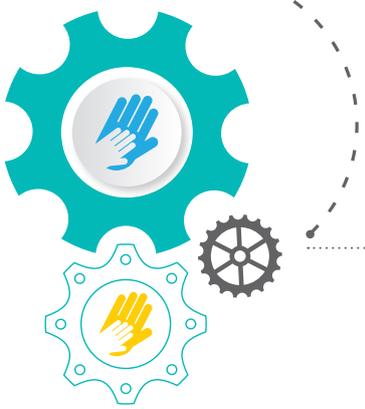
Esses recordes de eficiência, além do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias demonstram o grande potencial para novos aumentos de eficiência e redução de custo da tecnologia fotovoltaica.

Gráfico 24. Desenvolvimento de eficiência de células fotovoltaicas em laboratório



FONTE: FRAUNHOFER ISE INSTITUTE, 2016.



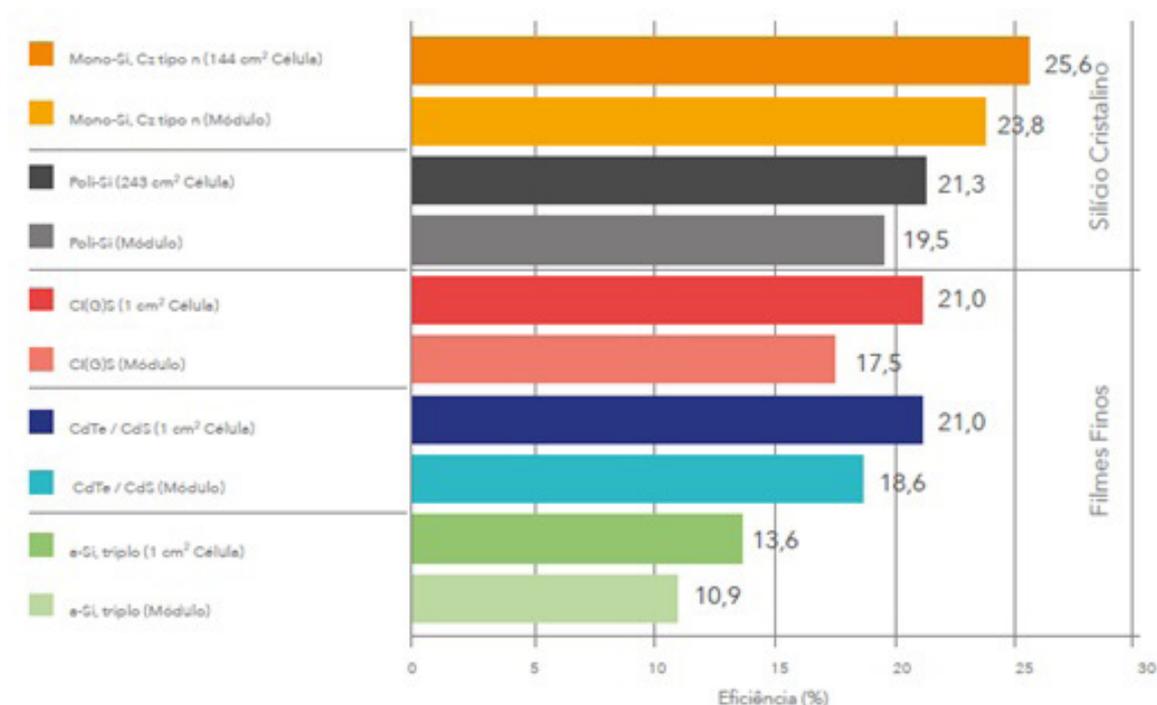


## 11.2 Módulos

O desenvolvimento tecnológico dos módulos também tem acompanhado o desenvolvimento das células fotovoltaicas. Esses desenvolvimentos são relacionados às tecnologias das células fotovoltaicas, mas também no design dos módulos sem si.

Só nos últimos 10 anos, a eficiência média de módulos fotovoltaicos de silício em escala comercial aumentou de 12% para 17% (e para 21% para módulos “supermonocristalino” em escala comercial), por exemplo, e 23% para módulos em laboratório (Fraunhofer ISE Institute, 2016).

Gráfico 25. Comparação das eficiências de diferentes tecnologias de módulos e células fotovoltaicas

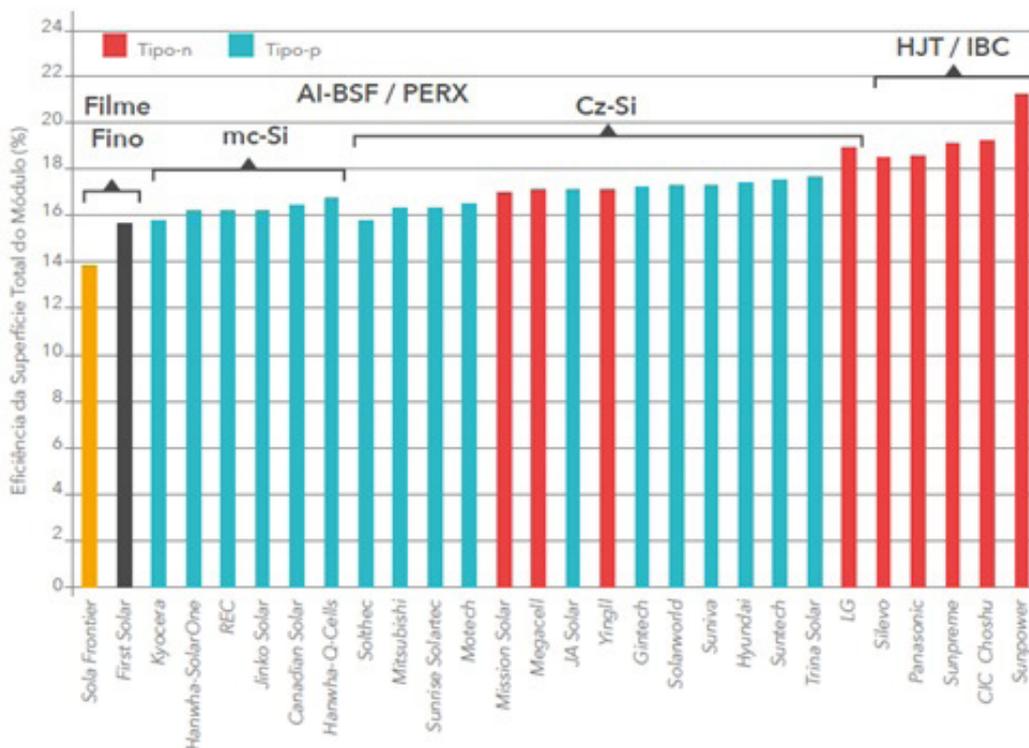


FORNTE: FRAUNHOFER ISE INSTITUTE, 2016.

As tecnologias de heterojunção ou Heterojunction Technologies (HJT) e de Interdigitated Back Contact Solar Cells (IBC) são as que atingiram as maiores eficiências de módulos em escala comercial até hoje com fabricantes, como a Sunpower, CIC Choshu, Sunpreme, Panasonic e Silevo na liderança.

Tecnologias de filmes finos também são tendência tecnológica, com ganhos expressivos de eficiência, além de sua versatilidade para diferentes usos e aplicações, conforme discutido no capítulo 1. Módulos que não utilizam molduras e backsheet, como as tecnologias vidro-vidro (do inglês dual glass ou double glass) têm se expandido no ramo fotovoltaico.

Gráfico 26. Eficiência de diferentes tecnologias em escala comercial de módulos fotovoltaicos



NOTA:

\* RANKEADO POR MATERIAL, CONCEITO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA E EFICIÊNCIA; CÉLULAS FOTOVOLTAICAS TIPO-N UTILIZAM EM SEU PROCESSO PRODUTIVO O ELEMENTO BORO; AS TIPO-P UTILIZAM O ELEMENTO FÓSFORO.

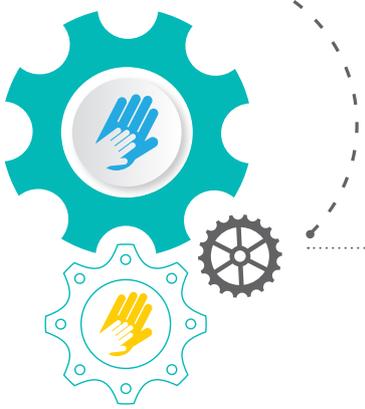
FONTE: FRAUNHOFER ISE INSTITUTE, 2016.

## 11.3 Inversores

Novas funcionalidades para estabilização da rede elétrica e otimização de autoconsumo para inversores são tendência tecnológica no segmento fotovoltaico. Unidades de armazenamento de energia elétrica incluídas no inversor e utilização de semicondutores inovadores (SiC ou GaN) também são tendências, proporcionando mais eficiência e design mais compacto para os inversores (Fraunhofer ISE Institute, 2016). Inversores híbridos são cada vez mais utilizados em conjunto com baterias para armazenar energia excedente. Esse tipo de sistema minimiza e até soluciona problemas relacionados com variabilidade da geração de energia elétrica.

Microinversores e otimizadores DC são cada vez mais comuns em instalações de geração distribuída no mundo, enquanto o uso de inversores string está diminuindo. Na Califórnia, essas tecnologias representarão mais de 70% das novas instalações em 2017 (Greentech Media, 2017a).





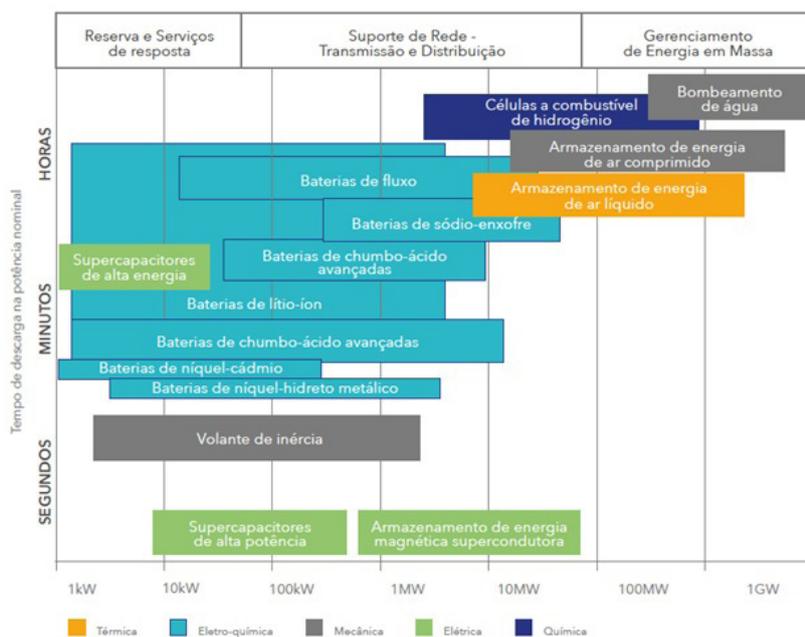
## 11.4. Sistemas de armazenamento/baterias

A utilização de sistemas de armazenamento, especialmente baterias, é uma tendência global e fortemente ligada ao segmento solar fotovoltaico. No segmento de geração centralizada, programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) na Europa e Estados Unidos têm sido o principal motor desse crescimento. No segmento de geração distribuída, a Alemanha, Havaí e o estado da Califórnia são hoje os principais mercados para baterias no mundo, e só devem alcançar volume em outros mercados no mundo em médio e longo prazo, devido ao alto custo atual dessas tecnologias. Mesmo assim, o custo das baterias está em forte queda, e a projeção é de metade do preço do valor atual seja atingido em 2020, com US\$ 220/kWh, e US\$ 160/kWh em 2025. Um dos motivos da recente queda do preço das baterias em nível global é a entrada em operação de diversas grandes fábricas em construção, inclusive a megafábrica da Tesla nos Estados Unidos e da LG na Ásia.

Alguns dados interessantes sobre o mercado global de armazenamento de energia:

- São mais de 1.600 projetos de armazenamento de energia no mundo, com 140 GW PSH de capacidade;
- Existem mais de 40 tecnologias de armazenamento, com maturidades diferentes;
- Existem aproximadamente 100 aplicações diferentes para armazenamento de energia elétrica em geração, transmissão, distribuição e diretamente no consumidor final.

Figura 50. Diversas tecnologias de armazenamento, classificadas pela potência, taxa de descarga e uso final



FONTE: RADCLIFFE, 2016. ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

O crescimento do mercado global de veículos elétricos tem levado à redução do custo das baterias de lítio-íon utilizadas nesses veículos. Esta é uma tendência que impactará o mercado de baterias para o segmento fotovoltaico também, uma vez que essa mesma tecnologia de lítio-íon é utilizada em baterias para sistemas fotovoltaicos. Ao mesmo tempo, as baterias desses carros serão utilizadas como baterias para sistemas fotovoltaicos, uma vez que uma casa, por exemplo, pode armazenar a energia elétrica gerada por seu sistema fotovoltaico na bateria de seu carro e utilizar essa mesma energia em sua casa, se e quando necessário, não só em seu veículo. Esta já é uma realidade na Alemanha e em alguns estados dos Estados Unidos, por exemplo.

Além disso, outras tecnologias de armazenamento tendem a ganhar espaço, especialmente devido a novas políticas que buscam responder à questão de “quais problemas o armazenamento de energia deve solucionar?”. A contratação de soluções de sistemas armazenamento de energia elétrica, por meio de leilões competitivos, por exemplo, tem resultado na contratação de tecnologias diversas de armazenamento.

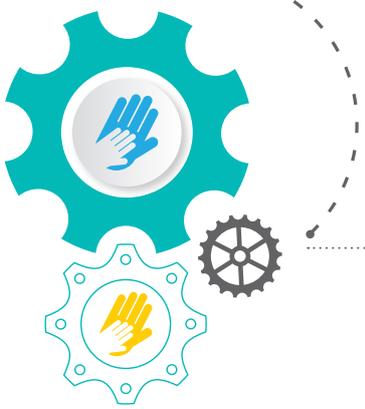
Políticas como sistemas de compensação de energia elétrica, reformas tarifárias, programas-piloto e incentivos a serviços prestados à rede elétrica são as que mais têm fomentado o crescimento da adoção de sistemas de armazenamento de energia elétrica no mundo.

### 11.5 Sistemas de monitoramento e operação e manutenção

Com a maturidade do segmento fotovoltaico no mundo, e a necessidade de fazer uma gestão eficiente das instalações fotovoltaicas, novas tecnologias de sistemas para operação e manutenção dos parques fotovoltaicos são tendência no mundo. Essas tecnologias permitem a proteção do valor dos ativos fotovoltaicos, os termos de garantia de novos projetos e o monitoramento da performance dos sistemas.

Essas tecnologias envolvem monitoramento remoto, coleta e análise de dados e transferência de mensuração de dados do site do projeto para centros de monitoramento e incluem:

- Sistemas de análise de energia fotovoltaica (do inglês, solar power analyzers) para garantir que o sistema FV está desempenhando adequadamente;
- Câmeras de imagem térmica para identificar módulos ou células fotovoltaicas ineficientes;
- Medidores I – V curve tracers para medir a performance da voltagem e corrente do módulo.



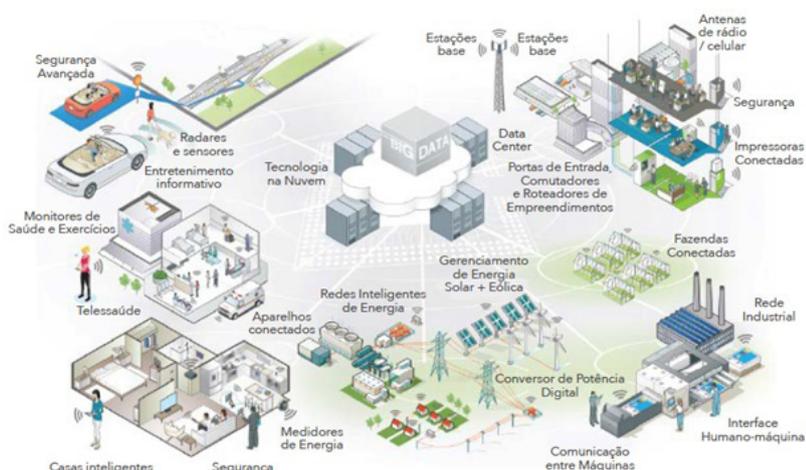
## 11.6 Sistemas e casas inteligentes

Sistemas inteligentes, ou smart grids, têm sido uma tendência crescente em nível global, especialmente devido ao crescimento exponencial da inserção da geração distribuída (especialmente solar fotovoltaica), mas também de outros recursos de energia distribuída, do inglês Distributed Energy Resources (DERs), como termostatos inteligentes, sistemas de armazenamento de energia, veículos elétricos conectados à rede, tecnologias de gestão de dados do sistema interligado, entre outras. Essas tecnologias permitem que o consumidor final se envolva mais em questões de energia elétrica (seu volume e perfil de consumo, participação de renováveis em seu consumo etc.) e, portanto, demandam novas tecnologias que permitam que o consumidor tenha maior controle sobre seu consumo de energia elétrica.

Como consequência, as novas preferências de consumidores estão incentivando concessionárias e agentes públicos a se adaptarem, à modernização das redes de energia elétrica, à instalação de medidores inteligentes, sensores e tecnologias de comunicação que permitem mais visibilidade sobre o funcionamento do sistema interligado.

Tecnologias que conectam “casas inteligentes” são outra tendência importante relevante para o segmento fotovoltaico. Exemplos dessas tecnologias incluem o Amazon Echo e o Google Home, utilizados para gerenciar a energia elétrica consumida por residências, inclusive e especialmente aquelas que têm sistemas fotovoltaicos instalados em seus telhados. Nesse contexto, o morador pode programar eletrodomésticos, como máquinas de lavar e secar roupas, para serem ligados no momento em que a geração de seu sistema fotovoltaico está produzindo energia elétrica ao máximo de sua capacidade e, portanto, otimizar a geração do sistema fotovoltaico.

Figura 51. Redes inteligentes – Possibilitando soluções conectadas à nuvem



FONTE: NXP, 2017.

## 11. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

---





# Tendências de mercado e análise das movimentações estratégicas de mercado

Neste capítulo, são mapeadas as tendências de mercado, do ponto de vista do segmento fotovoltaico global e brasileiro, e é feita uma análise das movimentações estratégicas atuais das empresas no Brasil.

## 12.1 Tendências de mercado

### Investimentos

A fonte fotovoltaica é a que mais cresce em potência e a que mais recebe investimentos no setor de energia elétrica no mundo, conforme discutido no capítulo 2 deste relatório. Só em 2016 foram investidos US\$ 116 bilhões em energia solar fotovoltaica globalmente.

Apesar dos investimentos totais em energia renovável terem caído no mundo em 2016, especialmente devido ao desaquecimento de mercados como a China e o Japão, outra causa importante foi a queda no preço por MW instalado das energias renováveis, que estão se tornando cada vez mais baratas (BNEF, 2017c). No entanto, a GTM Research estima que as instalações globais fotovoltaicas retomem seu crescimento, crescendo a uma taxa média de 8% nos próximos 5 anos, atingindo 109 GW em instalações anuais até 2021 (Greentech Media, 2017a).

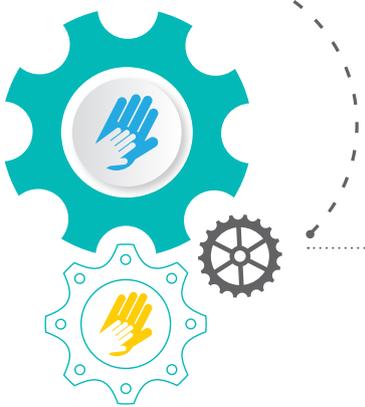
No Brasil, conforme discutido no capítulo 2 deste relatório, os investimentos em energia solar fotovoltaica irão crescer dos R\$ 2,53 bilhões investidos em 2016 para R\$ 4,1 bilhões em 2017, puxados pela construção dos projetos vencedores dos leilões solares e pelas crescentes novas instalações de geração distribuída.

Essa adoção cada vez maior da energia solar fotovoltaica no Brasil já está em curso e continuará sendo uma tendência, pois a energia solar fotovoltaica está cada vez mais competitiva, e o país passa por dificuldades no setor elétrico, como o aumento no custo da produção e preço da energia elétrica para os consumidores finais – houve aumento de 65% no preço da energia elétrica entre 2013 e 2016, de acordo com o Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica (SAMP) da ANEEL (2017). A ANEEL estima que o aumento tarifário será entre 8% e 9% em 2017 (G1 Economia, 2017), impactando negativamente a competitividade da indústria brasileira.

Esses aumentos nas tarifas elétricas para o consumidor final, além da redução do custo da energia fotovoltaica, a ser discutida a seguir, tornou a energia solar, especialmente a micro e minigeração FV financeiramente viável na maioria dos estados brasileiros. De acordo com a EPE, em dezembro de 2016, a energia solar fotovoltaica proveniente da micro e minigeração atingiu a paridade tarifária em 44 distribuidoras, o que representa 75% dos consumidores brasileiros de baixa tensão.

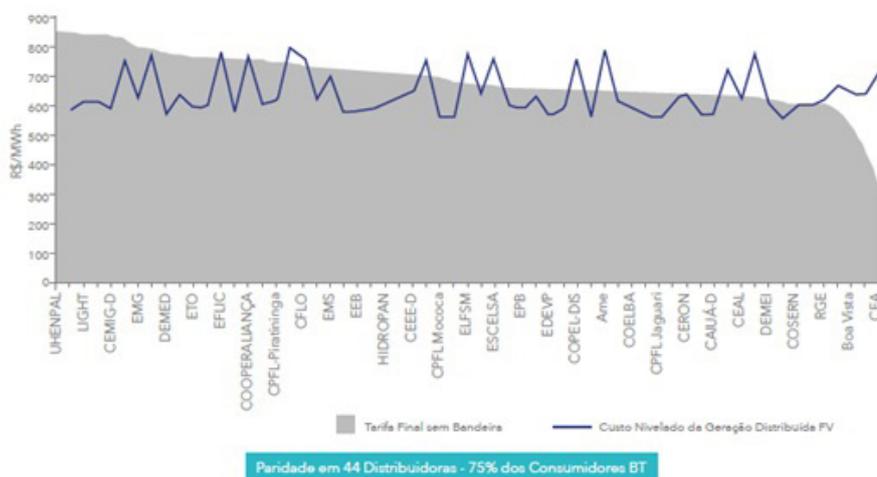
### Redução do preço e aumento da competitividade da energia solar fotovoltaica

O custo da energia solar fotovoltaica tem caído fortemente no mundo – caiu mais de 80% entre 2009 e 2016, e continuará caindo em médio e longo prazo (LAZARD, 2016).



A curva de experiência da energia solar fotovoltaica mostra que toda vez que a capacidade da cadeia produtiva de módulos fotovoltaicos dobrou, o preço do módulo caiu 23%. Este tem sido o histórico globalmente nos últimos 35 anos e espera-se que a tendência continue em médio e longo prazo.

Gráfico 27. Tarifa de eletricidade versus custo da geração solar distribuída – Paridade tarifária



NOTA: CÁLCULO PARA DEZEMBRO DE 2016  
 FONTE: EPE, 2016a.

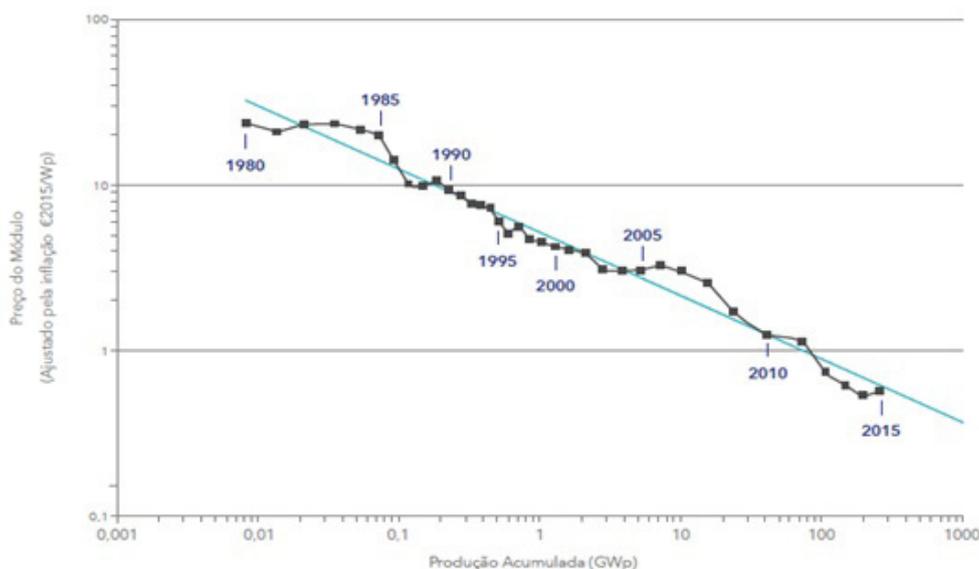
A métrica mais importante para considerar os custos fotovoltaicos é o preço por Watt pico dos módulos fotovoltaicos. O preço dos módulos caiu de aproximadamente US\$ 100 por Wp na década de 1980 para US\$ 9/Wp em 1998. Entre 2004 e 2008, seu preço global permaneceu relativamente fixo entre US\$ 3,50 – 4,00/Wp, apesar dos contínuos avanços tecnológicos e de escala para redução de custos. Isso se deve em grande parte aos programas de incentivos oferecidos a projetos fotovoltaicos na Alemanha, Espanha e Itália nesse período, em paralelo com a falta de silício policristalino que restringiu a produção e inibiu a competição efetiva de preços.

Como resultado de uma necessidade de competir por preços, fabricantes de módulos abriram mão de suas margens e os preços caíram rapidamente de US\$ 4/Wp em 2008 para US\$ 2/Wp em 2009. A habilidade dos fabricantes derrubarem seus preços em 50% e mesmo assim ter uma margem operacional positiva foi devido a reduções dos custos atingidos durante os quatro anos anteriores, condicionados por escala e avanços em processos produtivos de lâminas de silício, células fotovoltaicas e módulos, além de melhores desempenhos resultantes de melhores eficiências de células fotovoltaicas e menores perdas de conversão elétrica.

Pela primeira vez, em 2012, os preços dos módulos fotovoltaicos caíram abaixo de US\$ 1/Wp, de acordo com a Bloomberg e, em 2017, atingiram níveis de US\$ 0,30/Wp, de acordo com a PVInsights (2017). Além disso, avanços tecnológicos, melhorias nos processos e mudanças na estrutura da indústria sugerem que mais reduções nos preços são esperadas nos próximos anos. De acordo com a Bloomberg, espera-se que até 2040, os custos da energia solar fotovoltaica cairão 60% (BNEF, 2016d).

Como resultado, em 2016, por exemplo, o governo de Abu Dhabi anunciou um projeto fotovoltaico de 350 MW viabilizado com venda de energia elétrica ao preço de US\$ 24/MWh. Parte do projeto já está operacional. Financiamento a custo competitivo, recurso solar excepcional, economias de escala e redução contínua nos custos da tecnologia fotovoltaica já estão possibilitando a rápida queda no custo da energia solar fotovoltaica.

Gráfico 28. Curva de experiência da energia solar fotovoltaica



NOTA: LINHA AZUL REPRESENTA A TENDÊNCIA.

FONTE: FRAUNHOFER ISE INSTITUTE, 2016.

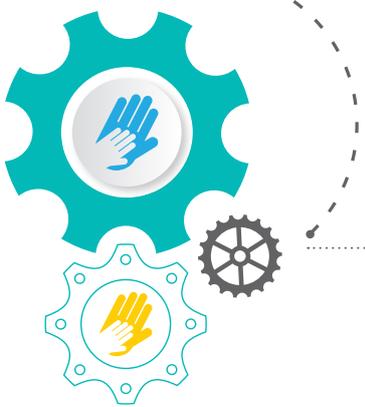
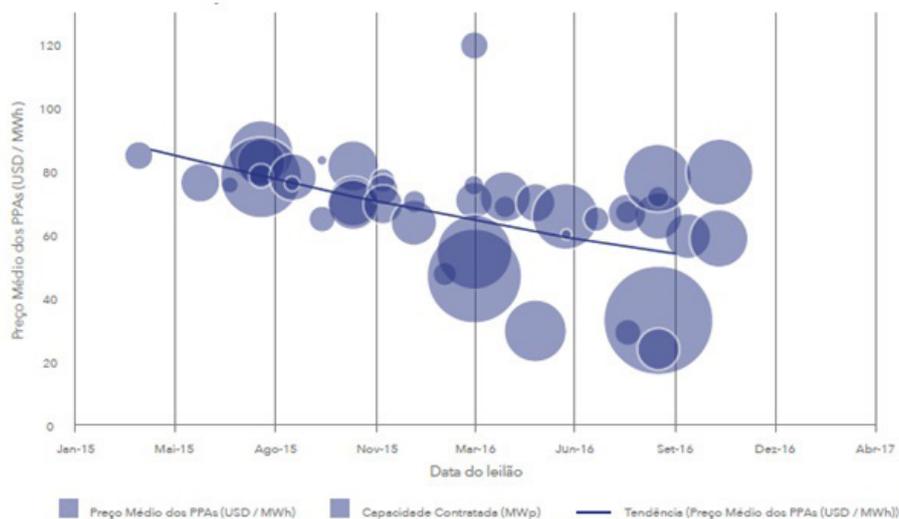


Gráfico 29. Queda no preço de venda da energia solar em leilões no mundo, 2015-2016



FONTE: GREENTECH MEDIA, 2017a.

Com a redução dos preços e maior competitividade da geração fotovoltaica, a dinâmica de mercado tem mudado, e mais mercados estão se abrindo para a energia solar fotovoltaica, inclusive o Brasil. Especialmente mercados em que a energia solar fotovoltaica é mais competitiva. No Brasil, o investimento médio do CAPEX, dos projetos vencedores do leilão de Pernambuco, foi de R\$ 4,25 milhões por MWp instalado em 2014, conforme reportado pelos empreendedores. O CAPEX médio dos projetos vencedores do LER 2014 foi de R\$ 3,90 milhões por MWp instalado, conforme reportado pelos empreendedores ao Ministério de Minas e Energia e publicados pela CCEE. Já o CAPEX médio dos projetos vencedores do 1º LER 2015 foi de R\$ 4,12 milhões por MWp de potência em 2015, conforme reportado pelos empreendedores. E, finalmente, o CAPEX médio dos projetos vencedores do 2º LER 2015 foi de R\$ 3,96 milhões por MWp instalado em 2015, conforme reportado pelos empreendedores.

Apesar do investimento médio declarado dos projetos não ter caído tanto (o que pode ser parcialmente justificado pela regra de recadastramento dos projetos nos leilões, assim como pela variação da taxa de câmbio) ao passar dos leilões, o preço de venda da energia elétrica em dólares caiu significativamente. O leilão de Pernambuco teve preço médio de US\$ 103/MWh, o LER 2014 de US\$ 87/MWh, o 1º LER 2015 de US\$ 84/MWh e, por fim, o 2º LER 2015 de US\$ 78, considerando a taxa de câmbio da data de realização de cada leilão.

Portanto, a redução do custo da energia solar fotovoltaica é uma tendência global, que seguirá, inclusive em longo prazo, não só para geração centralizada, mas também para geração distribuída. Dessa forma, tornando a energia solar fotovoltaica uma das principais fontes de energia elétrica globalmente, além de uma das mais competitivas no Brasil e no mundo.

### Produtos

#### GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

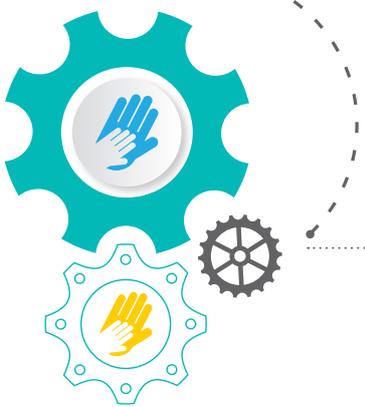
A partir de 2017, revertendo a tendência anterior de locação como produto preponderante, a tendência nos Estados Unidos passa a ser a de compra de sistemas fotovoltaicos por clientes finais. A venda de sistemas fotovoltaicos como produto ao cliente final deverá atingir 55% de participação de mercado já em 2017 (Greentech Media, 2017a). Essa mudança de tendência é reflexo do aumento das fontes de financiamento para o cliente final, a custo competitivo, para aquisição de sistemas fotovoltaicos, além de maior conhecimento e aceitação da tecnologia pelo consumidor.

No Brasil, por outro lado, a tendência para massificação da energia solar fotovoltaica ainda é a adoção de produtos financiados pela empresa que oferece o sistema solar (locação, leasing financeiro, venda parcelada etc.), que foi a tendência nos Estados Unidos entre 2010 e 2015. Isso porque não existem fontes de financiamento competitivas em custo e de fácil acesso para o cliente final no Brasil, o que pode vir a acontecer mais em médio ou longo prazo no país.

Outra tendência global são as comunidades solares (community solar), modelo que apresenta oportunidades para as concessionárias de distribuição de energia elétrica e as empresas solares. Comunidades solares fornecem energia solar e/ou remuneração por energia solar a múltiplos membros de uma comunidade. Esses projetos de comunidades solares podem ser oferecidos pelas concessionárias a seus clientes, que arcam com os custos do programa; ou por empresas solares que oferecem essa solução a seus clientes com um desconto sobre a tarifa elétrica vigente e a concessionária remunera as empresas solares pela tarifa cheia ou algo próximo a ela, quando existem políticas que permitem essas práticas (Greentech Media, 2016a).

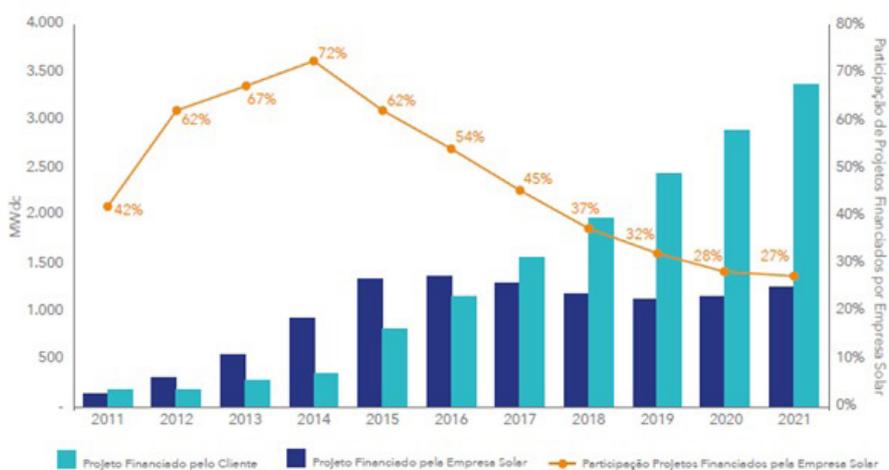
Aqui no Brasil, a tendência de proliferação de pequenos e médios instaladores/integradores solares é evidente – hoje já existem mais de 1.000 empresas instaladoras e integradoras de sistemas fotovoltaicos para menos de 7.500 instalações. Essa tendência deve se manter em curto e médio prazo, dada a baixa barreira de entrada nessa atividade da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica. Uma consequência dessa proliferação de integradores solares é uma grande concorrência da oferta de sistemas fotovoltaicos para clientes finais que, por sua vez, poderá levar à consolidação de alguns integradores de qualidade e sucesso e à descontinuidade dos menos competitivos.

Nos Estados Unidos, no entanto, a tendência desde 2016 é um movimento contrário à consolidação dos integradores solares, com a proliferação de pequenos integradores (pequenos negócios). Esse movimento tem sido impulsionado pela queda nos preços da tecnologia fotovoltaica e, principalmente, pela maior acessibilidade pelo consumidor final a fontes de financiamento competitivas para estes projetos.



Além disso, outra tendência no Brasil é a importância cada vez maior dos distribuidores de equipamentos e kits solares, que com sua escala proporcionam poder de barganha às compras desses equipamentos, viabilizando importações a custos competitivos. Pequenos negócios devem cada vez mais comprar diretamente dos distribuidores em vez dos produtores de equipamentos.

Gráfico 30. Modalidade das novas instalações fotovoltaicas residenciais nos Estados Unidos



FORNTE: GREENTECH MEDIA, 2016e.

## Regulamentação

### GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

As principais movimentações regulatórias relacionadas à geração solar distribuída e que a viabilizam no mundo são referentes a sistemas de compensação de energia elétrica, que compensam consumidores fotovoltaicos que exportam energia solar à rede elétrica, conforme discutido no capítulo 3 deste relatório. No mundo, mais de 50 países já adotam alguma política de net metering para geração solar distribuída (REN 21, 2016). E a tendência é que mais países adotem políticas relacionadas para viabilizar a geração distribuída.

Nos Estados Unidos, só em 2016, houve 73 ações de discussão do sistema de compensação de energia elétrica em 28 estados norte-americanos (foram 42 ações em 27 estados no ano anterior) (Greentech Media, 2017b). Alguns estados norte-americanos, a minoria, estão banindo ou tentando banir o sistema devido a pressões de concessionárias distribuidoras de energia elétrica que veem esse mercado como uma ameaça a seus negócios. Por outro lado, muitos estados estão considerando alternativas ao sistema de compensação de energia elétrica de forma a conciliar tanto o interesse da indústria solar fotovoltaica quanto das distribuidoras.

Algumas dessas alternativas incluem:

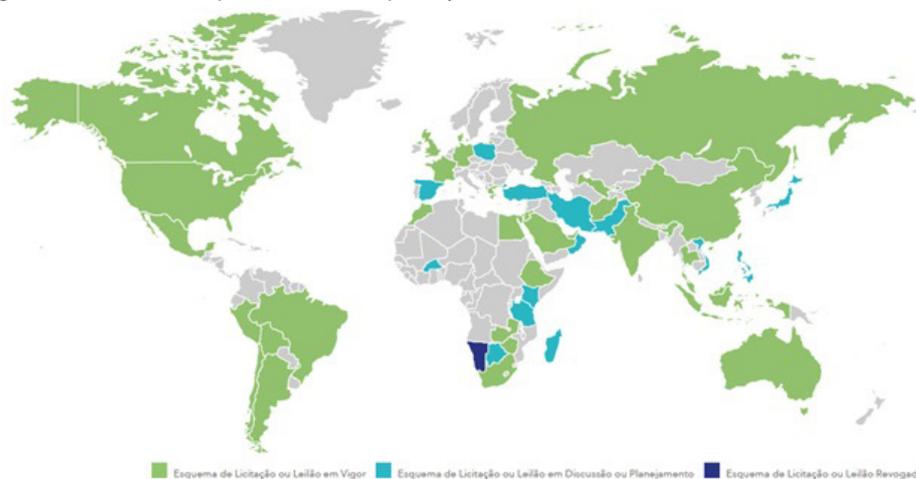
- Valoração da energia solar distribuída: definir metodologia para valorar o preço da energia solar distribuída exportada por consumidores à rede elétrica;
- Taxa fixa mínima a ser paga por consumidores residenciais às concessionárias;
- Implementação de tarifas elétricas dinâmicas, variando com a hora de seu uso, entre outras.

No Brasil, a atual regulamentação do sistema de compensação de energia elétrica tem possibilitado que cada vez mais estados adotem a energia solar distribuída. A tendência é que, pelo menos até o final de 2019, quando a atual política pode ser revisada pela ANEEL, ela será um dos principais motores de crescimento da geração distribuída no país. A partir de então, a importância da queda no custo da tecnologia fotovoltaica será a força predominante no crescimento da adoção da fonte no Brasil.

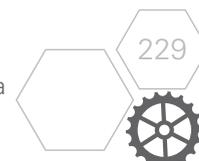
### GERAÇÃO CENTRALIZADA

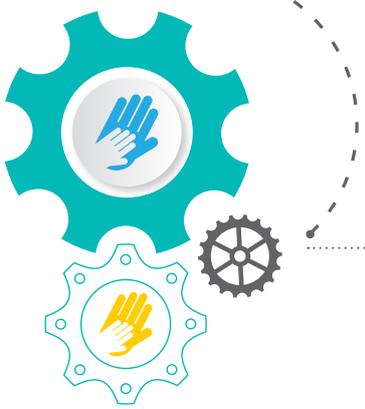
Leilões solares no estilo conduzido pelo Brasil são tendências no mundo e continuam a proliferar globalmente. Hoje 33 países já conduzem leilões solares e outros 14 estão planejando implementá-los. De acordo com a GTM Research, leilões continuarão a ser o padrão de contratação de energia solar fotovoltaica globalmente, pressionando cada vez mais pela redução dos preços de energia elétrica da fonte solar (Greentech Media, 2017a).

Figura 52. Mercados que utilizam ou planejam utilizar leilões solares, 2017



FONTE: GREENTECH MEDIA, 2017a.





No Brasil, conforme já discutido neste relatório, leilões regulares devem também continuar a ser a tendência para projetos fotovoltaicos centralizados. Apesar de os dois leilões previstos para 2016 terem sido cancelados, o país tem a cultura e estrutura regulatória de contratação de energia via leilões. Já em janeiro de 2017 o MME anunciou que realizará leilões de reserva para energia solar fotovoltaica em 2017, e o país tende a retomar a regularidade de contratações anuais de projetos fotovoltaicos por meio desses leilões.

## Financiamento

### GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Enquanto nos Estados Unidos a tendência é o financiamento ao consumidor final de energia elétrica, de varejo, tornando-se cada vez mais competitivo, no Brasil, as taxas de juros para o consumidor final continuam proibitivas, da ordem de 2% a.m. Por outro lado, conforme explorado no capítulo 4 deste relatório, a grande novidade no Brasil foi a aprovação recebida pelo BNB no início de 2017 para financiar a figura dos locadores de sistemas solares fotovoltaicos. Essa aprovação deve desencadear um crescimento relevante nos volumes de financiamento para o segmento solar nos próximos anos e, conseqüentemente, aumentar o número de novas instalações viabilizadas na região de atuação da SUDENE.

Outra tendência importante em financiamento para os próximos anos é a própria empresa que vende o sistema solar vendê-los em prestações sem juros ou a juros abaixo dos cobrados por instituições financeiras privadas. Esse é um modelo de financiamento similar ao usado pelo setor de comércio de bens de consumo duráveis no varejo. Essa estratégia surge para ganhar participação de mercado dos financiamentos concedidos por instituições financeiras privadas aos consumidores finais pessoa física e pessoa jurídica de pequeno e médio porte.

Por fim, vale destacar a possibilidade de o consumidor final pessoa jurídica financiar-se diretamente via a linha FINAME ou pelo cartão BNDES, ou seja, adquirir diretamente seu sistema fotovoltaico de um distribuidor de equipamentos ou integrador credenciado no BNDES com código FINAME. No entanto, enquanto vigorar a regra atual do PNP do BNDES, essa estratégia não ganhará relevância.

### GERAÇÃO CENTRALIZADA

Uma tendência relativamente recente no campo de financiamento de projetos solares centralizados no mundo são os Green Bonds, que são títulos de crédito para distribuição pública, cujos recursos são aplicados a projetos com benefícios ambientais, certificados segundo critérios de empresas como a Green Bond Principles ou a Climate Bonds Standard. Desde sua criação em 2007, já foram emitidos US\$ 95,6 bilhões em títulos, dos quais 65% alocados a projetos de energia renovável (EY, 2016).

No Brasil, o título de crédito similar ao Green Bond é a Debênture de Infraestrutura. No entanto, até então não houve nenhuma emissão para projetos do segmento solar. Mas as Green Bonds devem ser tendência para grandes empresas via corporate finance, conforme recente emissão da CPFL Renováveis.

Por outro lado, relativo ao PNP do BNDES, vale destacar a tendência de que a regra vigente seja aperfeiçoada em curto prazo. O BNDES tem sido muito receptivo a propostas do segmento solar e está trabalhando em melhorias na regra de forma a incentivar novos investimentos por parte dos produtores de energia elétrica, mas também de diversas atividades de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica.

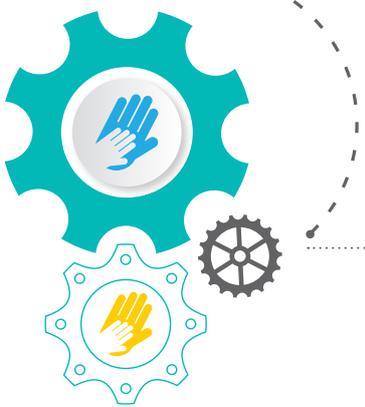
Tal aperfeiçoamento, se efetivamente ocorrer, pode gerar um efeito em cadeia relevante de fomento a novos investimentos no segmento, tanto em geração centralizada quanto distribuída. Vale recordar que a linha FNE Verde, operada pelo BNB, também requer código FINAME para projetos de geração centralizada (faturamento anual acima de R\$ 16 milhões por ano). Logo, uma eventual melhoria na regra do PNP também viabilizaria financiamentos a partir de recursos do FNE, cujas taxas e prazos são bastante competitivas.

### Difusão e conhecimento da energia solar fotovoltaica pelo cliente final

Apesar de a tecnologia fotovoltaica ser madura, com mais de 50 anos de desenvolvimento, e fornecedores oferecerem garantia sobre a capacidade de geração mínima dos módulos por até 20 anos – muito acima da maioria dos produtos no mundo – a tecnologia ainda é relativamente pouco conhecida no Brasil.

Os primeiros projetos fotovoltaicos para o consumidor final começaram a ser construídos no país em 2012, mas somente em 2016 foi iniciada sua adoção em escala maior – atingindo 7.500 instalações no país no final de 2016. Com isso, a tecnologia fotovoltaica torna-se, aos poucos, mais conhecida e mais familiar para o consumidor final no país – clientes residenciais, mas também comerciais e industriais – que passam a reconhecer os benefícios da tecnologia, entendem melhor seus riscos, e, portanto, sentem-se mais confortáveis em adotar essa fonte já adotada em massa no mundo. A difusão desse conhecimento é uma tendência que alavancará a disseminação de cada vez mais projetos no país.

Além do consumidor final, à medida que mais projetos são construídos, financiados e operados, todos os stakeholders envolvidos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica tornam-se mais familiarizados com a tecnologia: desde bancos e instituições financiadoras, até agentes regulatórios. Portanto, tornando a tecnologia mais difundida e viável no país.



## Investimento no mercado de geração distribuída pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica (utilities)

Nos Estados Unidos e na Europa, as utilities já investiram mais de US\$ 2,9 bilhões em 130 empresas de geração distribuída desde 2010, dos quais US\$ 1 bilhão foi investido só em 2016. Foram aquisições ou investimentos realizados por 42 utilities, em que 10 destas fizeram pelo menos cinco investimentos no segmento. Do total de investimentos realizados, US\$ 297 milhões foram investimentos ou aquisições no segmento de geração solar distribuída (Greentech Media, 2017c). Essa é uma tendência recente e que está em ascensão no mundo, inclusive no Brasil, conforme discutido na seção de movimentações estratégicas adiante.

## Adoção da energia solar fotovoltaica por grandes consumidores de energia elétrica

Uma pesquisa realizada pela Advanced Energy Economy (AEE) em dezembro de 2016 apontou que 71 das empresas Fortune 100 têm metas de energia renovável, um aumento de 60% em dois anos. Das empresas Fortune 500, a AEE aponta que 22 já se comprometeram com uma meta de utilização de 100% de energia elétrica renovável para todas as suas operações. E um total de 83 empresas no mundo já se comprometeram em atingir 100% de energia elétrica renovável com a iniciativa RE 100 (AEE, 2016).

Grandes marcas e grandes consumidores de energia elétrica como a Apple, Google, Facebook e Amazon já se comprometeram com a meta de utilizar 100% de energia elétrica renovável, especialmente energia solar fotovoltaica. O Google anunciou que atingirá essa meta em 2017.

Esta é uma tendência que terá consequências importantes para a cadeia solar fotovoltaica no mundo todo, já que representa uma nova fonte de demanda para o segmento, além de essas grandes empresas influenciarem outras grandes e pequenas marcas e empresas.

Essa adoção da energia solar fotovoltaica pelas empresas pode ser feita de diferentes formas no Brasil. Ou por meio da instalação de projetos de geração distribuída para consumo próprio, usando os diferentes modelos de negócio previstos na REN 687 (e essa instalação e seu investimento pode ser realizado pela própria empresa ou por empresa solar especializada); ou a empresa pode comprar participação (de até 100%) ou até mesmo desenvolver um projeto fotovoltaico de geração centralizada. Outra opção é a empresa (caso esteja no mercado livre) comprar energia fotovoltaica de um produtor independente, por meio de contrato de compra-venda de energia de longo, médio ou curto prazo.

No Brasil, mais de 4.050 instalações de geração solar distribuída em empresas e indústrias foram construídas até o final de 2016 para atender parte de seu consumo de energia elétrica. A procura por certificados de energia renovável (RECs) também disparou em 2016, e de acordo com o Instituto

Totum, em um ano, a demanda passou de 13,4 mil para 107,5 mil certificados. A expectativa do Totum é de que até o fim de 2017 o mercado brasileiro movimente cerca de 1 milhão de RECs (Canal Energia, 2017). Os certificados de energia renovável são certificados que comprovam que um empreendimento cumpre todas as exigências do programa certificador. Eles apresentam uma oportunidade para a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica brasileira, especialmente aos empreendimentos geradores de energia renovável, incluindo a valorização dos contratos de venda de energia em função do trabalho socioambiental certificado; a possibilidade da comercialização do certificado de energia renovável com as comercializadoras de energia e com o mercado consumidor final; e o reconhecimento dos esforços da empresa geradora de energia renovável na promoção de energia de baixo impacto ambiental.

De qualquer forma, políticas para facilitar ou possibilitar a transição desses consumidores para renováveis serão fundamentais.

### Expansão da indústria de equipamentos local

A previsão de uma nova política com flexibilização de índice de nacionalização anunciada para a indústria fotovoltaica pelo BNDES deve favorecer a expansão e consolidação da cadeia produtiva fotovoltaica nacional. Conforme discutido anteriormente nos capítulos de “Mapeamento”, diversas empresas já têm fábricas de equipamentos fotovoltaicos em operação no país, e outras devem anunciar suas fábricas ainda este ano para atender uma capacidade de montagem anual de 1.200 MWp a 1.600 MWp.

A formação de uma cadeia produtiva fotovoltaica nacional, por sua vez, gera mais clareza dos custos dos projetos em real, e gerará redução no preço desses equipamentos comercializados no país, devido ao aumento de escala e curva de aprendizado para a cadeia no Brasil.

A montagem de módulos fotovoltaicos já é feita no Brasil. Componentes elétricos e estruturas metálicas também. Inversores são componentes opcionais para projetos que entrem em operação até 31/12/2017, de acordo com a regra de conteúdo local do BNDES, mas alguns fabricantes já estão presentes ou se posicionando para fornecer produto local. Já a fabricação de células passa a ser obrigatória a partir de 2020, de acordo com a regra de conteúdo local do BNDES vigente em dezembro de 2016. Processos desde a produção do silício grau solar até a célula fotovoltaica ainda são mais incertos, uma vez que não são requeridos pelo BNDES. O beneficiamento de silício é um processo extremamente intensivo em energia elétrica, e a China é o produtor com o menor custo no mundo todo. O tema das potencialidades e dos cenários de desenvolvimento da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil serão discutidos com mais detalhes nos capítulos 13 e 14 deste relatório.



## 12.2 Análise das movimentações estratégicas de mercado

As movimentações estratégicas de mercado analisadas nesta seção incluem as principais estratégias das empresas atualmente presentes no segmento de energia solar fotovoltaica no Brasil.

### Geração distribuída

#### MODELOS DE NEGÓCIO

Cada vez mais empresas atuantes no segmento de geração solar distribuída estão buscando oferecer soluções fotovoltaicas mais sofisticadas a seus clientes. Em termos de modelo de negócio, a REN 687 trouxe novidades, como o autoconsumo remoto e a geração compartilhada. O autoconsumo remoto, em que o consumidor pode gerar energia elétrica em uma unidade e compensar em outro local/unidade do mesmo titular ou grupo econômico (mesmo CPF ou mesmo CNJP raiz), tem se tornado um nicho atraente. Essa modalidade viabiliza mais projetos, uma vez que o sistema fotovoltaico abastecerá o consumo de energia elétrica de mais de uma unidade consumidora. Para clientes residenciais, um consumidor com mais de uma residência ou estabelecimento, pode compensar a energia elétrica em mais de uma de suas propriedades. Para clientes comerciais e industriais, especialmente redes de varejo comercial e de serviços, essa solução tem encontrado grande interesse.

Um exemplo de projeto emblemático inaugurado no final de 2016 é o projeto “Condomínio Solar” de 1.060 kWp da ENEL Soluções em Tabuleiro do Norte, Ceará, para a Farmácias Pague Menos, cliente da ENEL, que compensa a energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico em 40 de suas lojas no estado do Ceará. Apesar de ter sido batizado de “Condomínio Solar”, o projeto foi estruturado sobre o modelo de negócio de autoconsumo remoto.

Outro exemplo importante é a primeira cooperativa de energia renovável do Pará, que entrou em operação em agosto de 2016, no município de Paragominas. A microssina de energia solar fotovoltaica da Cooperativa Brasileira de Energia Renovável (Coober) tem capacidade de 75 kWp. Segundo a cooperativa, foram investidos R\$ 600 mil na microssina solar. O recurso provém da contribuição dos 23 cooperados. O projeto consiste em 288 módulos fotovoltaicos que

Figura 53. Condomínio solar da Enel Soluções para a farmácia Pague Menos no Ceará



FONTE: LUZ SOLARIS, 2016.

têm capacidade de produção média de 11.550 kWh por mês. Toda a energia elétrica é injetada no sistema da rede Celpa, e o resultado é rateado entre os cooperados e descontado diretamente na conta de energia elétrica.

A solução de autoconsumo remoto tem sido mais simples de implementar do que a geração compartilhada, que necessita da criação de consórcio ou cooperativa entre partes não relacionadas, mas que também oferece benefícios similares ao autoconsumo remoto e que deve se tornar mais comum com tempo e amadurecimento do segmento.

### FINANCIAMENTO

Figura 54. Sistema fotovoltaico da Greenyellow no telhado do Assaí Atacadista, no Mato Grosso



FONTE: GREENYELLOW, 2017.

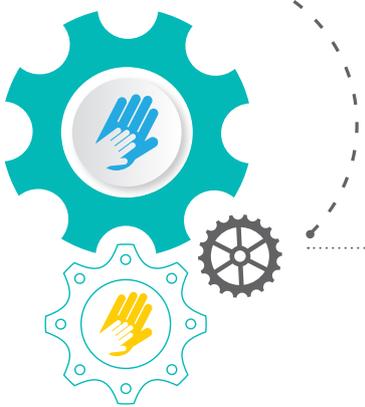
Além de oferecerem novos modelos de negócio, empresas solares têm buscado oferecer produtos financiados, para facilitar a adoção da energia fotovoltaica por seus clientes que não desejam fazer o investimento na aquisição do sistema fotovoltaico. A remuneração da empresa solar, investidora no sistema fotovoltaico, é feita por meio de uma mensalidade, paga por seu cliente pela “locação” ou “parcela” referente à venda do sistema, que se beneficia da energia elétrica gerada.

Um exemplo de projeto inaugurado no início de 2017 é o sistema fotovoltaico de 303 kWp da GreenYellow, braço de eficiência energética e geração distribuída do Grupo Casino (controlador do Grupo Pão de Açúcar). O projeto, instalado no telhado da loja Assaí em Várzea Grande, no Mato Grosso, supre por volta de 15% do consumo de energia elétrica da loja. A GreenYellow fez o investimento no sistema fotovoltaico, o instalou no telhado da loja Assaí e é remunerada pelo Assaí por meio de um contrato de locação do sistema fotovoltaico de 20 anos.

Consórcios também são soluções financiadas para o cliente final, mas para o público pessoa física para instalação residencial. O Consórcio Nacional Solar é uma iniciativa da SICES Brasil, distribuidora de equipamentos de energia solar fotovoltaica, em parceria com a UNIFISA, operadora de consórcios. O Consórcio permite alavancagem de 100% do sistema fotovoltaico, e o prazo de pagamento de até 100 meses. A empresa Blue Sol oferece um produto similar de consórcio a seus clientes.

### FUSÕES E AQUISIÇÕES

Outro tipo de movimentação estratégica no segmento de GD no Brasil são as fusões e aquisições (M&A). Empresas solares internacionais, investidores internacionais ou empresas atuantes no



Brasil em outros segmentos, inclusive concessionárias de distribuição de energia, decidem adquirir empresas solares já estabelecidas para facilitar ou encurtar o processo de entrada na cadeia de valor de GD no Brasil. Exemplos de fusões e aquisições recentes incluem a aquisição da Araxá pela Engie, e da MES Energia Solar pela Origis. Essas movimentações devem acelerar de 2017 em diante, inclusive com a fusão entre empresas solares, criando empresas maiores e com mais possibilidades de financiamento.

### CONCESSIONÁRIAS E GRANDES GERADORAS ENTRAM EM GD

Concessionárias e grandes geradoras também têm avaliado investir no segmento. Parte delas, inclusive, já estão se posicionando, via criação de subsidiárias ou novas empresas de geração distribuída de energia. Essas empresas têm o diferencial competitivo de já ter carteira de clientes e entendem que a geração distribuída pode oferecer-lhes uma nova oportunidade de negócio.

A ENEL (antiga Ampla) criou a ENEL Soluções e oferece soluções de geração distribuída para clientes residenciais, comerciais e industriais em todo o país. A CPFL criou a CPFL GD, sua empresa de eficiência energética e geração distribuída. A AES criou a AES Geração Distribuída, a CEMIG, a Efficientia, a EDP, a EDP Solar e a Engie a Engie Geração Solar Distribuída pela aquisição da Araxá. Mais recentemente, a Celesc, Elektro e Energisa anunciaram que entrarão também no segmento de geração distribuída em sua área de concessão.

### PROFISSIONALIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO

Com adoção mais ampla da energia solar fotovoltaica pela população brasileira, o número de instalações tem se multiplicado, assim como o número de empresas em toda a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica, especialmente instaladores e integradores. Consequentemente, o segmento fotovoltaico está trabalhando para profissionalizar-se e estabelecer padrões mínimos de qualidade de bens e serviços.

A qualificação e treinamento da mão de obra, certificação da instalação e empresas instaladoras, padronização para utilização de equipamentos de segurança nas instalações, regularização de CNPJ e impostos das empresas de pequeno e médio porte, adoção do regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) para mão de obra, entre outras, são iniciativas já em andamento e que trarão ainda mais qualidade e confiabilidade para a tecnologia fotovoltaica no país.

Além disso, garantir a qualidade dos equipamentos fotovoltaicos utilizados nas instalações é outra movimentação estratégica em andamento, porém ainda em fase inicial. Em outros países, onde módulos fotovoltaicos de baixa qualidade foram instalados, especialmente em residências, a tecnologia fotovoltaica perdeu credibilidade (Renew Economy, 2017). Aqui no Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) é responsável pela etiquetagem de módulos fotovoltaicos utilizados no país, e será responsável pela etiquetagem de inversores entre 10 e 75 kW. Esse processo de etiquetagem tem evoluído no país e é rigoroso. Portanto, essa

movimentação do segmento fotovoltaico brasileiro na busca da adoção de certificações de padrão internacional e padronização de equipamentos é fundamental para o crescimento sustentável do segmento no país.

### Geração centralizada

#### FUSÕES E AQUISIÇÕES

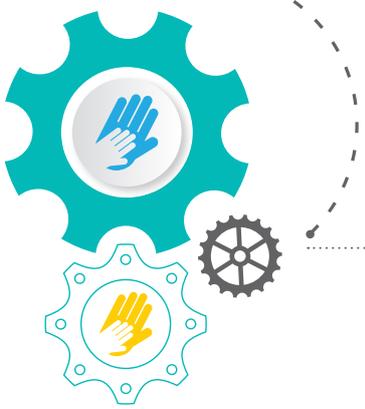
As fusões e aquisições no segmento de geração centralizada também têm se intensificado. Por um lado, empresas que não têm a habilidade ou o perfil de desenvolvedores de projetos e/ou apetite para risco de investir em projetos sem contratos de venda de energia garantido, agora têm a oportunidade de comprar projetos fotovoltaicos vencedores dos leilões passados. Por outro, empresas que tinham aprovado investimento para participar com projetos nos leilões previstos para 2016 ficaram sem a oportunidade de participar, voltando-se para aquisições. Outros motivos impulsionando as fusões e aquisições no segmento no Brasil incluem a queda do Capex dos projetos fotovoltaicos em dólares e – ainda mais em real – em função da valorização do real frente ao dólar, observada a partir do segundo semestre de 2015.

Alguns exemplos de transações recentes incluem a aquisição dos projetos UFV Pirapora em Minas Gerais da Canadian Solar, vencedores do 1º LER 2015, somando 150 MWac pela francesa EDF Energies Nouvelles, e dos projetos UFV Sertão I e UFV Sobral I no Piauí do Grupo Gransolar vencedores do 1º LER 2015, somando 60 MWac pela escandinava Scatec Solar.

#### GRANDES EMPRESAS GLOBAIS

Outra movimentação estratégica tem sido a concentração de projetos nas mãos de grandes empresas com presença global, sendo inclusive mais uma causa do aumento de fusões e aquisições no Brasil. Essas empresas têm maior poder de barganha nas compras de equipamentos e serviços na cadeia e têm se consolidado como líderes no segmento de geração centralizada. Conforme já discutido no capítulo 2 deste estudo, as empresas com mais MWs contratados e operacionais no Brasil (data base dezembro de 2016) são a gigante italiana ENEL Green Power, a francesa EDF Energies Nouvelles, a francesa Engie (por meio da Solairedirect e Engie Solar), a Chinesa-Canadense Canadian Solar e a escandinava Scatec Solar.

Em paralelo, há uma redução no número de desenvolvedores de projetos ativos, dado o aumento no custo de desenvolvimento de projetos, com a introdução da necessidade de medição obrigatória de 24 meses do recurso solar para participação nos leilões solares, além da grande concorrência nos leilões. Só no último leilão solar (2º LER 2015), 649 projetos foram inscritos, e somente 33 foram vencedores. Essa grande competição entre empresas aumenta o risco de atuação como desenvolvedor de projetos e também reduz seu retorno.



## FINANCIAMENTO

Conforme discutido no capítulo 2 deste relatório, muitas empresas vencedoras dos leilões de energia solar estão com dificuldades na obtenção de financiamento para seus projetos; seja por não conseguir parte dos equipamentos finamizados obrigatórios dentro do cronograma necessário para entrada em operação dos projetos, seja por uma questão de viabilidade econômica de usar módulos com código FINAME. Nesse sentido, há uma movimentação grande dessas empresas discutindo fontes alternativas de empréstimos em real ou mesmo em moeda estrangeira.

Dentre as alternativas exploradas, na modalidade Project Finance, estão: empréstimos em real de parcela dos projetos com bancos multilaterais; empréstimos em moeda estrangeira, com ou sem o uso de derivativos, com bancos multilaterais ou agências de financiamento à exportação; empréstimos em real com bancos comerciais brasileiros ou via debêntures de infraestrutura com distribuição pública; entre outras estruturas.

Contudo, uma movimentação também visível é a avaliação de estratégia de financiamento dos projetos via financiamento corporativo (Corporate Finance). Nessa modalidade, o empreendedor/ produtor de energia aporta 100% da necessidade de capital para construir o projeto solar e busca formas de se financiar a partir do balanço patrimonial de empresas com ativos operacionais.

Como nem toda empresa tem balanço para seguir essa estratégia, há algumas iniciativas no mercado de discussão da possibilidade de parte da receita dos contratos de compra e venda de energia de reserva serem indexados em moeda estrangeira. O racional dessa estratégia é que, uma vez que as receitas ou parte das receitas do projeto fossem indexadas ao dólar, por exemplo, seria possível contratar empréstimo para parte do investimento em dólar a um custo competitivo e sem risco cambial.

Em função principalmente do cancelamento dos dois leilões de 2016, há também outra vertente de empresas no mercado que estão estudando negociar contratos de longo prazo de compra e venda de energia solar fotovoltaica – em real e/ou indexados em moeda estrangeira – direto com o consumidor final no âmbito do Ambiente de Contratação Livre.



## 12. TENDÊNCIAS DE MERCADO E ANÁLISE DAS MOVIMENTAÇÕES ESTRATÉGICAS DE MERCADO

---





13

# Análise e diagnóstico da competitividade da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil

A cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil ainda é jovem, porém tem se mostrado dinâmica. Só em geração distribuída o número de projetos instalados saiu de uma base de 403 em dezembro 2012 para quase 7.500 em dezembro de 2016, e o número de empresas atuantes nesse segmento ultrapassa as 1.600 no país. Conforme discutido no capítulo 2, a perspectiva é de que o crescimento do mercado continue acelerado, e a energia solar fotovoltaica passe a representar algo em torno de 30% da matriz elétrica brasileira em 2040. Dessa forma, a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil tem uma grande oportunidade à sua frente. No entanto, como todo segmento jovem, há inúmeras dificuldades e barreiras a serem enfrentadas para viabilizar tal crescimento.

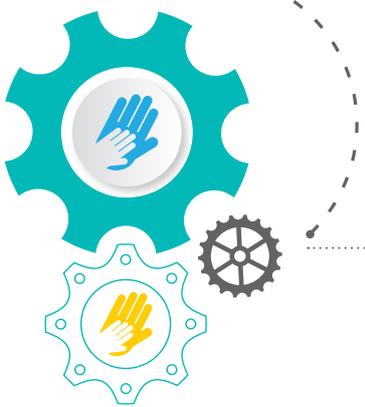
Este capítulo faz uma análise ampla da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil, suas vantagens competitivas, suas lacunas de competitividade perante o mercado internacional, gargalos produtivos e indicadores de competitividade a fim de obter um diagnóstico atual de quais atividades de valor da cadeia da energia solar fotovoltaica brasileira têm potencial competitivo para se desenvolver e se manter no país em curto, médio e longo prazo.

## 13.1 Forças competitivas na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil

As vantagens competitivas da energia solar fotovoltaica no Brasil foram destacadas nos capítulos 1 e 2 deste estudo e incluem:

- Irradiação excepcional e abundante em todo o território nacional;
- Crescimento da demanda por energia elétrica no país em médio e longo prazo;
- Tarifas elétricas crescentes para o consumidor final;
- Sinergia com a carga, pois no Brasil os maiores picos de utilização de energia elétrica são registrados em dias de intenso calor e, portanto, mais ensolarados;
- Complementaridade com a geração hidrelétrica, a qual depende dos níveis dos reservatórios determinados pelo volume de chuvas – períodos de maior escassez de chuvas coincidem com maior incidência de radiação solar;
- Fonte de financiamento competitiva para projetos com conteúdo local por meio do BNDES e Fundos Constitucionais de Financiamento;
- Regulação favorável para a geração distribuída, especialmente a REN 482 e a REN 687;
- Regulação favorável para a geração centralizada, especialmente a promoção de leilões solares regulares para contratação de energia solar fotovoltaica.

Do ponto de vista da cadeia de bens, segundo a EPE, o Brasil tem algumas vantagens competitivas importantes para o estabelecimento de uma indústria fotovoltaica, pois: (i) tem uma das maiores reservas mundiais de quartzo de qualidade, mineral de onde o silício é extraído; (ii) tem indústrias



estabelecidas de beneficiamento do silício, sendo o sexto maior produtor global de silício com 1,38% (100 milhões de toneladas em 2016) da produção global (Estados Unidos, 2017), embora apenas até o grau metalúrgico (insuficiente para utilização em aplicações solares); (iii) tem tecnologia para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos, ainda que em escala-piloto, no caso de células fotovoltaicas (Silva, 2015). Além disso, o Brasil é fabricante de alumínio e de vidro.

### Estratégia competitiva

A teoria sobre estratégia competitiva das empresas prega que há três tipos de estratégia. A primeira é a liderança em custo, que consiste em vender o mesmo produto que a concorrência pelo preço mais baixo. A segunda é a diferenciação do produto, que consiste em desenvolver uma característica distinta no produto, a qual o consumidor valorize. A terceira estratégia é o foco ou o nicho, que consiste em produzir um produto para atender a uma necessidade específica de um mercado menor. (PORTER, 1980)

### GERAÇÃO CENTRALIZADA

Conforme definido no capítulo 2, as usinas solares fotovoltaicas de geração centralizada são de grande porte e, no caso brasileiro, vendem energia elétrica diretamente à CCEE via leilões de reserva da ANEEL. Os valores de investimento em cada usina podem facilmente atingir centenas de milhões de reais. Sendo a energia elétrica um produto padronizado e sendo os leilões organizados em ambiente altamente competitivo, no qual o vencedor é aquele empreendedor que oferece o menor preço da energia, obrigatoriamente o desenvolvedor de projeto ou produtor de energia adota a estratégia competitiva de liderança em custo. Conseqüentemente, a maior parte da cadeia de bens e parte da cadeia de serviços do segmento solar fotovoltaico fica pressionada a seguir a mesma estratégia. As seções a seguir vão explorar as forças competitivas de cada atividade de valor da cadeia, em que será possível também observar as exceções.

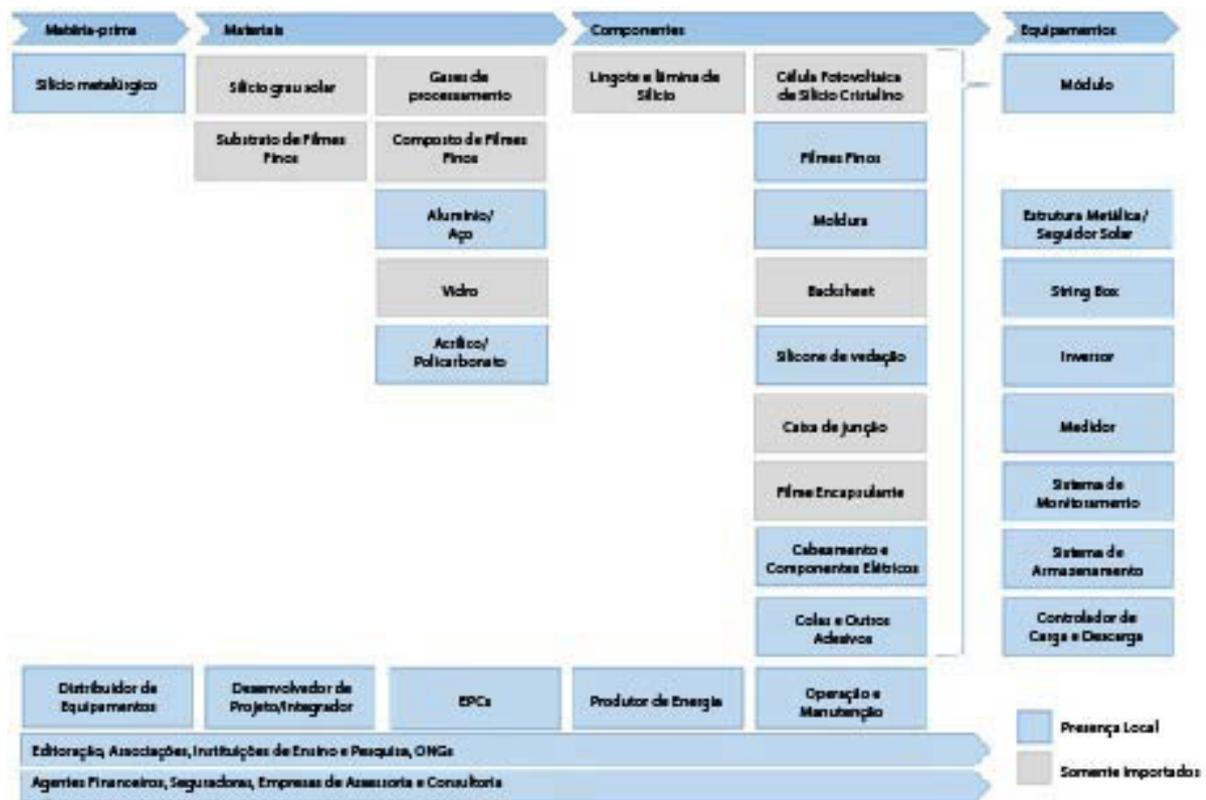
### GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

No caso da geração distribuída, na qual há diferentes consumidores finais (e.g. comércio, serviço, indústria, residência), além de diversos produtos (e.g. venda, locação, leasing, integração) e modelos de negócio (e.g. autoconsumo, autoconsumo remoto, condomínio e geração compartilhada), viabilizados pela REN 687, a estratégia competitiva das empresas não necessariamente é liderança em custo. Essa riqueza regulatória, do ponto de vista de alternativas de planos de negócios, abre espaço para que as empresas adotem como estratégia competitiva a diferenciação do produto (e.g. fabricante de filme orgânico para aplicação em uma variedade de superfícies) ou mesmo a estratégia de nicho (e.g. integrador que atenda a condomínios residenciais horizontais).

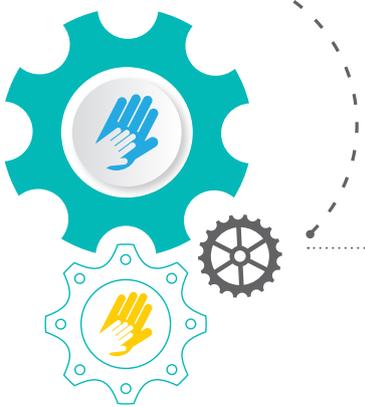
Análise da estrutura competitiva da cadeia de valor: cinco forças de Porter

Porter prega que a estrutura dos mercados e sua rentabilidade em longo prazo são determinadas por cinco forças. Três medem o nível de competição atual e potencial do segmento (rivalidade, ameaça de novos entrantes e ameaça de produtos substitutos), duas medem o poder de barganha na cadeia de produção do produto (poder de barganha dos fornecedores e poder de barganha dos compradores) (PORTER, 1980). Conforme a figura a seguir, serão avaliadas as cinco forças de Porter para cada uma das atividades de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica presentes no Brasil.

Figura 55. Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil



FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## BENS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: MÓDULO FOTOVOLTAICO

Tabela 91. Forças competitivas da cadeia do silício metalúrgico no segmento fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Alta: segmento com concorrência local, inclusive com concorrência internacional experiente e competitiva, mercado maduro, produto maduro e padronizado	
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Baixa: investimento intensivo em capital, intensivo em energia, requer escala, abundância de matéria-prima e logística eficiente de insumos e distribuição	
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Importação de células ou módulos; outras tecnologias como filmes finos etc.	
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Baixo	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 92. Forças competitivas da cadeia do acrílico e policarbonato no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Média: segmento com concorrência local, inclusive com concorrência internacional, mercado em crescimento, produto diferenciado	
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Baixa: investimento intensivo em capital, requer escala e logística eficiente de insumos e distribuição	
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Importação de módulos, utilização de substitutos como vidro	Importação de módulos, utilização de tecnologias que não utilizam acrílico, como OPV ou painéis flexíveis
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Alto	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Médio	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### 13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 93. Forças competitivas da cadeia de filmes finos no segmento fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Média: segmento fragmentado, mercado em crescimento (produtos e tecnologias em desenvolvimento) e produtos bastante diferenciados (alto valor agregado)	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Média: barreira tecnológica, viabilidade comercial dependerá de grande escala	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de módulos, utilização de outras tecnologias, como silício cristalino e surgimento de novas tecnologias de filme fino	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	
Poder de barganha dos compradores	Alto	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 94. Forças competitivas da cadeia da moldura no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Média: segmento fragmentado com concorrência internacional, mercado em crescimento e produto maduro e padronizado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Alta: investimento pouco intensivo em capital, porém requer logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de módulos, utilização de tecnologias que não utilizam molduras como vidro duplo (double glass), entre outras tecnologias	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	
Poder de barganha dos compradores	Alto	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

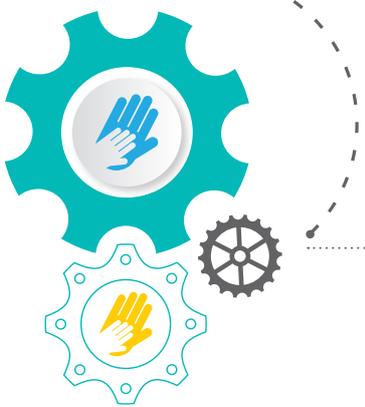


Tabela 95. Forças competitivas da cadeia do silicônio de vedação no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento concentrado com concorrência internacional, mercado maduro, produto maduro e padronizado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Baixa: investimento intensivo em capital, requer escala e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Colas e outros adesivos	
Poder de barganha dos fornecedores	Alto	
Poder de barganha dos compradores	Alto	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 96. Forças competitivas da cadeia do módulo no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento pouco concentrado com concorrência internacional, mercado em crescimento com volatilidade na demanda e produtos padronizados, porém ainda em fase de melhorias de rendimento	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Baixa: investimento intensivo em capital, rivalidade alta, requer escala, margem de lucro baixa requer baixa carga tributária e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Queda no preço do módulo importado, utilização de novas tecnologias como módulos de maior rendimento e menor custo, OPV, painéis flexíveis, entre outras tecnologias	
Poder de barganha dos fornecedores	Alto	
Poder de barganha dos compradores	Alto	Baixo

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

BENS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: OUTROS COMPONENTES E EQUIPAMENTOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Tabela 97. Forças competitivas da cadeia do alumínio no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento com concorrência local, inclusive com concorrência internacional, mercado maduro e produto maduro e padronizado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Baixa: investimento intensivo em capital, rivalidade alta, requer escala, requer baixa carga tributária e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de alumínio; redução do uso de alumínio (e.g. módulos double glass) ou adoção de materiais mais baratos	
Poder de barganha dos fornecedores	Baixo	
Poder de barganha dos compradores	Médio	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 98. Forças competitivas da cadeia do cabeamento e componentes elétricos no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento pouco concentrado com concorrência internacional, mercado maduro (em crescimento para aplicação solar) e produto padronizado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Alta: investimento pequeno para empresas que já fabricam cabos e componentes, porém não atendem ao segmento solar atualmente, requer escala na produção e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de produtos similares mais baratos e/ou mais eficientes	
Poder de barganha dos fornecedores	Alto	
Poder de barganha dos compradores	Alto	Baixo

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

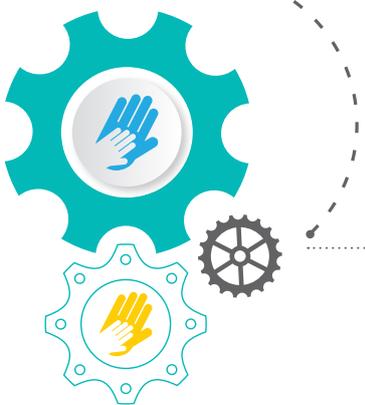


Tabela 99. Forças competitivas da cadeia das colas e outros adesivos no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento concentrado com concorrência internacional e mercado maduro, produto maduro e padronizado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Média: requer produção a baixo custo e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Produtos similares mais baratos e/ou mais eficientes importados ou nacionais	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	
Poder de barganha dos compradores	Médio	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 100. Forças competitivas da cadeia da estrutura metálica e do seguidor solar no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento pouco concentrado com concorrência internacional, mercado em crescimento com volatilidade na demanda e produtos com pouca diferenciação	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Média: não requer grande escala ou grande investimento de capital, porém logística eficiente de insumos, montagem e entrega são essenciais	
Ameaça de produtos substitutos	Importação, produtos de melhor desempenho e/ou menor preço relativo e alta no preço do aço	
Poder de barganha dos fornecedores	Alto	
Poder de barganha dos compradores	Alto	Baixo

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 101. Forças competitivas da cadeia do string box no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento pouco concentrado com concorrência internacional, mercado maduro (em crescimento para aplicação solar) e produtos maduros e padronizados	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Alta – para empresas que já fabricam string box e/ou inversores para outros setores: economia de escopo e oportunidade de verticalização para aqueles que produzem inversores Baixa – para empresas que não fabriquem string box e/ou inversores: requer escala na produção e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de string box	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	
Poder de barganha dos compradores	Alto	Baixo

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

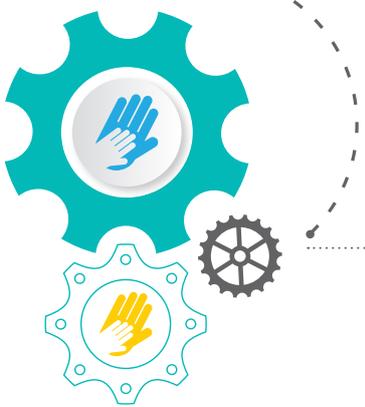


Tabela 102. Forças competitivas da cadeia do inversor no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Alta: segmento pouco concentrado com concorrência internacional, mercado em crescimento com volatilidade na demanda e produtos maduros com pouca diferenciação	
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Média – para empresas que já fabricam inversores para outros setores: economia de escopo (SZWARCFITER; DALCOL 1997). Contudo, competitividade com importados requer escala.  Baixa – para empresas que não fabricam inversores: requer escala na produção e logística eficiente de insumos e distribuição	Alta (micro inversor): estratégia de nicho, não requer grande escala ou investimento de capital, porém logística eficiente de insumos e distribuição
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Importação de inversores, inversores com menos perdas, maior vida útil e/ou menor preço relativo e novas tecnologias	
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Baixo

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 103. Forças competitivas da cadeia do medidor no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento concentrado com concorrência internacional, mercado em crescimento (medidor bidirecional) e produto padronizado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Alta – para empresas que já fabricam medidores convencionais: economia de escopo Baixo – para empresas que não fabricam medidores: investimento alto, requer escala na produção e logística eficiente de insumos e distribuição	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de medidores	
Poder de barganha dos fornecedores	Baixo	
Poder de barganha dos compradores	Não aplicável	Baixo

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 104. Forças competitivas da cadeia do sistema de monitoramento no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Baixa: segmento fragmentado, porém com concorrência internacional, mercado em forte crescimento (alguns produtos em desenvolvimento) e produtos com alguma diferenciação	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Alta: barreira tecnológica baixa, investimento baixo no desenvolvimento do produto	
Ameaça de produtos substitutos	Importação de sistema de monitoramento	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	Alto
Poder de barganha dos compradores	Alto	Baixo

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

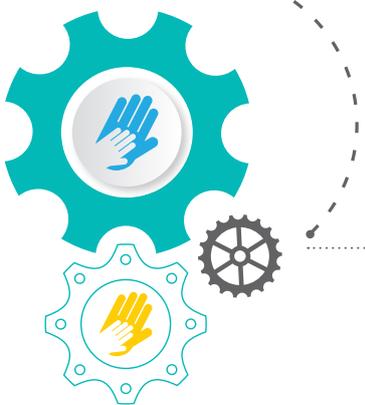


Tabela 105. Forças competitivas da cadeia do sistema de armazenamento no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Média: segmento pouco concentrado, concorrência internacional, mercado para aplicação solar em crescimento (alguns produtos em desenvolvimento), produtos bastante diferenciados (alto valor agregado)	
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Média – para empresas que já fabricam baterias: economia de escopo e barreira tecnológica crescente Baixa – para empresas que não fabricam baterias: alta barreira tecnológica, investimento intensivo em capital e necessidade de escala	
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Importação de sistemas de armazenamento, plantas de geração híbridas (e.g. solar e eólica; solar e hidro; solar e biomassa etc.)	Importação de sistemas de armazenamento, geração a diesel, gás e biomassa
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Baixo

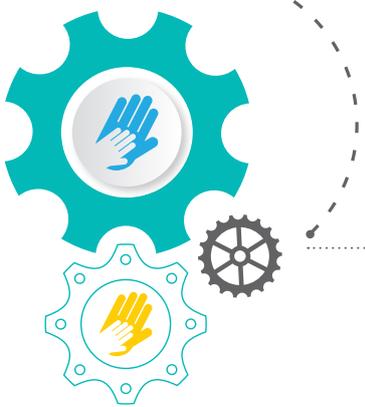
FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 106. Forças competitivas da cadeia do controlador de carga e descarga no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SILÍCIO METALÚRGICO	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Alta: segmento pouco concentrado com concorrência internacional, mercado em crescimento e produto com pouca diferenciação	
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Alta – para empresas que já fabricam outros equipamentos elétricos: economia de escopo Média – para empresas que não fabricam outros equipamentos elétricos: investimento mais alto, requer escala na produção e logística eficiente de insumos e distribuição	
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Importação de controladores de carga e descarga	
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Baixo

Fonte: CEAR – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



## SERVIÇOS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Tabela 107. Forças competitivas da cadeia do distribuidor de equipamentos/kits no segmento solar fotovoltaico brasileiro

<b>Forças competitivas:</b>	<b>SILÍCIO METALÚRGICO</b>	<b>Geração centralizada</b>	<b>Geração distribuída</b>
<b>Rivalidade</b>		Não aplicável	Alta: segmento pouco concentrado, mercado em crescimento e serviço com pouca diferenciação
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>		Não aplicável	Média: requer capital de giro e escala relativamente baixos, registro no Rastreamento da Atuação dos Intervenientes Aduaneiros (RADAR), além de logística eficiente de insumos e distribuição
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>		Compra direta dos fabricantes de equipamentos pelo cliente final	
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>		Não aplicável	Alto
<b>Poder de barganha dos compradores</b>		Não aplicável	Baixo para compras pontuais e Média para compras recorrentes

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 108. Forças competitivas da cadeia do desenvolvedor de projetos/integrador de sistemas no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: DESENVOLVEDOR DE PROJETOS/INTEGRADOR	Geração centralizada (Desenvolvedor de projetos)	Geração distribuída (Integrador de sistemas)
<b>Rivalidade</b>	Alta: segmento com muitos players e muito fragmentado, com concorrência internacional, mercado em crescimento, porém com oferta maior que demanda (cliente único), gerando grande mortalidade de projetos e produtos relativamente padronizados	Alta: segmento com mais de 1.600 players (América do Sol, 2017d) e somente 7.458 instalações, com concorrência internacional, mercado em crescimento acentuado, serviços com diferenciação
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Alta: requer especialização técnica, porém pouco capital, oferece alto retorno potencial, apesar do alto risco, há economia de escopo para desenvolvedores de projetos eólicos	Alta: requer especialização técnica, porém pouco capital para iniciar, há economia de escopo para empresas de eficiência energética ao atuar com clientes de comércio, serviço e indústrias
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Produtor de energia para criar equipe própria e desenvolver seus próprios projetos e concorrência direta de solar com outras fontes	Eficiência energética, migração para o mercado livre
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio (a depender do porte do desenvolvedor e se ele também é produtor de energia)	Alto, se o integrador é de pequeno porte, e Médio se integrador é de médio e grande porte
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Baixo, se residencial e, alto, se demais segmentos

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

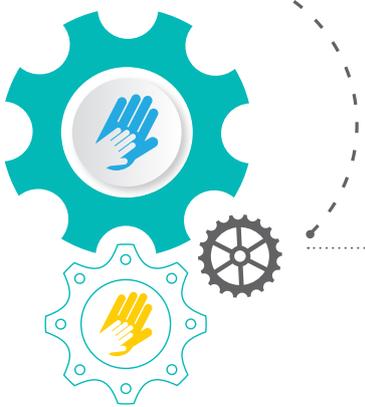


Tabela 109. Forças competitivas da cadeia do fornecedor de EPC no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: FORNECEDOR DE EPC	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Média: segmento com poucos players e com concorrência internacional, mercado nascente, serviço maduro e relativamente padronizado	Alta: segmento fragmentado e com concorrência internacional, mercado em crescimento e serviço customizado
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Média: requer capacidade técnica e financeira, experiência e reputação, mercado em crescimento e contratos de tíquete médio alto	Média: requer capacidade técnica e financeira, experiência e reputação, contratos de tíquete médio baixo, economia de escopo para empresas de EPC de geração centralizada
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Produtor de energia para criar equipe própria e/ou contratar escopos separadamente, ou comprar EPC direto do fornecedor de equipamentos	Para cliente criar equipe própria ou usar integrador em vez de fornecedor de EPC (mais barato)
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio	Médio
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Alto

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 110. Forças competitivas da cadeia do produtor de energia no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: PRODUTOR DE ENERGIA	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Alta: sistema de leilões incentiva concorrência (cliente único), segmento com muitos players e com concorrência internacional, mercado em crescimento	Média: poucos players capitalizados, porém com concorrência das distribuidoras e de empresas internacionais, mercado em crescimento acentuado e produtos diferenciados
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Média: requer capacidade financeira relevante, projetos com escala e especialização técnica, economia de escopo para produtores de outras fontes de energia elétrica	Alta: requer capacidade financeira e comercial e especialização técnica, número de projetos é barreira pelos custos fixos e economia de escopo para empresas de eficiência energética
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Produção de energia elétrica a partir de outras fontes mais baratas	Eficiência energética, migração para o mercado livre
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio (a depender do porte do projeto e do produtor)	Médio
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Baixo, se residencial e, alto, se demais segmentos

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

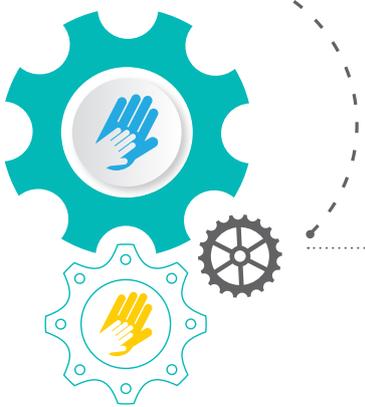


Tabela 111. Forças competitivas da cadeia de operação e manutenção no segmento solar fotovoltaico brasileiro

<b>Forças competitivas: O&amp;M</b>	<b>Geração centralizada</b>	<b>Geração distribuída</b>
<b>Rivalidade</b>	Média: segmento pouco concentrado e com concorrência internacional, mercado nascente, serviço padronizado	Alta: segmento fragmentado e com concorrência internacional, mercado em crescimento acentuado, serviço com alguma diferenciação
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Alta: serviço de complexidade menor do que em outras fontes, apesar de requerer experiência e reputação, economia de escopo para empresas que atuam com O&M em projetos de outras fontes ou fabricam principais equipamentos (e.g. módulo, inversor)	Média: requer escala, capacidade técnica e capilaridade (manutenção), contratos de tíquete médio baixo, economia de escopo para integradores, produtores de energia, fornecedores de EPC ou de equipamentos principais em geração distribuída
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Produtor de energia para criar equipe própria e/ou contratar escopos separadamente	Para cliente criar equipe própria ou usar integrador/fornecedor de EPC/fornecedor de equipamentos para baratear
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio	Médio para operação e alto para manutenção
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto (a depender do porte do projeto ou do cliente)	Alto

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 112. Forças competitivas da cadeia de editoração e publishing no segmento fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: EDITORÇÃO/ PUBLISHING	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Média: segmento pouco concentrado, porém com concorrência internacional, mercado crescente, serviço diferenciado com diversos nichos de mercado	
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Alta: baixa demanda de capital, requer conteúdo de qualidade e acesso a canais de distribuição, economia de escopo para empresas de editoração e publishing que atuam em mercados similares	
Ameaça de produtos substitutos	Publicações desenvolvidas por associações e entidades do segmento	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	
Poder de barganha dos compradores	Baixo	

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

No caso da atividade de valor de Instituições de Apoio – que inclui associações, instituições de ensino e pesquisa e ONGs – a avaliação de forças competitivas e análise de competitividade deve ser vista de um ângulo distinto. Como essas empresas normalmente não visam ao lucro como principal objetivo, seria um fator positivo, por exemplo, uma alta probabilidade de instituições de ensino e pesquisa cobrirem o segmento solar fotovoltaico. Dessa forma, nessa atividade de valor, o segmento será mais competitivo quanto mais essas instituições colaborarem entre si e se complementarem; seja no campo da pesquisa, ensino, treinamento, comunicação, regulamentação etc.

Conforme explorado no capítulo 5, já há diversas associações de classe que representam o segmento solar fotovoltaico, com uma grande base de associados. O papel de associações é fundamental no desenvolvimento de segmentos, principalmente nos segmentos jovens, como o solar fotovoltaico.

Quanto às instituições de ensino e pesquisa, há também diversos laboratórios, centros e institutos. Portanto, uma das vantagens competitivas do Brasil é o número e a qualidade de instituições já envolvidas. Outra vantagem é o potencial de explorar a infraestrutura e capital humano das diversas instituições presentes no Brasil que ainda não atuam no segmento solar fotovoltaico, em especial, públicas, tais como universidades federais e estaduais.

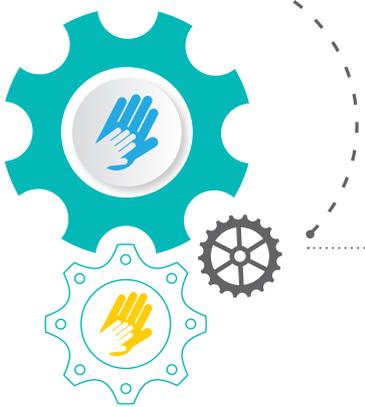


Tabela 113. Forças competitivas da cadeia dos agentes financiadores no segmento fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: AGENTES FINANCEIROS	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	<p>Baixa – dívida em real: oligopólio concentrado, mercado em crescimento e serviço com pouca diferenciação</p> <p>Alta – dívida em moeda estrangeira</p> <p>Média – capital próprio: mercado em crescimento e concorrência internacional</p>	<p>Baixa – dívida em real: oligopólio concentrado para fontes com taxas abaixo de mercado, para taxas de mercado há diversos agentes, porém muitos com linhas regionais</p> <p>Baixa – dívida em moeda estrangeira: pouca escala</p> <p>Média – capital próprio: mercado em crescimento e concorrência internacional</p>
<b>Ameça de novos entrantes (Barreiras)</b>	<p>Baixa – dívida: risco cambial encarece financiamento em moeda estrangeira, em real, taxa de juros inibe desenvolvimento de mercado competitivo de dívida</p> <p>Alta – capital próprio: há economia de escopo para investidores em projetos de outras fontes</p>	<p>Baixa – dívida: risco cambial, dificuldade em prover garantias, curto prazo dos recebíveis, risco de crédito, falta de escala e alta taxa de juros encarecem financiamento, economia de escopo para agentes que atuam em eficiência energética</p> <p>Média – capital próprio: planos de negócio ainda em fase de comprovação</p>
<b>Ameça de produtos substitutos</b>	De produtores de energia financiarem projetos com capital próprio, podendo ou não tomar dívida em nível corporativo	
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Alto	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Baixo	

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 114. Forças competitivas da cadeia das seguradoras no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: SEGURADORAS	Geração centralizada	Geração distribuída
Rivalidade	Alta: segmento concentrado, mercado em crescimento e produtos padronizados	Média: segmento concentrado; mercado em crescimento acentuado, porém pulverizado e produtos com alguma diferenciação
Ameaça de novos entrantes (Barreiras)	Média: requer capacidade técnica, financeira (se corretora não), experiência e reputação, economia de escopo para empresas que já atuam em geração com outras fontes	Média: requer capacidade técnica, financeira (se corretora não), experiência e reputação, apólices de tiquete médio baixo limitam a rentabilidade dos serviços, economia de escopo para empresas que já atuam em geração centralizada em solar e outras fontes
Ameaça de produtos substitutos	De cliente optar por não segurar o risco ou substituir por uma garantia financeira (e.g. fiança bancária ou corporativa)	
Poder de barganha dos fornecedores	Médio	Baixo
Poder de barganha dos compradores	Alto	Médio

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

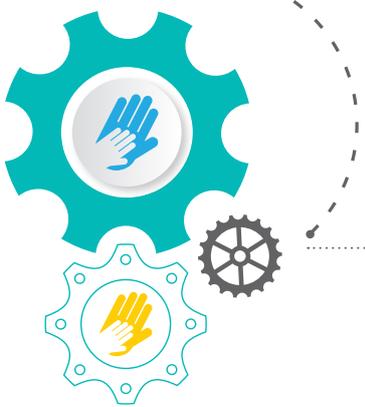


Tabela 115. Forças competitivas da cadeia de assessorias e consultorias (licenciamento ambiental, avaliação de recurso solar, consultoria técnica de engenharia, modelagem financeira e financiamento, treinamento e capacitação) no segmento solar fotovoltaico brasileiro

Forças competitivas: ASSESSORIA E CONSULTORIA	Geração centralizada	Geração distribuída
<b>Rivalidade</b>	Alta: segmento pouco concentrado, mercado em crescimento e produtos com alguma diferenciação	Alta: segmento fragmentado, mercado em crescimento e produtos bastante diferenciados
<b>Ameaça de novos entrantes (Barreiras)</b>	Alta – para empresas que já atuam com outras fontes de energia: economia de escopo Média – para empresas que não atuam em energia: a baixa demanda de capital facilita a entrada, porém alta especialização técnica, experiência e reputação são barreiras relevantes	Média – para empresas que já atuam com geração centralizada: economia de escopo Baixa – para empresas que não atuam em geração centralizada: a falta de escala dos projetos limita a rentabilidade dos serviços
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	De cliente criar equipe própria e internalizar serviços	
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Alto, quando aplicável	Alto, quando aplicável
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Médio

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## 13.2. Indicadores de competitividade (cadeia brasileira versus internacional)

A fabricação de sistemas fotovoltaicos, além de diversos serviços da cadeia, consiste em um arranjo produtivo global. Diversas empresas que atuam nas diferentes atividades de valor da cadeia são atores globais e, portanto, conseguem otimizar seu nível e custos de produção e comercialização para se manterem competitivas no mercado mundial. Esse tem sido um dos grandes diferenciais competitivos das principais empresas atuantes na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no mundo.

Além disso, outros fatores, como escala, complexidade tributária, custo da energia elétrica como insumo, produtividade e encargos sobre a mão de obra, demanda doméstica, entre outros, são decisivos para a competitividade das empresas e na decisão de em quais países essas empresas vão estabelecer suas fábricas.

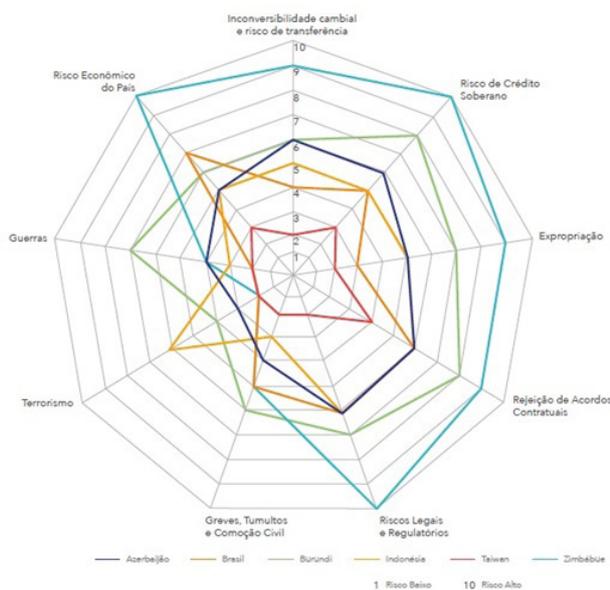
Esta seção faz um levantamento dos indicadores de competitividade macroeconômicos do Brasil, comparado a demais países, assim como indicadores microeconômicos da cadeia da energia solar fotovoltaica brasileira versus a cadeia internacional. Por fim, apresenta um estudo de caso, comparando o valor de adquirir um sistema fotovoltaico com módulo montado no Brasil versus importá-lo.

### Indicadores macroeconômicos de competitividade do Brasil em bens e serviços

#### RISCO PAÍS

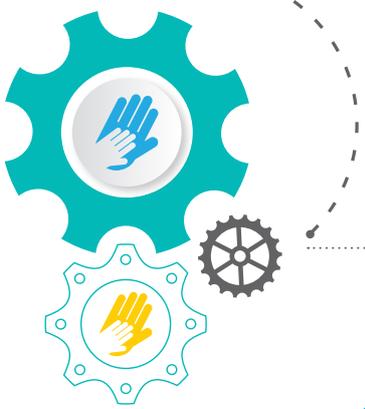
O primeiro indicador a ser analisado ao comparar ambiente de negócios para investimentos em diferentes países é o risco país. Segundo o relatório Risk Outlook (JLT, 2016), a percepção de risco do Brasil tem aumentado bastante nos últimos anos. Na figura a seguir, o risco país é analisado a partir de nove fatores e é atribuída uma nota de um a dez, sendo a nota dez “alto risco”. Para o caso do Brasil (em laranja), os fatores de risco mais críticos são “risco econômico” (nota 7), “repúdio contratual” (nota 6), “risco legal e regulatório” (nota 6), “risco de crédito soberano” (nota 5) e “greves, tumultos e comoção civil” (nota 5). Vale destacar que no quesito “risco econômico”, a percepção de risco do Brasil é superior à de países como Azerbaijão, Burundi e Indonésia.

Figura 56. Perspectivas de risco país em fevereiro de 2016



Fatores como esses afetam diretamente a percepção de risco de um investidor estrangeiro ao avaliar fazer um investimento de longo prazo no Brasil, tal como estabelecer uma unidade fabril ou construir um projeto de geração de energia solar fotovoltaica. Ao aumentar a percepção de risco, aumenta-se também a expectativa de retorno econômico e, conseqüentemente, o país torna-se menos atrativo, se comparado a outros mercados.

FONTE: JLT, 2016.



## CARGA TRIBUTÁRIA

Segundo estudo do Banco Mundial e a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento (OCDE), a carga tributária total brasileira é de aproximadamente 34% do seu Produto Interno Bruto (PIB), enquanto a da média dos países membros da OCDE (em maioria países desenvolvidos) é de 35% do PIB (World Bank Group e OECD, 2010). Portanto, não se pode afirmar que a carga tributária total do Brasil, na média, é muito alta proporcionalmente à sua renda. Logo, faz-se necessária uma análise da carga tributária no âmbito microeconômico, em cada atividade de valor da cadeia.

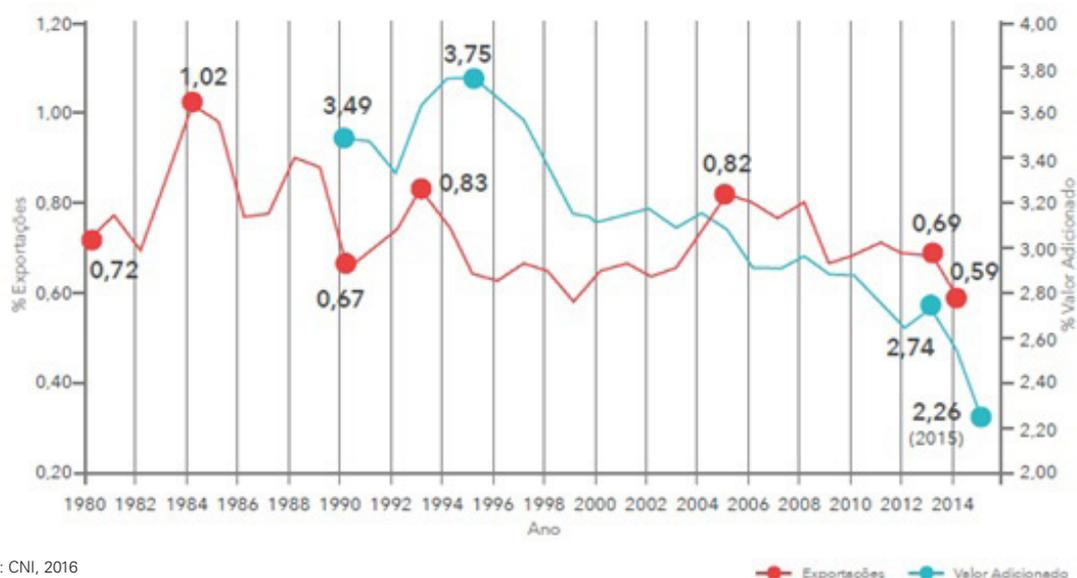
Por outro lado, esse mesmo estudo, ao analisar o número de horas por ano que uma empresa gasta com obrigações auxiliares e burocracia tributária, conclui que o Brasil de longe é o mais burocrático dentre os países analisados. O estudo conclui que na média uma empresa brasileira gasta 2.600 horas por ano para cumprir com tais obrigações, enquanto países como a Bolívia gastam em torno de 1.000 horas e Estados Unidos e Europa gastam em torno de 200 horas por ano.

## ENCARGOS TRABALHISTAS NA INDÚSTRIA

Em 2011, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) publicou o estudo denominado “Encargos trabalhistas sobre folha de salários e seus impactos no Brasil e no mundo” (FIESP, 2011). O estudo baseou-se em informações de encargos e custos da mão de obra industrial de 34 países com base no ano de 2009, compiladas pelo Bureau of Labor Statistics (BLS) dos Estados Unidos.

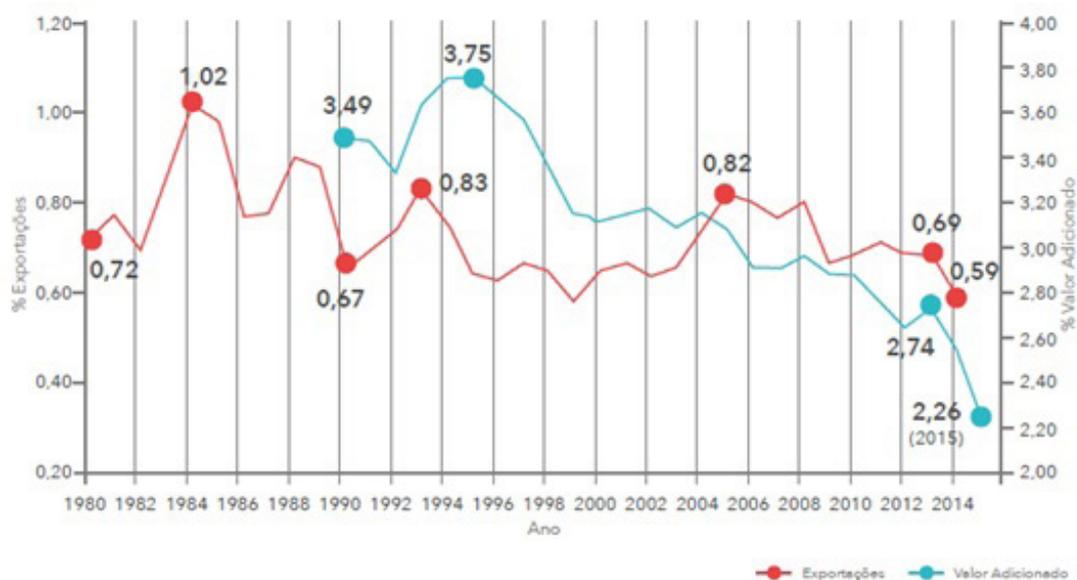
Concluiu-se que 32,4% de todos os custos com mão de obra na indústria de transformação no Brasil são referentes a encargos trabalhistas. Este é o maior valor dentre os 34 países analisados, cuja média foi de 21,4%. Como referência, a Argentina e Coreia do Sul têm 17% dos custos em encargos, o México 27% e Taiwan 14,7%.

Gráfico 31. Participação do Brasil nas exportações e no valor adicionado mundial de produtos manufacturados



FONTE: CNI, 2016

Gráfico 31. Participação do Brasil nas exportações e no valor adicionado mundial de produtos manufaturados



FONTE: CNI, 2016

## COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA

Em uma economia globalizada, não basta ao investidor industrial olhar somente o potencial do mercado doméstico do país onde está avaliando estabelecer produção. É essencial avaliar o quão competitiva a unidade produtiva seria para exportar produtos para países vizinhos, pois a demanda doméstica pode não ser suficiente para escoar a produção de forma rentável.

Estudo do denominado “Indicadores de Competitividade da Indústria” da Confederação Nacional da Indústria (CNI), publicado em outubro de 2016, analisa cinco índices de competitividade da indústria brasileira de forma consolidada (CNI, 2016). Se analisado o período de 2004 a 2014, o resultado reflete perda contínua da competitividade da indústria em todos os índices, exceto taxa de câmbio (variável exógena à indústria). A figura abaixo mostra que de 1990 a 2015 o Brasil vem perdendo espaço no mercado mundial de manufaturados em valor das exportações mais do que em volume, ou seja, o preço médio dos itens exportados tem caído. Tal indicador mostra que o valor agregado das exportações brasileiras de manufaturados tem sido cada vez menor.

## PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA INDÚSTRIA

Apesar da produtividade da mão de obra (medida como o produto dividido pelas horas trabalhadas) da indústria de transformação brasileira ter subido nos últimos anos, se comparada à produtividade dos demais países, houve uma queda importante (CNI, 2016). A figura a seguir indica uma queda acumulada de 32% na produtividade da mão de obra brasileira desde 2000, se comparada aos demais países do mundo. Portanto, a conclusão é que no aspecto produtividade de mão de obra, o Brasil tem evoluído muito abaixo da média mundial.



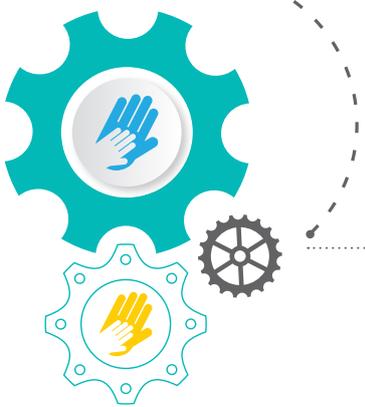
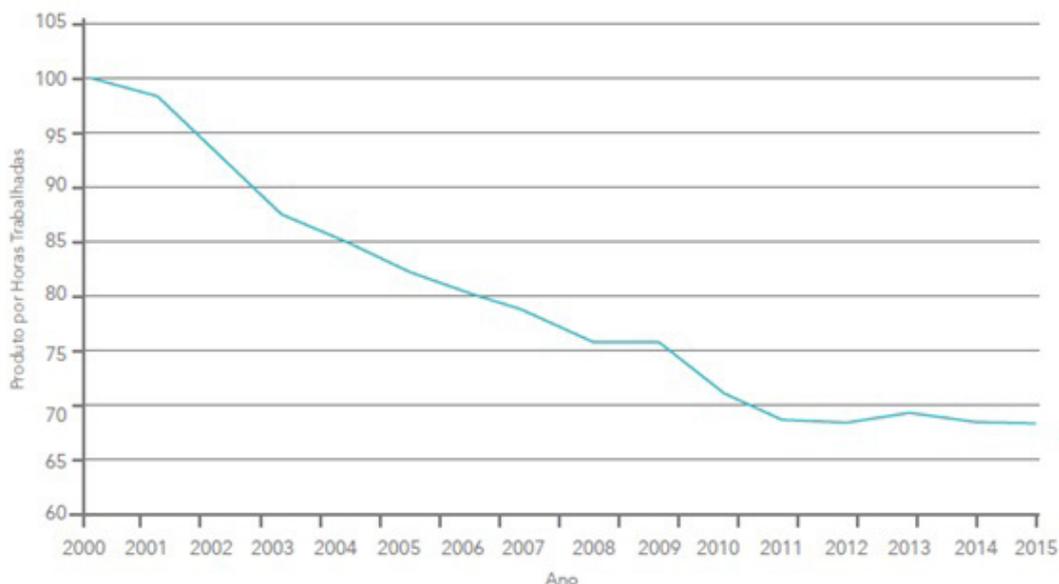


Gráfico 32. Produtividade do trabalho relativa efetiva da indústria de transformação (índice, 2000 = 100)



FONTE: CNI, 2016

## CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo o boletim trimestral de conjuntura do setor elétrico brasileiro da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), publicado em novembro de 2016 (FIRJAN, 2017), o custo médio da energia elétrica para a indústria no mercado regulado em outubro de 2016 era de R\$ 517,04/MWh, 52,8% maior em termos reais do que o custo da energia elétrica no ano de 2013. Não só o custo está em um de seus maiores patamares da história, como a figura a seguir mostra o quão volátil tem sido esse custo no mercado regulado.

Comparado com o custo da energia elétrica para a indústria em outros países em US\$/MWh, o Brasil tem frequentado desde 2015 as primeiras posições do ranking. Segundo a ABRADÉE, a tarifa da indústria é a sétima mais alta se comparada aos 28 países membros da Agência Internacional de Energia (AIE) (Diário do Comércio, 2016)

## CUSTO BRASIL

Em 2013, a FIESP publicou o estudo denominado “‘Custo Brasil’ e Taxa de Câmbio na Competitividade da Indústria de Transformação Brasileira” (FIESP, 2013). Para medir o “Custo Brasil” foram considerados seis fatores sistêmicos do ambiente de negócios: (i) tributação (carga e burocracia); (ii) custo de capital de giro; (iii) custos de energia e matérias-primas; (iv) custo da infraestrutura logística; (v) custos extras de serviços a funcionários; e (vi) custos de serviços non tradables. Não foi incluído no cálculo custo de mão de obra.

O resultado do estudo foi que o “Custo Brasil” associado à valorização do real encarece de forma relevante os produtos da indústria de transformação brasileira. Se comparado a China, os produtos brasileiros custam em média 34,7%; 38% mais em relação a países emergentes (Argentina, Chile, China, Índia e México); 30,8% mais em relação a países desenvolvidos (Alemanha, Canadá, Coreia do Sul, Espanha, Estados Unidos, França, Itália, Japão, Reino Unido e Suíça); e 34,2% mais que seus principais parceiros comerciais.

### Indicadores microeconômicos da cadeia solar fotovoltaica no Brasil e de competitividade das renováveis no Brasil

#### ATRATIVIDADE PARA INVESTIMENTOS

A EY publica um índice chamado Renewable Energy Country Attractiveness Index (RECAI). Esse índice mede a competitividade de 40 países em atrair investimentos para energias renováveis e a partir daí constrói um ranking desses países (EY, 2016). A publicação mais recente, de outubro de 2016, traz o Brasil em 8º lugar, à frente de países como Canadá, Austrália, África do Sul, Japão, Reino Unido etc. Apesar de ser uma posição relativamente favorável, o Brasil teve sua posição revisada para baixo principalmente em função do impacto que o aumento do risco político causou no mercado de renováveis, inclusive com a possibilidade, já materializada, do cancelamento do LER que estava previsto para dezembro de 2016.

Gráfico 33. Evolução do custo médio da energia elétrica para a indústria (R\$/MWh)



NOTA: VALORES REAIS, DEFLACIONADO PELO IGP-M (OUTUBRO DE 2016 = 1)

FONTE: FIRJAN, 2017.

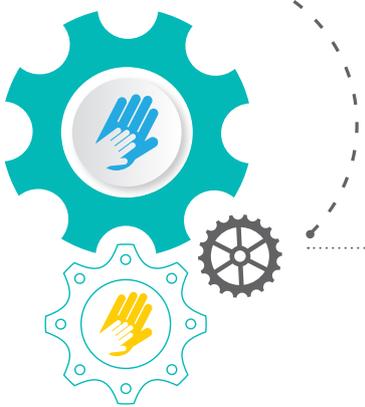
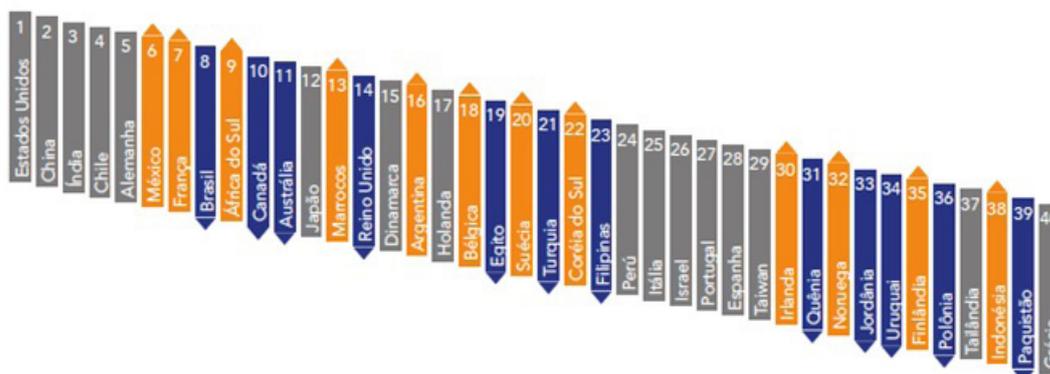


Figura 57. Ranking de atratividade de investimentos em energias renováveis por país em outubro de 2016



FONTE: EY, 2016.

A Bloomberg publica um relatório denominado “Climate Scope – The Clean Energy Country Competitiveness Index” (BNEF, 2016a). De forma similar, a EY, o relatório monta um ranking de 58 países, segundo sua capacidade de atrair capital para projetos de energia de baixo carbono. O Brasil está em 3º lugar, perdendo uma posição em relação ao ranking de 2015. À sua frente, somente China, em primeiro, e Chile, em segundo.

Tabela 116. Ranking de atratividade de investimentos em projetos de baixo carbono

Países	2016		
	Pontuação	Posição	Evolução de posição
China	0,23	1	–
Chile	0,39	2	1
Brasil	0,18	3	-1
Uruguai	0,6	4	4
África do Sul	0,3	5	-1
Índia	0,36	6	-1
Uganda	0,36	7	2
Honduras	0,53	8	6
México	0,3	9	-2
Quênia	0,27	10	-4

FONTE: BNEF, 2016a.

## TAMANHO DO MERCADO

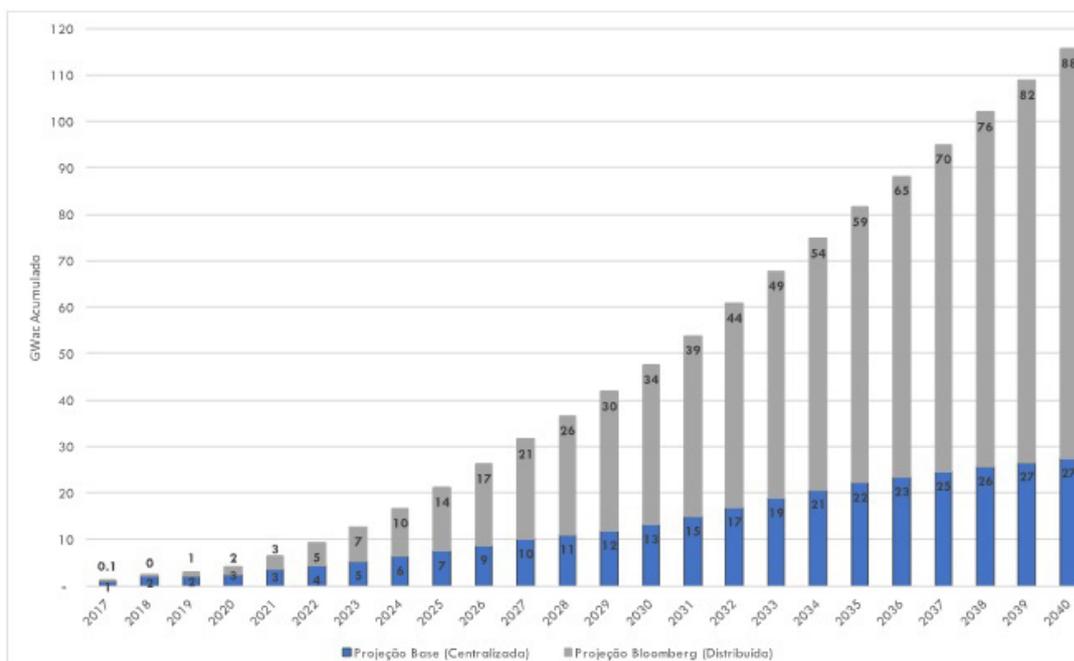
Apesar de muito promissor, o mercado solar fotovoltaico no Brasil, em termos de potência instalada, seguirá relativamente pequeno nos próximos 5 a 7 anos. Como referência, a potência instalada de projetos eólicos em 2016 era de 10,1 GWac, volume este que só será atingido pelo segmento solar entre os anos de 2022 e 2023.

Outro indicador importante é o tamanho do mercado doméstico brasileiro de energia solar fotovoltaica perante o mercado mundial. Considerando que foram instalados em 2016 em torno de 70 GWac de novos projetos solares fotovoltaicos em todo o mundo (BNEF, 2017), o Brasil – com seus 1,16 GWac previsto para 2017 – representaria em torno de 1,6% do mercado global.

O fator tamanho de mercado então traz a seguinte questão. A demanda doméstica por projetos solares fotovoltaicos em curto prazo é suficiente para justificar grandes investimentos no Brasil em atividades de valor que requerem maior escala para serem competitivos no mercado global? Atividades de valor, tais como fabricação de células, EVA, silício grau solar, backsheet e lâmina de silício. Desse ponto de vista exclusivamente, a resposta é não.

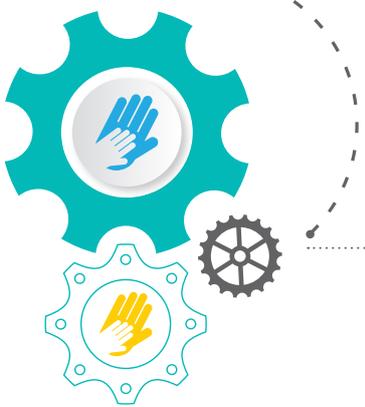
Para que seja economicamente justificável fazer tais investimentos no curto prazo no Brasil, seria necessário que o país fosse mais competitivo que os países líderes em custo de produção desses bens, de forma a explorar o mercado de exportação. Contudo, conforme explorado nos indicadores macro e microeconômicos desta seção, esta ainda não é a realidade do Brasil.

Gráfico 34. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica no Brasil (GWac)



FONTE: BNEF, 2016d. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).





## TEMPO MÉDIO DE CONEXÃO PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Uma notícia positiva para o segmento no Brasil foi a redução do tempo médio efetivo de conexão de novas instalações de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída às distribuidoras. Segundo o Instituto IDEAL em pesquisa, com 323 empresas entrevistadas em 2015 (IDEAL, 2016), esse indicador caiu de 4 meses e 3 semanas em 2014 para 3 meses e 3 semanas em 2015. Ademais, com a entrada em vigor da REN 687 em março de 2016, a qual regulou detalhadamente o cronograma de conexão e reduziu seu prazo máximo de 82 para 34 dias, espera-se uma melhora ainda maior nesse indicador no ano de 2017.

## CARGA TRIBUTÁRIA

Como ilustração da carga tributária como indicador de competitividade para o segmento solar fotovoltaico, será apresentado a seguir estudo de caso comparando os custos de produzir um sistema fotovoltaico no Brasil versus importá-lo.

### Estudo de caso sistema fotovoltaico com módulo montado no Brasil versus importado

Para fins de ilustrar a situação atual de competitividade da cadeia solar fotovoltaica brasileira versus a internacional, desenvolveu-se a seguir estudo de caso com o detalhamento dos valores que compõem o valor do investimento em um sistema fotovoltaico. Adotou-se como exemplo uma instalação de geração distribuída, considerando o foco desse relatório em pequenas e médias empresas e que se espera que esse mercado seja de maior relevância que o de geração centralizada em médio e longo prazo.

Como premissas, assumiu-se: (i) uma instalação de 75 kWp potência em telhado para autoconsumo de consumidor ou consumidores comerciais de baixa tensão; (ii) que o inversor e a estrutura metálica em ambos cenários seriam fabricados e fornecidos localmente; e (iii) que os demais bens e serviços que compõem o sistema (Balanço do Sistema) seriam fornecidos por empresas estabelecidas no Brasil. Portanto, a principal variável desse estudo de caso é o valor do módulo fotovoltaico importado versus o montado no Brasil.

## SISTEMA FOTOVOLTAICO COM MÓDULO IMPORTADO

Para calcular o valor do investimento no módulo importado, considerou-se a média semanal do valor de módulos fotovoltaicos comercializados na última semana de fevereiro de 2017, apurados pela PV Insights (2017). O valor médio de compra dos módulos foi de US\$ 0,349/Wp, sendo a máxima US\$ 0,41 e a mínima US\$ 0,30/Wp. A partir daí, foi estimado o custo do frete e seguro para embarcar o módulo até o Brasil com base em premissas usadas pelo grupo de trabalho de cadeia produtiva da ABSOLAR (2017a). Foi considerada como taxa de câmbio a PTAX de venda de R\$ 3,2034/US\$ publicada pelo BACEN em 13/1/2017 (Banco Central do Brasil 2017), impostos aplicáveis – inclusive

### 13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

PIS e COFINS (nos dois cenários) – além de taxas de importação, adicional de taxas (Siscomex, Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante – AFRMM, armazenamento) novamente com base nas premissas adotadas pelo grupo de trabalho de cadeia produtiva da ABSOLAR e custo de despachante, com base no estudo “Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira” da ABINEE (2012).

Tabela 117. Valor do investimento em sistema fotovoltaico de geração distribuída de 75 KWp com módulo importado (base mar. 2017)

Módulo Importado	US\$/Wp
Free on Board – FOB*	0,34901
Frete e Seguro	0,01402
<b>Cost, Insurance and Freight – CIF**</b>	<b>0,3630</b>
(+) Imposto de Importação (12%)	0,0436
(+) Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI (0%)	-
(+) PIS (2,1%)	0,0085
(+) COFINS (9,65% + 1%)	0,0433
(+) ICMS (0%)	-
(+) Taxas (Siscomex, AFRMM, Armazenagem etc.)	0,00962
(+) Despachante (importadora)	0,01023
<b>Total módulo importado no Brasil</b>	<b>0,4781</b>

Sistema fotovoltaico	R\$/Wp
(+) Módulo importado no Brasil***	1,5317
(+) Inversor, estrutura e balanço do sistema	3,31234
<b>Total sistema fotovoltaico com módulo importado</b>	<b>4,8440</b>

NOTAS:

\* FOB – CUSTO DO PRODUTO EMBARCADO NO PORTO DE ORIGEM.

\*\* CIF – CUSTO DO PRODUTO ENTREGUE NO PORTO DE DESTINO.

\*\*\* BACEN. COTAÇÃO DÓLAR PTAX DE VENDA DE 13 JAN. 2017.

FONTES:

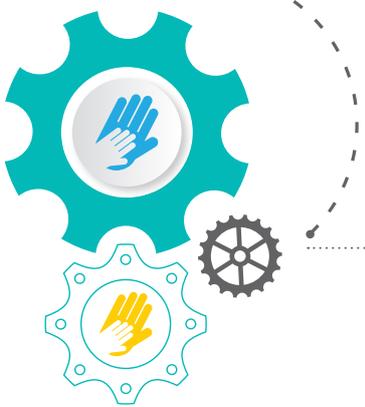
1 PV INSIGHTS, 2017.

2 ABSOLAR, 2017a.

3 ABINEE, 2012.

4 CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA. – REFERÊNCIAS DE MERCADO.

ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



Segundo a tabela acima, o valor de aquisição pelo empreendedor do módulo importado no Brasil, ou seja, com todos os impostos e custos de importação é de US\$ 0,4781/Wp, equivalente a R\$ 1,5317/Wp. Para a estimativa do valor do inversor, estrutura metálica e demais bens e serviços – inclusive instalação – que compõem o balanço do sistema, esse relatório baseou-se na mediana do valor informado em consultas feitas pela CELA com diversas empresas do segmento em janeiro de 2017. A partir dessas consultas, chegou-se ao valor de R\$ 3,3123/Wp para uma instalação de 75 kWp. Portanto, o sistema fotovoltaico, como um todo, por sua vez, totalizou R\$ 4,8440/Wp ou R\$ 363.303,36 pelo sistema instalado de 75 kWp com o uso de módulo importado.

### SISTEMA FOTOVOLTAICO COM MÓDULO MONTADO NO BRASIL

As decisões de montagem local de módulos têm esbarrado em custos baixos e decrescentes de produção na Ásia e falta de isonomia fiscal no Brasil entre a importação de módulos acabados versus a importação dos componentes do módulo para montagem local. No entanto, o estabelecimento da Canadian Solar, BYD e outras com plantas locais no Brasil é passo importante no desenvolvimento da cadeia de valor nacional e sinalização de potencial de crescimento do mercado brasileiro.

Para esse cenário do estudo de caso, foram adotados dados de estudo realizado pelo Grupo de Trabalho de Cadeia Produtiva da ABSOLAR em março de 2017. O estudo considera valores médios estimados para uma unidade fabril de montagem de módulos de grande porte no Brasil, além de toda a carga tributária e taxas aplicáveis a esse processo produtivo. Para a compra dos componentes importados que compõem o módulo foi considerada a premissa de US\$ 0,406/Wp. Para aquisição dos componentes locais, tal como a moldura, foi considerado o custo de US\$ 0,053/Wp. Além dos componentes locais para o módulo, a montagem local traz dois outros custos adicionais: o custo de transformação, que reflete custos tais como mão de obra e seus encargos e a margem de lucro do fabricante; e o investimento obrigatório em P&D previsto no PADIS. Tanto para a taxa de câmbio quanto para os demais componentes do sistema fotovoltaico, foram mantidas as mesmas premissas do cenário anterior.

Tabela 118. Valor do investimento em sistema fotovoltaico de geração distribuída de 75 KWp com módulo montado no Brasil (base mar. 2017)

Módulo Importado	US\$/Wp
Free on Board – FOB*	0,406
Frete e Seguro	0,032
<b>Cost, Insurance and Freight – CIF**</b>	<b>0,438</b>
(+) Imposto de importação*	0,018
(+) Material local (moldura, embalagens)	0,053
(+) Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI*	0,012

### 13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

(+) PIS*	0,010
(+) COFINS*	0,053
(+) ICMS*	0,042
(+) Taxas (Siscomex, AFRMM, Armazenagem etc.)	0,018
(+) Despachante (importadora)	-
(+) Custo de transformação local	0,094
(+) Investimento obrigatório em P&D	0,030
<b>Total módulo importado no Brasil</b>	<b>0,768</b>

<b>Sistema fotovoltaico</b>	<b>R\$/Wp</b>
(+) Módulo montado no Brasil**	2,460
(+) Inversor, estrutura e balanço do sistema***	3,312
<b>Total sistema fotovoltaico com módulo importado</b>	<b>5,773</b>

NOTAS:

\* ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS PONDERAM UMA CESTA DE PRODUTOS COM DIFERENTES NOMENCLATURAS COMUNS DO MERCOSUL (NCM).

\*\* BACEN. COTAÇÃO DÓLAR PTAX DE VENDA DE 13 JAN. 2017.

\*\*\* CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA. – REFERÊNCIAS DE MERCADO.

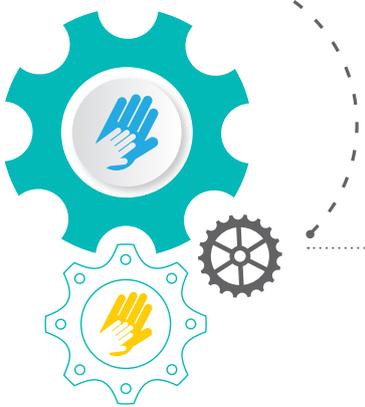
FONTE:

ABSOLAR, 2017a.

ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Como é possível observar na tabela anterior, o valor de aquisição pelo empreendedor do módulo montado no Brasil é de US\$ 0,768/Wp, equivalente a R\$ 2,46/Wp, valor 60,6% mais caro que o módulo importado. O sistema fotovoltaico como um todo, por sua vez, totaliza R\$ 5,773/Wp ou R\$ 432.941,82, 19,2% mais caro que o cenário do sistema fotovoltaico importado.

Dentre os custos adicionais de se montar o módulo no Brasil, pode-se citar o frete incremental de importar componentes em vez do módulo acabado, impostos não recuperáveis (carga tributária maior para componentes do que para o módulo acabado), mão de obra e encargos trabalhistas na montagem dos módulos localmente, obrigações de investimento em P&D e a margem de lucro do fabricante que precisa remunerar o capital investido na unidade fabril no Brasil.



## 13.3 Lacunas de competitividade e gargalos produtivos da cadeia no Brasil

Na seção anterior “Forças competitivas na cadeia de valor no Brasil” foram exploradas as forças competitivas de cada uma das atividades de valor da cadeia de valor do segmento solar fotovoltaico presentes no Brasil. No entanto, conforme discutido no capítulo 6, ainda há 10 atividades de valor da cadeia de bens do segmento solar que não estão presentes no país. São elas: fabricação de silício grau solar, gases de processamento, vidro grau solar, lingote e lâmina de silício, célula fotovoltaica de silício cristalino, substrato de filme fino, composto de filme fino, backsheet, caixa de junção, e filme encapsulante/EVA.

As lacunas de competitividade e gargalos produtivos são muitas, conforme será discutido nesta seção. Parte delas (e.g. tributação, acesso a financiamento, tamanho do mercado, risco cambial, dentre outras) atinge a cadeia de valor de forma transversal, ou seja, inclusive em atividades de valor da cadeia presentes no Brasil. A seguir, serão detalhadas 11 dentre as principais lacunas de competitividade e gargalos produtivos identificados ao longo deste estudo. Interessante observar que a natureza da maior parte destes fatores não é tecnológica, mas sim de viabilidade econômica. Em outras palavras, o que impede o Brasil hoje de ter produção local de células fotovoltaicas, backsheet, caixa de junção, EVA e outros é seu custo de produção local versus o custo de produção no mercado internacional, principalmente de plantas asiáticas.

### Acesso a financiamento

Acesso a financiamento é uma importante lacuna do segmento solar fotovoltaico, afetando, porém, toda a cadeia produtiva. Os dois principais desafios para os empreendedores de todas as atividades de valor da cadeia têm sido: (i) o atendimento das regras do Plano de Nacionalização Progressiva do BNDES para ter acesso a linhas com custos competitivos; e (ii) a disponibilidade de garantias para lastrear o financiamento. Este último, conforme discutido no capítulo 4, tem sido um problema em especial no segmento de geração distribuída.

Na prática, essa lacuna traz dois impactos diretos à viabilidade econômica da cadeia de valor: aumento no custo do financiamento (caso tomador opte por outras opções de financiamento) ou aumento da necessidade de capital próprio. Ambos os fatores reduzem a taxa interna de retorno dos investimentos.

No segmento eólico, por exemplo, o acesso ao financiamento do BNDES e do FNE, a taxas de juros abaixo de mercado, para a aquisição de aerogeradores fabricados localmente têm sido imprescindíveis na competição com aerogeradores importados que não são elegíveis a essas linhas. No segmento solar, contudo, a exigência pelo PNP de fabricação de células fotovoltaicas já a partir

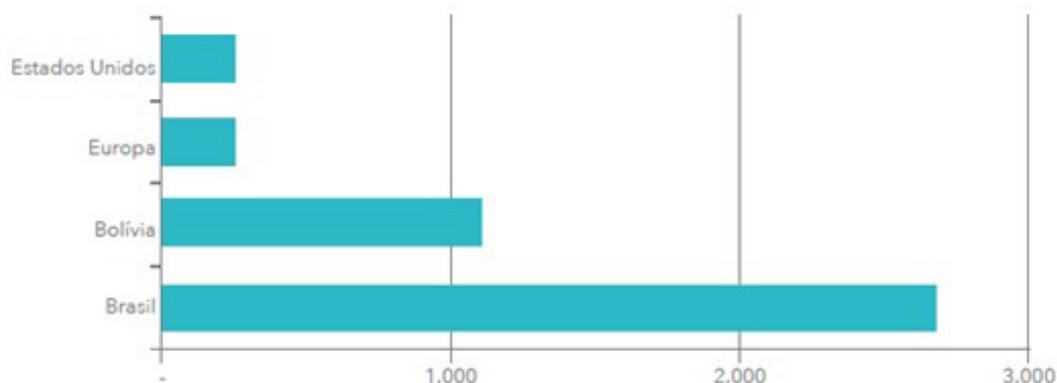
de janeiro de 2020 e da caixa de junção a partir de janeiro de 2018 será um grande desafio para a indústria local. De acordo com a regra atual do PNP, novos projetos de geração solar fotovoltaica serão inelegíveis a financiamentos do BNDES e do FNE, visto que não há fabricação local de células fotovoltaicas no Brasil. Demais atividades de valor não presentes no Brasil, como fabricação de backsheet, filme encapsulante, vidro grau solar, lingote e lâmina de silício e silício grau solar são tratadas no PNP como itens opcionais ou itens prêmios. Portanto, não são obrigatórios, mas têm a previsão de um acréscimo na alavancagem do empreendedor que adotá-los, ou seja, um reforço positivo, dessa forma, incentivando tanto os produtores de energia a comprarem localmente, quanto à cadeia produtiva a fabricar no Brasil.

### Complexidade tributária

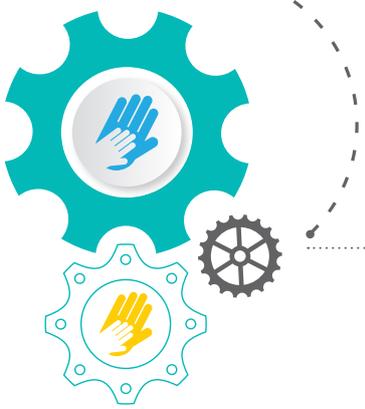
Esta é uma relevante desvantagem competitiva para as empresas estabelecidas no Brasil, principalmente o segmento industrial, com faturamento anual acima de R\$ 78 milhões, ou seja, adeptos obrigatoriamente ao regime fiscal do lucro real. Portanto, é mais um fator com sua parcela de culpa nas 10 atividades de valor – que são todos de fabricação de bens – que ainda não estão presentes no Brasil.

Tal nível de complexidade e burocracia, apesar de não se refletir diretamente em maior carga tributária, faz empresas no Brasil incorrerem em maior custo com pessoas, sistemas, controles e maior risco operacional que seus concorrentes estrangeiros. Além disso, a burocracia e a complexidade do sistema tributário brasileiro também são uma barreira de entrada para a vinda de novos investidores estrangeiros ao país.

Gráfico 35. Horas gastas com o cumprimento de obrigações tributárias por empresas



FONTE: INTERSOLAR, 2016.



## Carga tributária

Na seção anterior de indicadores microeconômicos de competitividade da cadeia solar fotovoltaica, foi constatado que a carga tributária sobre a montagem de módulos no Brasil é maior que sobre a importação de módulos acabados. Portanto, um desincentivo econômico ao desenvolvimento da cadeia local. Tal falta de isonomia tributária se repete para outras atividades de valor da cadeia que não estão presentes no Brasil, a exemplo da fabricação de células fotovoltaicas. Por se tratar de um segmento novo na economia brasileira, há ainda um grande trabalho a ser feito pelo Governo Federal e Estadual, com o apoio de representantes do segmento, para a adequação da carga tributária.

Necessário também destacar como gargalo produtivo, no tema da carga tributária, os encargos sobre a mão de obra, já discutidos na seção de indicadores macroeconômicos deste capítulo.

## Qualificação de mão de obra

A qualificação da mão de obra brasileira é uma lacuna de competitividade conhecida e de longa data. O déficit educacional e de formação técnica da mão de obra diante de outros países explica a queda acumulada de 32% na produtividade da mão de obra da indústria brasileira desde o ano 2000, se comparada aos demais países do mundo. Produtividade e qualificação menores geram maiores custos e maior número de horas para realizar as mesmas tarefas. Consequentemente, impactando de forma negativa a competitividade de se produzir no Brasil não só bens, mas também serviços intensivos em mão de obra como obra civil (parte da atividade de valor EPC).

## Tamanho do mercado

Diversas empresas que atuam nas diferentes atividades de valor da cadeia solar fotovoltaica são atores globais. Logo, conseguem otimizar seu nível de produção e diluir seus custos de produção e comercialização para se manterem competitivas no mercado mundial. Este tem sido um dos grandes diferenciais competitivos das principais empresas atuantes na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no mundo. Consequentemente, esta é uma das principais lacunas de competitividade para o desenvolvimento da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil, principalmente para a produção de bens.

Com um mercado doméstico estimado em 1,16 GWac para 2017 versus um mercado global de 70 GWac em 2016, é muito difícil viabilizar economicamente algumas atividades de valor da cadeia produtiva solar fotovoltaica que necessitem de escala, quando não são competitivas perante o mercado internacional. Empresas fabricantes de células fotovoltaicas em outros países do mundo, por exemplo, mencionam que a escala mínima para viabilizar uma fábrica de células é de 500 MWp/

ano. Atividades de valor, como fabricação de filmes encapsulantes, lingotes e lâminas de silício também requerem fabricação em escala relevante. Mesmo a atividade de valor de fabricação de inversores, já presente no Brasil, precisa de fábricas com escala preferencialmente superiores a 100 MWac/ano para ser competitiva diante de produtos importados.

### Infraestrutura logística

A infraestrutura logística no Brasil é um grande gargalo produtivo, seja impactando o custo e o prazo do recebimento de insumos (nacionais ou importados), seja na distribuição nacional ou exportação dos bens acabados. Para o segmento de geração centralizada há um gargalo adicional e crítico: a limitação de redes de transmissão para escoamento da energia elétrica. Como exemplo, em 3/10/2016, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e a EPE publicaram Nota Técnica 121/2016 (ONS, 2016) desqualificando todos os projetos solares e eólicos cadastrados nos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul a participar do 2º LER 2016, alegando falta de estrutura para escoamento da energia elétrica.

### Licenciamento e autorizações

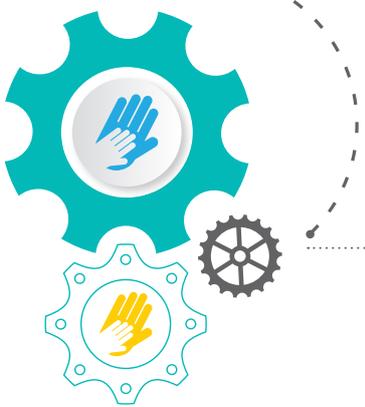
No caso de geração centralizada, foi apurado nas entrevistas que empresários/executivos, quando da implantação de suas instalações fabris ou mesmo de fazendas solares, encontraram dificuldades nos processos de licenciamento pelo desconhecimento existente por parte dos órgãos reguladores da tecnologia solar fotovoltaica.

Em geração distribuída, por sua vez, o maior desafio apontado por 69 dentre 190 instaladores entrevistados pelo Instituto Ideal tem sido o tempo de aprovação pelas distribuidoras do parecer de acesso das novas instalações (IDEAL, 2016). Fator este já tratado na REN 687, que passou a vigorar em março de 2016, a qual prevê a simplificação do processo de conexão e reduz o prazo máximo para as distribuidoras concluírem tal processo de 82 para 34 dias.

Apesar dessa curva de aprendizado ser um processo natural em um mercado solar incipiente como o Brasil, ela segue sendo um gargalo ao desenvolvimento do segmento.

### Custo de capital em moeda local

De acordo com o ranking mundial de juros reais, englobando os 40 países mais relevantes no mercado de renda fixa mundial, o Brasil segue sendo o país com a maior taxa de juros reais do mundo (Infinity Asset Management, 2017). Com a taxa referencial nominal do Sistema Especial de



Liquidação e Custódia (SELIC) estipulada em 12,25% ao ano em 22/2/2017, o Brasil apresentou taxa de juros reais de 6,55% ao ano no ano de 2016.

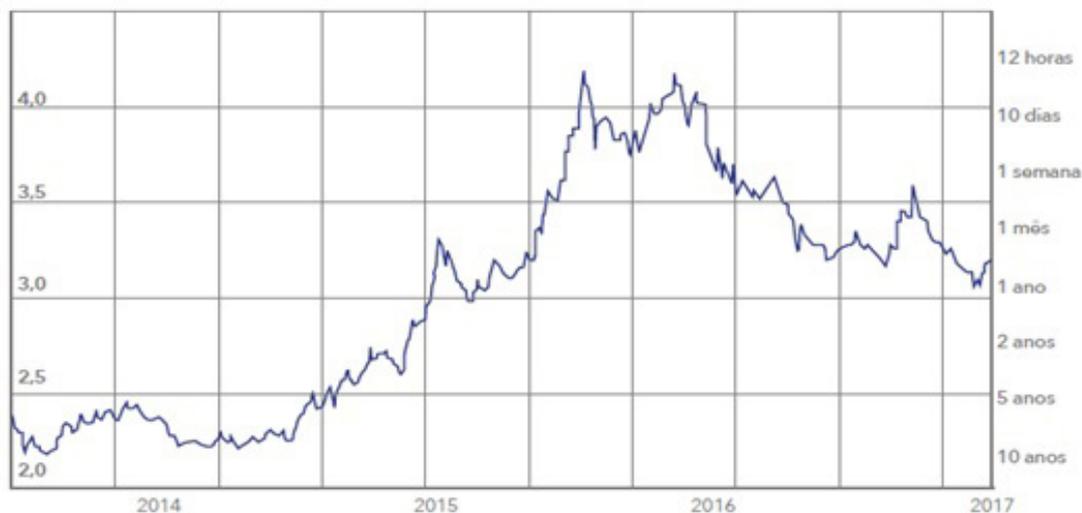
Por sua vez, países importantes na fabricação de células, lingotes, lâminas de silício, vidro grau solar, filme encapsulante e backsheet, como China (5º lugar no ranking de maior taxa real de juros com 1,80% a.a.), Japão (18º lugar com - 0,40% a.a.), Alemanha (34º com - 1,86%), Estados Unidos (33º com - 1,71% a.a.), Cingapura (12º com 0,26% a.a.), Holanda (32º com - 1,67% a.a.), Inglaterra (30º com - 1,52% a.a.) e Coreia do Sul (19º lugar com - 0,74% a.a.) têm custos de capital muito inferiores. Conseqüentemente, é muito mais caro para um empreendedor estabelecer uma atividade de valor na cadeia produtiva no Brasil se comparado a fazê-la em um dos países líderes mundiais, em especial, se o foco for o mercado doméstico, ou seja, se suas receitas forem em real.

### Risco cambial

O risco cambial é muito relevante em se tratando de uma cadeia de valor global. Em especial para o Brasil, cuja cadeia de produção do módulo está em fase inicial de desenvolvimento e parte importante do investimento no sistema fotovoltaico é indexado à moeda estrangeira.

Nesse aspecto, a grande lacuna de competitividade do Brasil diante de outros países tem sido a volatilidade da taxa de câmbio, mais do que a discussão de que se a taxa está depreciada ou apreciada demais. Como é possível observar na figura a seguir, desde 31/8/2013 (poucos meses antes do primeiro leilão de energia solar) até 9/3/2017, a taxa variou de uma mínima de R\$ 2,15/US\$ para R\$ 4,17/US\$, ou seja 93,9%.

Gráfico 36. Taxa de câmbio R\$/US\$ de 01 set. 2013 a 09 mar. 2017



FONTE: XE, 2017.

Em um ambiente de taxa de câmbio volátil, investidores do segmento estarão menos inclinados a fazer novos investimentos no Brasil. Tal lacuna de competitividade pode ser mitigada via uso de instrumentos derivativos. No entanto, tais instrumentos têm custo e nem sempre eliminam por completo o risco cambial.

### Risco regulatório

Uma das chaves para o crescimento sustentável do mercado solar fotovoltaico em qualquer país é um ambiente regulatório estável. Vários exemplos do segmento solar em países europeus mostram que decisões regulatórias equivocadas ou abruptas podem impactar dramaticamente o desenvolvimento do segmento (SolarPower Europe, 2016).

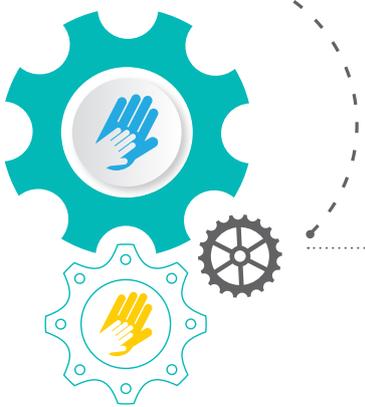
O segmento solar brasileiro de geração centralizada, apesar de recente, já coleciona alguns casos de mudanças ou decisões regulatórias que têm prejudicado seu desenvolvimento. O caso mais recente foi o cancelamento dos dois leilões de energia de reserva agendados para 2016, o último deles decidido há poucos dias antes da data do leilão.

Vale citar também a discussão da renegociação de parte dos contratos de venda de energia elétrica do leilão de reserva de 2014. Qualquer que seja a finalidade das discussões, em se tratando de renegociação de condições contratuais preestabelecidas em edital, haverá prejuízo para aqueles empreendedores que venceram o leilão e cumpriram sua obrigação, assim como para aqueles que não venceram o leilão, pois optaram por ser mais conservadores em suas premissas de viabilidade.

Pesa também para o segmento a falta de indicação pelo MME de seu planejamento de oferta e demanda de energia elétrica em longo prazo. Tal direcionamento é essencial no planejamento e na tomada de decisão de longo prazo da cadeia de valor – principalmente nas atividades de valor de fabricação de bens – nas quais os investimentos de capital demandam um payback mais longo. A esse respeito, o exemplo mais tangível foi a não publicação do PDE 2025 no ano passado.

Todos estes casos, ainda que se refiram diretamente à demanda por novos projetos da fonte solar de geração centralizada, indiretamente afetam toda a cadeia de valor do segmento, inclusive a geração distribuída.

Para a geração solar distribuída, a incerteza em relação à alteração ou não do formato do sistema de compensação de energia elétrica, conforme estabelecido pelas REN 482/12' e REN 687/15', até dezembro de 2019, além dos termos dessa possível alteração, permanece como um importante risco regulatório para a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica brasileira.



### Informalidade da concorrência

Segundo o estudo feito pelo Instituto Brasileiro de Ética Concorrencial (ETCO) e pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV/IBRE), o mercado informal no Brasil movimentou R\$ 983,283 bilhões em 2016, equivalente a 16,3% do PIB, alta de 0,1 ponto percentual sobre um ano antes (ETCO, 2016).

Para o empreendedor formal, investir em um segmento com informalidade e/ou com mão de obra informal é uma lacuna competitiva, pois ele não estará competindo em igualdade de condições do ponto de vista de custo de produção ou de prestação de serviços.

Inerente principalmente ao mercado de atuação das micro, pequenas e médias empresas no Brasil, o problema da informalidade também poderia atingir o segmento de geração distribuída. O Instituto Ideal entrevistou 210 empresas, entre “instaladores” e “fabricante/revendedor de módulos fotovoltaicos e/ou inversores”, e perguntou do total de profissionais contratados em 2015 qual percentual era de terceirizados e qual era de efetivos. A conclusão foi que 59% foram terceirizados e 41% efetivos (IDEAL, 2016).

Conseqüentemente, a minoria (41%) da mão de obra das empresas entrevistadas pelo estudo do Instituto Ideal era efetiva em 2015. O estudo classifica colaborador terceirizado como “aquele que realiza serviços para a empresa, sem estar efetivado por ela. Inclui prestadores de serviços e temporários”.

## 13.4. Diagnóstico da competitividade da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil versus mercado internacional

O objetivo deste capítulo é o de obter um diagnóstico geral e atual de quais atividades de valor da cadeia solar fotovoltaica são ou seriam competitivas no mercado brasileiro versus mercado internacional, caso já estivessem estabelecidas no país, ou seja, a análise tem como objetivo identificar se, para cada atividade de valor da cadeia, é vantajoso ou não se instalar no Brasil para suprir a demanda nacional. Adicionalmente, é feita a análise daquelas atividades de valor que não são competitivas hoje, quais têm potencial de se desenvolver e se estabelecer no país de forma a rivalizar seus concorrentes internacionais em curto, médio e longo prazo.

Para chegar às conclusões apresentadas abaixo, o estudo realizou entrevistas por telefone ou presenciais, 58 questionários com perguntas fechadas, análise da cadeia, da estrutura da indústria,

das forças competitivas, dos atores presentes no Brasil, dos principais atores no exterior e da complementaridade na cadeia nacional para cada uma das atividades de valor da cadeia.

Para a realização deste diagnóstico foi utilizada a metodologia da média ponderada com base no peso de cada critério adotado e a nota desse critério para o mercado brasileiro para cada atividade específica de valor. Essa análise é realizada em três cenários temporais: (i) curto prazo (até dezembro de 2019); (ii) médio prazo (entre 2020 e 2024); e (iii) longo prazo (de 2025 em diante).

O peso de cada critério para cada atividade de valor é definido com a seguinte numeração: (i) 1, para critério pouco relevante; (ii) 2, para critério com relevância média; e (iii) 3, para critério muito relevante. Já a nota de cada critério para cada atividade de valor é definida com a seguinte numeração: (i) 1, para fator não desenvolvido ou desenvolvido com deficiências no mercado nacional; (ii) 2, para fator com desenvolvimento médio no Brasil; e (iii) 3, para fator muito desenvolvido no Brasil.

Os fatores utilizados para realizar o presente diagnóstico foram:

- Crescimento da demanda doméstica;
- Produtividade de mão de obra;
- Carga e burocracia tributária;
- Complementariedade com atividades de valor já desenvolvidas no mercado brasileiro;
- Ranking de competitividade do Brasil;
- Acesso a financiamento competitivo;
- Infraestrutura logística.

Com base na ponderação do peso e nota de cada fator para cada atividade de valor em cada cenário temporal, a matriz abaixo apresenta os resultados de competitividade, sendo: (i) “Baixa”, para atividades de valor com notas entre 0 e 1,9; (ii) “Média”, para atividades de valor com notas entre 2,0 e 2,4; e (iii) “Alta”, para atividades de valor com notas entre 2,5 e 3,0. Por exemplo, uma atividade de valor qualquer que apresente o resultado “Média” para longo prazo, significa que, se essa atividade de valor for estabelecida no Brasil, após o ano de 2025, espera-se que ela tenha um nível médio de competitividade diante do mercado internacional.

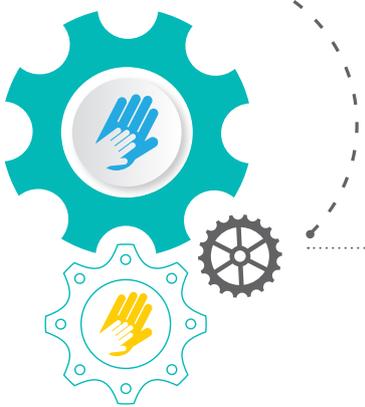


Tabela 119. Diagnóstico de competitividade no Brasil versus mercado internacional: módulos fotovoltaicas

Atividades de valor da cadeia	Prazo		
	Curto (Até dez/19)	Médio (2020 a 24')	Longo (Após 2025)
Silício grau solar	Baixa	Média	Média
Lingote e lâmina	Baixa	Média	Média
Gases de processamento de células	Baixa	Média	Média
Célula fotovoltaica (C-Si)	Baixa	Média	Média
Célula fotovoltaica (filme fino)	Baixa	Média	Média
Alumínio	Média	Média	Média
Moldura	Alta	Alta	Alta
Vidro especial	Média	Alta	Alta
Silicone de vedação	Alta	Alta	Alta
Filme encapsulante	Baixa	Baixa	Baixa
Backsheet	Baixa	Baixa	Baixa
Caixa de junção	Média	Alta	Alta
Módulo (C-Si)	Média	Média	Média
Módulo (filme fino)	Baixa	Baixa	Baixa
Acrílico	Alta	Alta	Alta
Policarbonato	Alta	Alta	Alta
Substrato de filme fino	Baixa	Média	Média
Compostos de filme fino	Baixa	Média	Média

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

### 13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Tabela 120. Diagnóstico de competitividade no Brasil versus mercado internacional: Outros componentes e equipamentos do sistema fotovoltaico

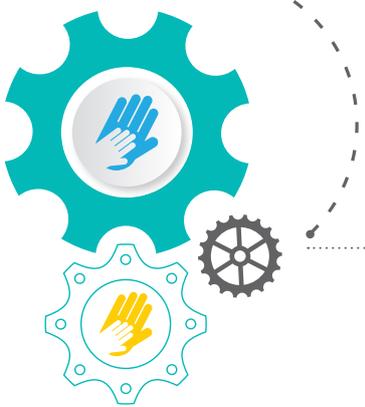
Atividades de valor da cadeia	Prazo		
	Curto (Até dez/19)	Médio (2020 a 24')	Longo (Após 2025)
String Box	Alta	Alta	Alta
Cabeamento e componentes elétricos	Alta	Alta	Alta
Aço	Média	Média	Média
Colas e outros adesivos	Alta	Alta	Alta
Estrutura metálica e trackers	Alta	Alta	Alta
Inversor	Alta	Alta	Alta
Medidor fotovoltaico	Alta	Alta	Alta
Sistema de armazenamento de energia/bateria	Baixa	Baixa	Média
Controlador de carga e descarga	Alta	Alta	Alta
Sistema de monitoramento	Alta	Alta	Alta

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Tabela 121. Diagnóstico de competitividade no Brasil versus mercado internacional: Serviços

Atividades de valor da cadeia	Prazo		
	Curto (Até dez/19)	Médio (2020 a 24')	Longo (Após 2025)
Editoração/Publishing	Alta	Alta	Alta
Instituições de ensino e pesquisa	Alta	Alta	Alta
Agentes financiadores	Média	Média	Média
Seguradoras	Média	Média	Média
Empresas de assessoria e consultoria	Média	Média	Média
Distribuidores de equipamentos/kits	Média	Alta	Alta
Desenvolvedores de projetos	Alta	Alta	Alta
Integradores de sistemas	Média	Alta	Alta
Produtores de energia	Alta	Alta	Alta
Fornecedor de EPC	Média	Alta	Alta
Fornecedor de O&M	Média	Alta	Alta

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



Tendo em vista os resultados apresentados nas tabelas neste capítulo, chega-se às seguintes conclusões:

No curto prazo, o Brasil é pouco competitivo comparado com o mercado internacional para bens que são produzidos em grande escala, como por exemplo, na Ásia, e que precisam de escala internacional para serem competitivos. Esse fator impacta a competitividade do silício grau solar até a produção da célula fotovoltaica, além de produtos como filme encapsulaste, backsheet e tecnologias de filmes finos.

Adicionalmente, o Brasil tem competitividade média para fabricação de bens como módulos fotovoltaicos, dado que as regras e custos em moeda local de financiamento nacionais são vantajosas para produtos com conteúdo local, se comparado com fontes de financiamento nacionais em moeda local para produtos sem conteúdo local.

Ainda no cenário de curto prazo, o Brasil tem competitividade alta em produtos que já são produzidos no país, porém destinados a outros setores da economia, como molduras, estruturas metálicas e componentes elétricos (economias de escopo) e que, ao mesmo tempo, têm acesso a financiamento diferenciado para esses produtos com conteúdo local.

Em termos de serviços, o Brasil é bastante competitivo no desenvolvimento de projetos, geração de energia, entre outros serviços, porém tem competitividade média em atividades de valor, como empresas que atuam como agentes financiadores, consultorias, integradores de sistemas, que enfrentam dificuldades como carga tributária e acesso a financiamento competitivo.

Em médio e longo prazo, com o crescimento da demanda do mercado, bens como vidro e outros componentes devem ficar mais competitivos localmente. A cadeia desde a produção de silício grau solar até o módulo fotovoltaico deve aumentar. Porém, apesar disso, a competitividade deve se manter média, se comparada com o mercado internacional. Mesmo com uma escala maior presente no país, a escala necessária para alta competitividade desses produtos é escala global, e o Brasil não é um país onde a competitividade industrial (encargos e produtividade de mão de obra, carga tributária, entre outros) é das mais eficientes do mundo.

Portanto, percebe-se que nos três cenários temporais a maior fragilidade de competitividade do Brasil é nas atividades de valor da cadeia de produção dos módulos fotovoltaicos. Para que essa falta de competitividade possa ser revertida, é preciso que o país fomente uma demanda doméstica grande e recorrente, a ponto de justificar o investimento no país. Vale ressaltar que o Brasil é um dos países mais populosos do mundo e que tem potencial solar fotovoltaico excepcional; portanto, para que a competitividade possa ser atingida são necessários incentivos específicos para o segmento, principalmente relativos à tributação, além da própria simplificação do sistema tributário.

### 13. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA COMPETITIVIDADE DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

---





14

# Potencialidades na cadeia fotovoltaica no Brasil

Este capítulo discute as possíveis e potenciais complementariedades na cadeia nacional da energia solar fotovoltaica, levantando quais atividades de valor da cadeia brasileira de bens e serviços apresentam o maior potencial para atuar na cadeia fotovoltaica nacional.

Além disso, este capítulo mostra alguns exemplos de melhores práticas para a inserção do pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica.

Finalmente, desenha cenários possíveis de nacionalização da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica e o que tais cenários representam do ponto de vista de investimentos em curto e longo prazo.

## 14.1 Complementariedade na cadeia nacional

A cadeia brasileira de bens e serviços apresenta diversas complementariedades com a cadeia solar fotovoltaica, e, portanto, existe o potencial para essas empresas (de bens e serviços) já presentes no Brasil em outros segmentos sejam adaptadas para atuar na cadeia solar fotovoltaica no país.

Como metodologia, a CELA mapeou todas as atividades de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica mundial (capítulo 1), mapeou as atividades de valor e empresas fornecedoras de bens e serviços da cadeia solar fotovoltaica no Brasil (capítulo 6 e 7), entrevistou e consultou diversos executivos do segmento solar, incluindo fabricantes de equipamentos e componentes da cadeia presentes no Brasil, realizou 58 questionários com perguntas fechadas a empresas do segmento, realizou a análise da estrutura competitiva de cada atividade de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica (capítulo 13) e, por fim, fez o mapeamento de quais bens e serviços apresentam maior complementariedade na cadeia nacional da energia solar fotovoltaica, conforme as tabelas a seguir.

### Bens

No Brasil, há forte complementariedade entre a cadeia de valor da indústria fotovoltaica e a de componentes eletrônicos, sobretudo, semicondutores. Além disso, grande parte dos bens da cadeia solar fotovoltaica, especialmente o Balance of System – como cabos, fios, estruturas – pode ser suprida por empresas que atuam hoje no país em segmentos similares como o de energia elétrica; com necessidade de alguma adaptação em suas unidades fabris para fornecer equipamentos ao segmento de energia solar fotovoltaica, dadas as características específicas das aplicações nesse segmento. Contudo, diante de uma demanda local reduzida, a produção de muitos desses bens acaba sendo feita fora do país, onde se concentra a demanda por essas aplicações. Consequentemente, existem oportunidades para desenvolvimento local a depender de uma demanda nacional robusta e constante. A tabela a seguir ilustra, dentre as atividades de valor da cadeia de bens do solar fotovoltaico, aquelas que têm potencial complementariedade com a atual cadeia produtiva brasileira do ponto de vista de economia de escopo. Portanto, diversos bens e serviços que integram cadeias produtivas de outros segmentos econômicos têm complementariedades com a cadeia solar fotovoltaica.

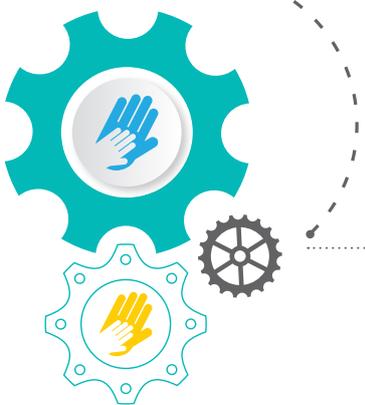


Tabela 122. Complementariedade na cadeia nacional para atuação na cadeia solar fotovoltaica – bens

Atividade de valor	Atuação atual na cadeia nacional	Possível atuação na cadeia da energia solar fotovoltaica
<b>Fabricantes de estruturas metálicas</b>	Fabricantes de estruturas metálicas para outros segmentos da economia, como infraestrutura e construção em geral	Fabricantes de estruturas metálicas fixas para projetos solares; com maior adaptação e desenvolvimento de tecnologia, possível fabricação de seguidores solares
<b>Fabricantes de inversores</b>	Fabricantes de inversores para o segmento elétrico e de equipamentos eletroeletrônicos para aplicações nas áreas de informática, telecomunicações e geração de energia	Fabricantes de inversores para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de string box</b>	Fabricantes de componentes elétricos	Fabricantes de string box para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de medidores</b>	Fabricantes de componentes elétricos	Fabricantes de medidores para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de baterias</b>	Fabricantes de baterias para outros segmentos, como o de automóveis	Fabricantes de baterias para o segmento fotovoltaico; necessidade de adaptar produto local às especificidades da tecnologia fotovoltaica (tempo de vida útil, novas tecnologias mais eficientes)
<b>Fabricantes de cabeamento</b>	Fabricantes de cabeamento para o segmento elétrico	Fabricantes de controladores de carga e descarga para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de componentes elétricos</b>	Fabricantes de componentes elétricos como geradores e transformadores para o segmento elétrico	Fabricantes de componentes elétricos para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de molduras</b>	Fabricantes de molduras de alumínio para outros segmentos da economia	Fabricantes de molduras de alumínio para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de caixa de junção</b>	Fabricantes de componentes elétricos	Fabricantes de caixa de junção para o segmento fotovoltaico



<b>Fabricantes de vidro</b>	Fabricantes de vidro para diversos outros segmentos da economia	Fabricantes de vidro para o segmento fotovoltaico, com alguma alteração em seu processo produtivo para produção de vidro grau fotovoltaico
<b>Fabricantes de policarbonato e acrílico</b>	Fabricantes de policarbonato e acrílico para diversos outros segmentos da economia	Fabricantes de policarbonato e acrílico para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de aço</b>	Fabricantes de aço para diversos outros segmentos da economia	Fabricantes de aço para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de alumínio</b>	Fabricantes de alumínio para diversos outros segmentos da economia	Fabricantes de alumínio para o segmento fotovoltaico
<b>Fabricantes de silicone, colas e adesivos</b>	Fabricantes de silicone, colas e adesivos para diversos outros segmentos da economia	Fabricantes de silicone, colas e adesivos para o segmento fotovoltaico

FORNTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

Adicionalmente, o Brasil está estudando a possibilidade e viabilidade de produzir silício grau solar no país. O programa Inova Mineral é uma iniciativa conjunta da Finep e do BNDES de fomento e seleção de planos de investimento que contemplem o desenvolvimento tecnológico, produção e comercialização de produtos e/ou serviços inovadores e mais sustentáveis, visando ao desenvolvimento de empresas e tecnologias brasileiras nas cadeias produtivas da indústria de mineração e transformação mineral. Nesse programa, o silício grau solar é considerado “Mineral Estratégico Portador de Futuro” (Finep, 2017a). O plano foi lançado em maio de 2016, e os resultados dos estudos de viabilidade da produção de silício grau solar no Brasil devem ser publicados até meados de 2018.

## Serviços

Praticamente todos os serviços da cadeia solar fotovoltaica podem ser atendidos por empresas que atuam hoje no país em segmentos similares, como infraestrutura, energia elétrica e energia eólica, com necessidade de alguma atualização para adaptar-se ao segmento de energia solar fotovoltaica. A tabela abaixo lista cada um desses casos.

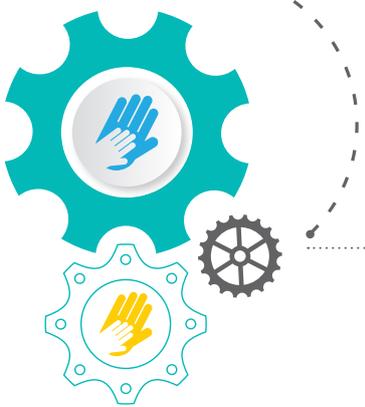


Tabela 123. Complementariedade na cadeia nacional para atuação na cadeia solar fotovoltaica – serviços

Atividade de valor	Atuação atual na cadeia nacional	Possível atuação na cadeia da energia solar fotovoltaica
<b>Editoração</b>	Empresas e publicações do segmento elétrico	Editoração e publicações para o segmento solar
<b>Seguradoras</b>	Seguradoras e corretoras de seguro com atuação no segmento de infraestrutura	Seguradoras e corretoras de seguro para projetos solares
<b>Licenciamento ambiental</b>	Consultorias que prestam serviços de licenciamento ambiental para projetos de infraestrutura	Consultoria para licenciamento ambiental de projetos solares
<b>Avaliação de recurso eólico</b>	Consultorias que prestam serviços de avaliação de recurso eólico	Avaliação de recurso solar
<b>Consultoria técnica/engenharia</b>	Consultorias que prestam serviços de consultoria técnica/engenharia para projetos de energia elétrica/treinamento e capacitação	Consultoria técnica/engenharia para projetos solares
<b>Modelagem financeira/project finance</b>	Consultorias que prestam serviços de modelagem financeira e assessoria a financiamento de projetos de energia elétrica	Modelagem financeira/project finance para projetos solares
<b>Distribuidores de equipamentos</b>	Distribuidores de equipamentos elétricos	Distribuidores de equipamentos e kits solares
<b>Desenvolvedores de projeto</b>	Desenvolvedores de projetos de energia renovável (eólica principalmente)	Desenvolvedores de projetos de energia solar
<b>Instalação de sistemas elétricos</b>	Instaladores de sistemas elétricos/automação	Instaladores e integradores de sistemas solares
<b>Fornecedores de EPC</b>	Empresas de desenho, engenharia, compras e construção para projetos de energia elétrica	Fornecedores de EPC para projetos solares
<b>O&amp;M</b>	Empresas de operação e manutenção de projetos de energia elétrica	O&M para projetos solares
<b>Produtores de energia</b>	Empresas de geração de energia renovável	Produtores de energia solar

FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.

## 14.2 Melhores práticas para inserção de pequenos negócios na cadeia fotovoltaica

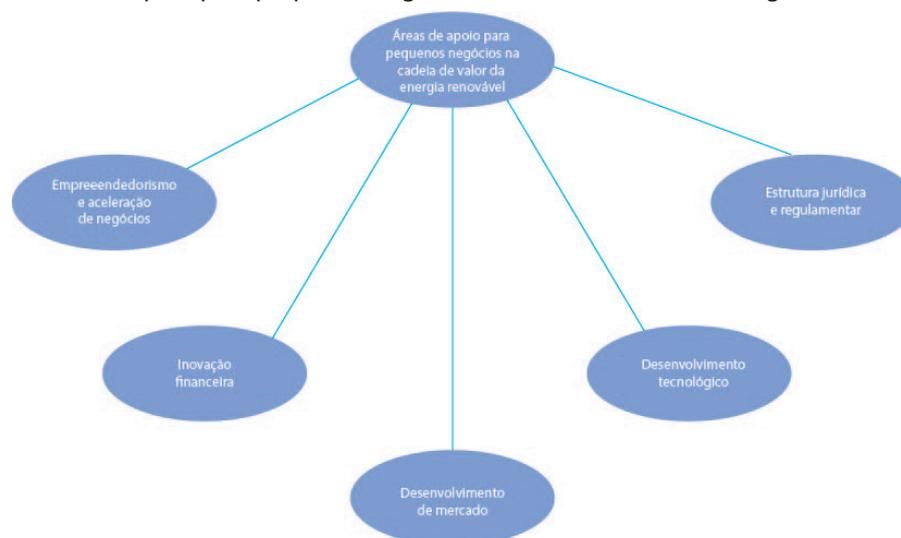
O intuito deste capítulo, ao avaliar as potencialidades da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica, é o de identificar oportunidades para novas empresas atuarem nesse mercado, em especial, empresas de menor porte que são matéria de interesse de relatório. Nesse sentido, melhores práticas internacionais podem ser uma boa referência de como incentivar a inserção do pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil.

### Melhores Práticas – Metodologia

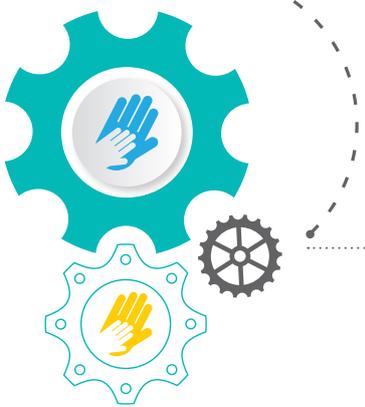
De acordo com o Banco Mundial, os principais fatores e áreas de apoio para acelerar a inserção do pequeno negócio na cadeia de valor das tecnologias limpas, inclusive da energia solar fotovoltaica, no mundo, incluem:

- Empreendedorismo e aceleração de negócios;
- Inovação em financiamento;
- Desenvolvimento de mercado;
- Desenvolvimento de tecnologia;
- Infraestrutura regulatória e jurídica.

Figura 58. Principais áreas de apoio para pequenos negócios na cadeia de valor da energia renovável



FONTE: WORLD BANK GROUP, 2014.



## EMPREENDEDORISMO E ACELERAÇÃO DE NEGÓCIOS

Nesta esfera, países devem buscar programas que ofereçam assistência técnica direta ao pequeno negócio, e conectá-los com investidores locais para desenvolvimento de tecnologia e/ou de produção.

### INOVAÇÃO EM FINANCIAMENTO

Existem diversos instrumentos disponíveis para o apoio ao financiamento de novos negócios e ao capital de risco para tecnologias limpas oferecidas pelo pequeno negócio, de forma a complementar fontes de financiamento tradicionais. Esses instrumentos incluem empréstimos com condições favoráveis e garantias de financiamento, por exemplo, estimulando investimento de capital de risco ou capital semente. Do lado da demanda, existe uma grande oportunidade para o estabelecimento de linhas de crédito específicas para cada tecnologia (inclusive solar fotovoltaica), que são comprovadamente úteis para tecnologias que necessitam de investimentos iniciais altos.

Além disso, de acordo com o Sustainable Business Institute, o pequeno negócio atuante no segmento de energia torna-se atraente para financiadores, quando incorporam o financiamento ao cliente final em seu modelo de negócio. Por meio da oferta de uma solução financiada a seus clientes, a demanda aumenta, o que por sua vez melhora sua atratividade a potenciais investidores (CFI, 2013).

### DESENVOLVIMENTO DE MERCADO

Existe uma gama de instrumentos utilizados para fomentar a demanda por produtos e serviços de pequenas empresas locais e facilitar o crescimento do mercado de energia limpa. Esses instrumentos incluem certificados de energia renovável, metas de energia renovável, leilões, entre outros. Mercados de energia limpa também podem receber um forte estímulo por meio de políticas de compras sustentáveis, padrões para fabricantes, etiquetagem e certificação de produtos, assim como intervenções indiretas, como campanhas educacionais e rankings de desempenho.

### DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA

Instrumentos desenhados para estimular o desenvolvimento de tecnologia incluem benefícios fiscais para P&D, bolsas-auxílio para pesquisas, colaborações de pesquisa financiadas com fundos públicos, acordos de cooperação tecnológica, entre outros.

### INFRAESTRUTURA REGULATÓRIA E JURÍDICA

A infraestrutura regulatória para o pequeno negócio nos diversos segmentos de “tecnologia limpa” pode ser estabelecida com a implementação de diversas políticas jurídicas e regulatórias, incluindo incentivos fiscais para segmentos específicos, crédito para redução de emissões, impostos sobre emissões, reduções de impostos de importação ou incentivos para atrair mão de obra especializada,

entre outras. Essas políticas podem ser desenhadas com o objetivo de criar incentivos a negócios e/ou metas compulsórias que atendam à oferta e à demanda dos mercados de tecnologias limpas.

Importante mencionar que formuladores de políticas, em especial, devem adotar e adaptar esses instrumentos para se tornarem relevantes às circunstâncias e particularidades de cada país. Também devem buscar mitigar os riscos-chave, incluindo falhas na coordenação de desenho de políticas e sua implementação, distorções de mercado e os efeitos da descontinuidade de políticas. Além disso, é importante que o desenho e implementação desses instrumentos sejam realizados em paralelo a uma estratégia nacional e abrangente de apoio ao pequeno negócio na cadeia de energia solar fotovoltaica.

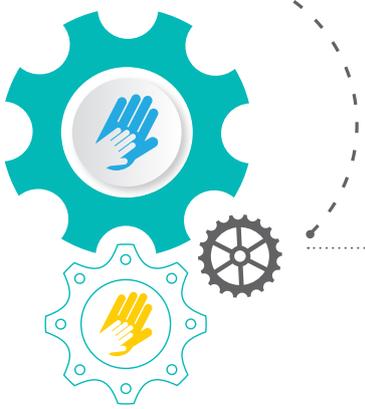
Além disso, a OCDE recomenda as seguintes políticas e programas para a inserção do pequeno negócio na cadeia de valor das energias renováveis, incluindo a energia solar fotovoltaica (OECD, 2010):

- Fornecimento de informações e conhecimento sobre as necessidades futuras: fomentar o conhecimento do pequeno negócio e empreendedores, e conectá-los à comunidades de conhecimento será crucial para favorecer a adaptação ou antecipação de mudanças relacionadas às energias renováveis, além de possibilitar sua inserção ativa na economia de baixo carbono, como fabricantes, consumidores, integradores de tecnologias, inovadores e treinadores. Ecossistemas locais de empresas, instituições e organizações constituem importantes atores na implementação de estratégias que conectam diferentes stakeholders em nível local;

- Redução de incertezas: conduzir ações para colocar o crescimento da economia verde no nível do crescimento convencional, por meio da elaboração de regulação consistente e previsível e da indicação de sinais de mercado claros. Tais iniciativas são essenciais para o estabelecimento da confiança de mercado necessária para que empresas planejem seus investimentos de longo prazo no segmento, além de fornecer incentivos para novos entrantes;

- Apoio à transformação dos requisitos e capacidades (skills): apoiar a transição para uma economia de baixo carbono necessita que a mão de obra seja adaptada e novas gerações sejam educadas para adotar os novos requisitos e capacidades necessários para a transformação do mercado. Políticas de treinamento podem facilitar o ajuste estrutural necessário para essa transição e, ao mesmo tempo, minimizar os custos sociais. Flexibilidade na entrega de programas de treinamento é crucial para atingir o pequeno negócio;

- Apoio à adoção de novos modelos de negócio: a redução de custo é atualmente o principal motor para a economia de baixo carbono entre os pequenos negócios. Políticas devem favorecer maior foco em estratégias ambientais integradas e práticas de gestão responsável, o que envolve mudanças e inovações não tecnológicas.



## Austrália

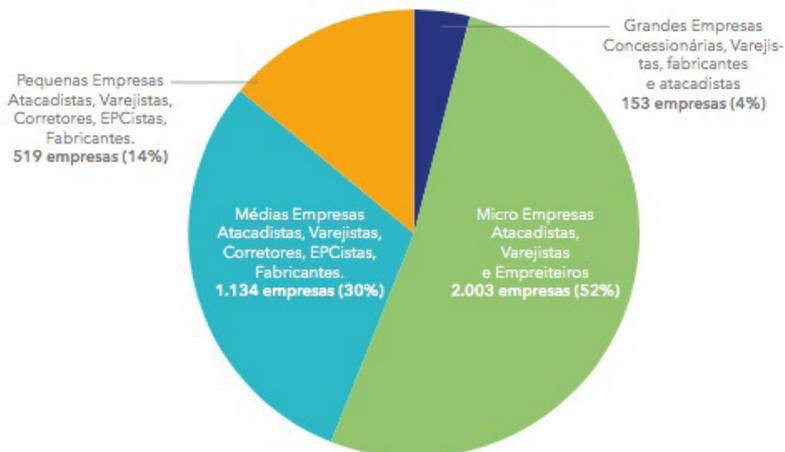
Na Austrália, a indústria solar fotovoltaica é dominada por pequenas e médias empresas (PMEs), que representavam 96% das 3.800 empresas fotovoltaicas naquele país em 2013 (66% eram pequenas e microempresas). Mais de 93% dos 21.000 australianos empregados pela cadeia solar fotovoltaica trabalhavam em pequenos e médios negócios naquele ano (SolarBusinessServices, 2014). São, em sua maioria, pequenas empresas especializadas em sua região de atuação. Empresas locais normalmente focadas em uma só cidade, e, portanto, com conhecimento regional profundo e especializado. Esse é um grande diferencial, por exemplo, na atividade de valor de integração e instalação de sistemas fotovoltaicos.

Um dos principais motores da predominância do pequeno e médio negócio na cadeia fotovoltaica australiana é sua política governamental específica para o pequeno negócio – a Meta de Energias Renováveis de Pequena Escala (Small – Scale Renewable Energy Target) – parte da Meta de Energias Renováveis do país, que apoia famílias australianas na redução de suas faturas de energia elétrica por meio da instalação de sistemas residenciais fotovoltaicos e de aquecimento solar. Como consequência, a venda, marketing e mão de obra de instalação da cadeia fotovoltaica é predominantemente orientada para o mercado de varejo na Austrália, e, portanto, a cadeia de valor da energia solar fotovoltaica naquele país é altamente fragmentada.

## Canadá

No Canadá, mais de 80% das PMEs do segmento de tecnologias limpas, inclusive o de energia solar fotovoltaica, exportam seus produtos, enquanto em outros segmentos da economia apenas 9% são exportadoras. A indústria de tecnologias limpas do Canadá cresceu baseada na propriedade

Gráfico 37. Porte das empresas solares fotovoltaicas na Austrália, 2013



FONTE: SOLARBUSINESSSERVICES, 2014.

intelectual pragmática da indústria: 74% das empresas de tecnologia limpa naquele país foram criadas para comercializar uma invenção de seus fundadores.

As PMEs do segmento de tecnologia limpa do Canadá investem cedo e muito em P&D. Portanto, essas PMEs estão estabelecendo uma indústria do futuro baseada em conhecimento, independente de seu tamanho pequeno e investem praticamente o mesmo volume absoluto de recursos que as grandes empresas investem em P&D todo ano. (BAK, 2011)

Algumas políticas governamentais canadenses e práticas de mercado que estimulam esse tipo de perfil das PMEs no segmento de tecnologia limpa no país incluem:

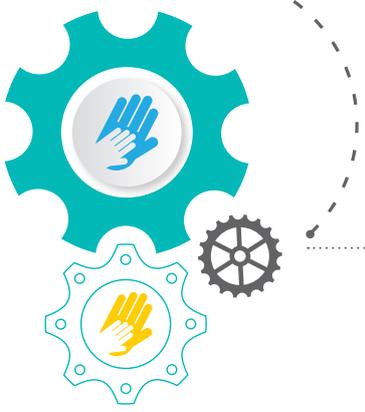
- Apoio à criação e manutenção de um mercado local robusto que garanta recomendações locais e forte engajamento do cliente, necessários para produtos e serviços de baixo carbono competitivos globalmente;
- Apoio à criação e manutenção de um mercado local robusto para atração de capital;
- O pequeno negócio vê a adoção no mercado doméstico como uma prioridade sobre outras políticas, como investimento em desenvolvimento de capacidades (skills);
- Respeito às origens privadas da Propriedade Intelectual na indústria de tecnologias limpas;
- A necessidade de desenvolver relacionamento próximo com fornecedores, nos quais grandes empresas trabalham diretamente com PMEs competitivas globalmente para criar ciclos de inovação dinâmicos.

### Estados Unidos

A indústria solar fotovoltaica é capital-intensiva e, portanto, as oportunidades na cadeia fotovoltaica para o pequeno negócio estão concentradas nos segmentos de serviços.

Nos Estados Unidos, a estratégia que viabilizou a adoção da geração solar distribuída em massa foi a de financiar o cliente final via locação/leasing de sistemas fotovoltaicos. Conforme já discutido neste estudo, esses produtos possibilitam que o consumidor final se beneficie da energia solar sem precisar adquirir o sistema, pagando uma mensalidade à empresa solar. Foi com essa estratégia, apoiada por financiamento competitivo oferecido ao consumidor final (que inclui pequenos negócios também) e às empresas solares (de qualquer porte), que permitiu a forte e sustentada inserção do pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos, especialmente na atividade de valor de integração de sistemas.

Além disso, uma tendência em geração distribuída é a proliferação de pequenas e médias empresas solares, com foco local/regional. Essa é uma tendência em países como os Estados Unidos, onde



grandes empresas solares que buscaram crescer fortemente e rapidamente com a utilização de dívida (altos níveis de alavancagem), não tiveram sucesso prolongado. Altos custos de aquisição de cliente e de estrutura corporativa têm limitado o sucesso dessas grandes empresas em longo prazo, principalmente em países com grandes extensões geográficas, como Estados Unidos, Austrália e mesmo o Brasil. Opções mais simples de financiamento para pequenos e médios instaladores, por outro lado, estão possibilitando o crescimento no número de pequenos e médios instaladores, e o conhecimento local desses pequenos negócios tem se provado um diferencial em sua região de atuação. Essa é uma ótima notícia para o pequeno negócio que atua no segmento.

Na Califórnia, a Assembly Bill 1883 possibilitou a adoção da energia solar fotovoltaica por pequenos negócios, por meio da redução significativa do investimento necessário para o pequeno negócio investir na aquisição de sistemas fotovoltaicos, com reduções no custo do Property Assessed Clean Energy (PACE). Outra ferramenta utilizada na Califórnia, pela SolarCity, é a criação e oferta de linhas de financiamento mais competitivas para pequenos negócios adotarem a energia solar fotovoltaica. O Programa de Incentivo Solar da Los Angeles Department of Water and Power também oferece incentivos para pequenos negócios adotarem a energia solar fotovoltaica, através de um pagamento em dinheiro creditado na conta de luz da pequena empresa que adota a energia solar fotovoltaica.

### Parceria de Energia da Vila Global (Global Village Energy Partnership)

O Global Village Energy Partnership (GVEP) é uma organização internacional de pequenos e médios negócios em energia na África, Ásia e América Latina, que financia e oferece treinamento a empreendedores.

O GVEP reconheceu a falta de conhecimento tecnológico como uma das principais barreiras para o financiamento de soluções de energia oferecido pelo pequeno negócio, devido aos riscos associados com qualidade do produto e serviço. Para minimizar essa barreira, o GVEP oferece treinamento integrado a empresas e empreendedores. Um sistema internacionalmente reconhecido de padrões de qualidade garante que pequenas empresas e empreendedores vendam somente produtos validados/certificados.

O GVEP também fornece assistência técnica a instituições financeiras locais para possibilitar que as equipes dos bancos financiadores conheçam e melhor avaliem os riscos envolvidos nos diferentes produtos solares. Finalmente, o GVEP conecta instituições financeiras a empreendedores e pequenos negócios cadastrados e validados por sua equipe, os quais aderem aos padrões de qualidade reconhecidos pelo Banco Mundial (CFI, 2013). Este é um caso de sucesso que já promoveu e continua a promover a inserção do pequeno negócio na cadeia solar fotovoltaica na África, Ásia e América Latina.

### Outras considerações

Vale lembrar, conforme apontado por estudo da Abinee (2012), a importância do fator escala na competitividade da cadeia produtiva do segmento solar fotovoltaico; o que significa que a inserção sustentável do Brasil na cadeia produtiva nesse segmento apenas se dará com incentivos paralelos à demanda doméstica (ambiente regulatório e comercial favorável à penetração da fonte fotovoltaica) e à oferta (incentivos diretos à produção local de componentes da cadeia de valor).

## 14.3 Cenários e projeções da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil

### Cenários de nacionalização da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica

Para que seja possível fazer projeções de investimentos na cadeia de valor brasileira de energia solar fotovoltaica como um todo, é necessário assumir cenários de taxa percentual de nacionalização da cadeia ao longo do tempo. O Greenpeace, no relatório Alvorada sobre geração distribuída, assumiu em seu modelo que o peso da importação no segmento seria de 80% entre 2015 e 2018, 50% entre 2019 e 2023 e de 20% entre 2024 e 2030.

Nesse estudo, serão traçados outros dois cenários para fins de análise e comparação. O primeiro, chamado cenário “base”, supõe: (i) que o Plano de Nacionalização Progressiva seja revisado pelo BNDES em 2017 em condições favoráveis ao desenvolvimento da cadeia e aos produtores de energia elétrica; (ii) que o PADIS seja revisado de forma a desonerar o custo de módulos montados no Brasil; e (iii) que a regulação da geração distribuída siga sendo, em longo prazo, tal qual a vigentes na REN 687. O segundo cenário, chamado “conservador”, supõe: (i) piora no ambiente regulatório da geração distribuída para o produtor de energia; (ii) manutenção da carga tributária sobre os módulos montados no Brasil; e (iii) manutenção do PNP do BNDES.

Tabela 124. Cenários de taxas de nacionalização da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica

Cenários de nacionalização	Greenpeace	Base	Conservador
De 2017 a 2018	80% de importação	70% de importação	80% de importação
De 2019 a 2023	50% de importação	50% de importação	60% de importação
De 2024 em diante	20% de importação	30% de importação	40% de importação

FONTE: GREENPEACE, 2016 (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

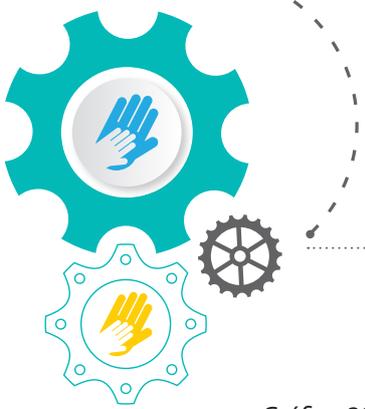
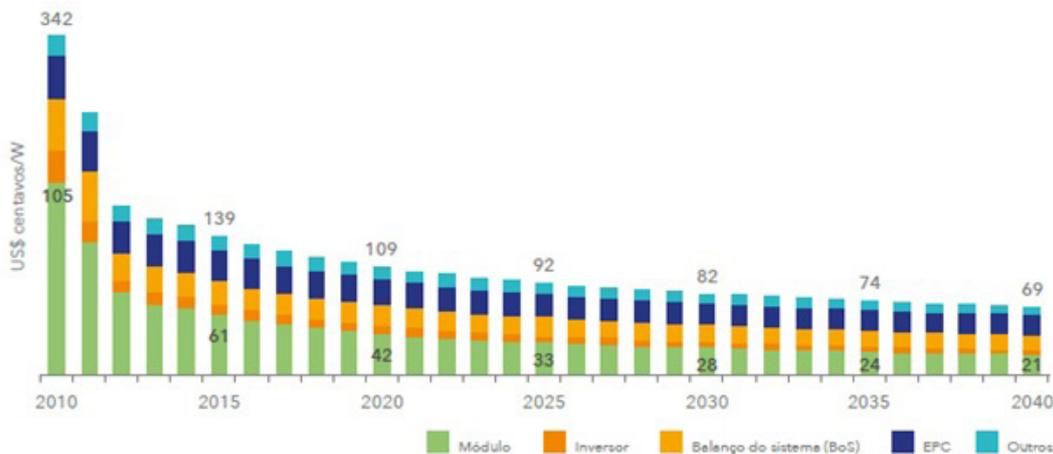


Gráfico 38. Participação em valor dos principais componentes do sistema fotovoltaico



NOTA: PROJEÇÃO A PARTIR DE 2016

FONTE: BNEF, 2015b.

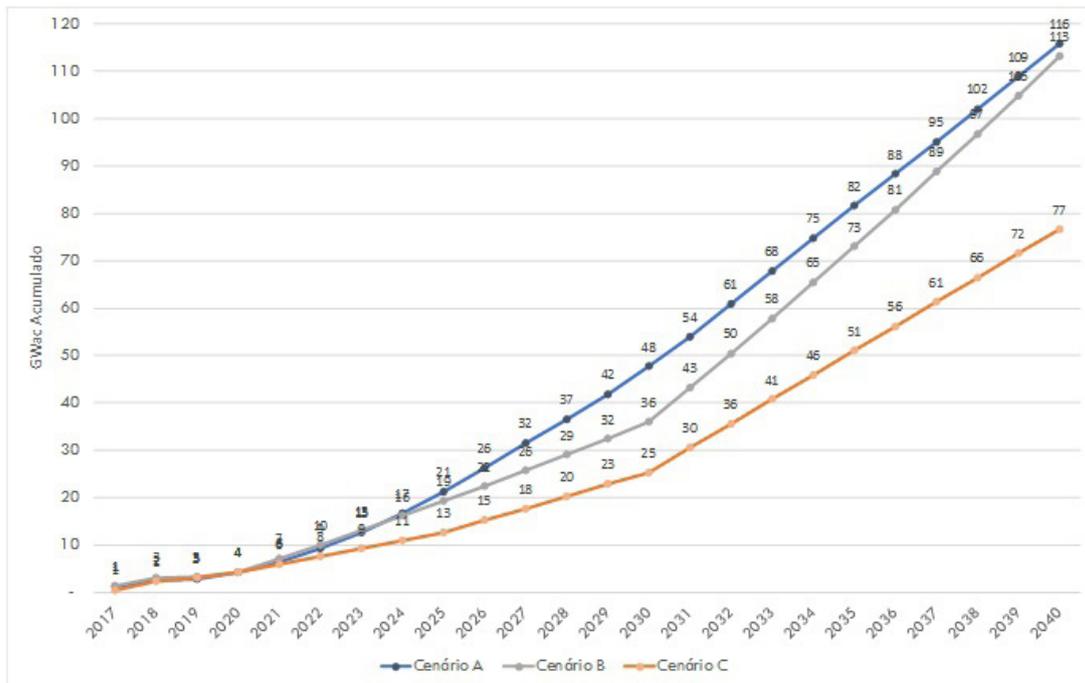
Importante observar no gráfico a seguir a expectativa da participação do módulo no custo total do sistema fotovoltaico continuar caindo ano a ano. Com isso, e dado que o principal gargalo de nacionalização é o módulo e seus componentes, mesmo o cenário mais conservador já conta com 60% de nacionalização de bens e serviços a partir de 2024. Por outro lado, considerando a regra geral de conteúdo local do BNDES de no mínimo 60% em peso e valor, transversal às diversas atividades de valor da cadeia – em longo prazo – a tendência é que sempre haja um percentual de bens importados; principalmente em função dos diversos gargalos estruturais de competitividade do segmento industrial brasileiro, identificados no capítulo 13.

## INVESTIMENTOS CONSOLIDADOS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Uma vez definidos os cenários de nacionalização da cadeia de valor ao longo do tempo, tais cenários devem multiplicar as projeções de investimento na cadeia como um todo para então se obter os investimentos na cadeia de valor no Brasil. Antes, para chegar às projeções de investimentos para toda a cadeia, deve-se definir os cenários de projeção de potência instalada consolidando geração centralizada e distribuída.

No capítulo 2, foram apresentados três cenários de projeção de capacidade instalada de geração centralizada e outros três de geração distribuída. Para fins dessa análise, esses seis cenários serão consolidados em três cenários de potência instalada total. O cenário A considera as projeções do cenário “Projeção Base” de geração centralizada do gráfico 15, somadas às projeções do cenário “Projeção Bloomberg” do gráfico 17. O cenário B considera a soma do cenário “Projeção Otimista” do gráfico 15 com o cenário “Projeção PNE 2050 Novas Políticas” do gráfico 17. Por fim, o cenário C considera a soma do cenário “Projeção ANEEL e EPE” do gráfico 15 com o “Projeção PNE 2050 Referências” do gráfico 17. Seguem os resultados:

Gráfico 39. Projeções da capacidade instalada acumulada de geração solar fotovoltaica centralizada e distribuída no Brasil (GWac)



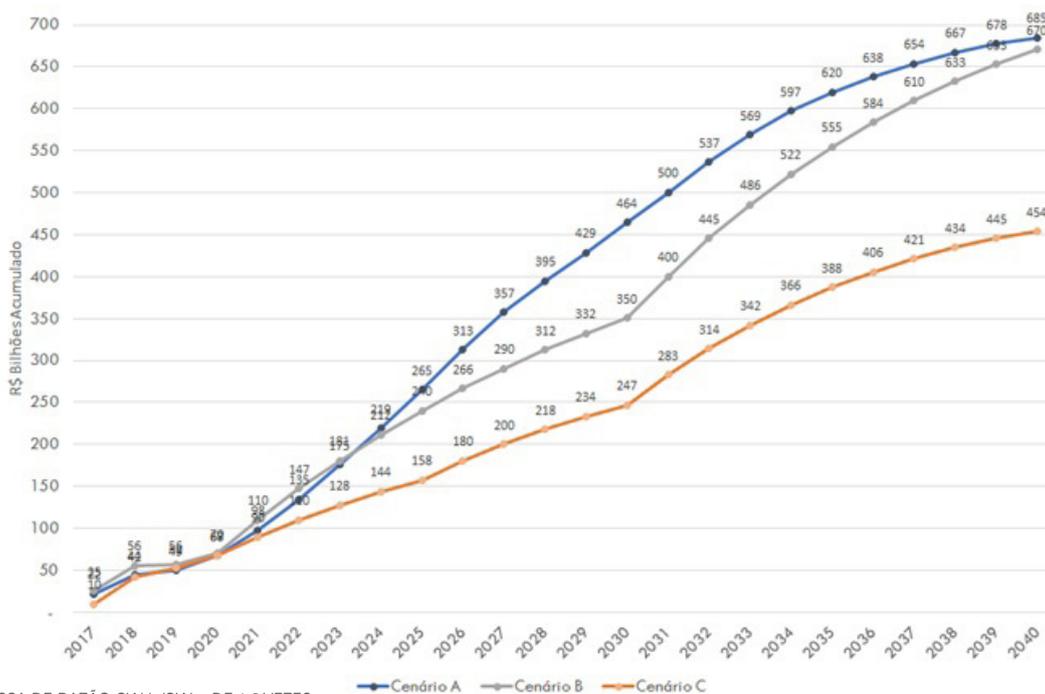
FONTE: ANEEL, 2017a, BNEF, 2016b, EPE, 2016c, 2016d (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

No capítulo 2, consideram-se múltiplos de R\$/Wp como referência para investimento em geração centralizada e geração distribuída. No entanto, tais investimentos em geração são somente uma parcela dos investimentos realizados em toda a cadeia de valor, desencadeados a partir da demanda por novos projetos. Para dimensionar o efeito multiplicador que os investimentos em geração causam na cadeia, tomou-se como base premissas utilizadas no cenário “Nova resolução normativa” do relatório Alvorada do Greenpeace (2016). A premissa considerada foi de R\$ 16,3514 em valor adicionado à economia brasileira para cada Watt pico instalado, supondo 100% de nacionalização e data-base em janeiro de 2016. Da mesma forma que no capítulo 2, sobre esse múltiplo, foi considerado fator redutor anual de 4,87%.

Portanto, supondo que cada Watt pico instalado gere R\$ 16,3514 em investimentos (independente do país onde tal investimento é feito), o valor total projetado de investimentos gerados pelos projetos de geração centralizada e distribuída no Brasil segue no gráfico abaixo para os cenários A, B e C de potência instalada:



Gráfico 40. Projeções do valor total de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional e internacional a partir dos projetos brasileiros em valores de janeiro 2017 (R\$ bilhões)\*



NOTA: \* PREMISSA DE RAZÃO GWdc/GWac DE 1,2 VEZES.

FONTE: ANEEL, 2017a, BNEF, 2016b, EPE, 2016c, 2016d, GREENPEACE, 2016. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

O gráfico chega a montantes bastante relevantes, da ordem de R\$ 67,3 a R\$ 70,2 bilhões entre os anos de 2016 a 2020 e de R\$ 454 a R\$ 685 bilhões no acumulado até 2040, a depender do cenário. Contudo, dada a conjuntura atual de arranjo produtivo da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica do Brasil, parte importante desses investimentos estão sendo feitos no exterior, pelo menos no curto prazo.

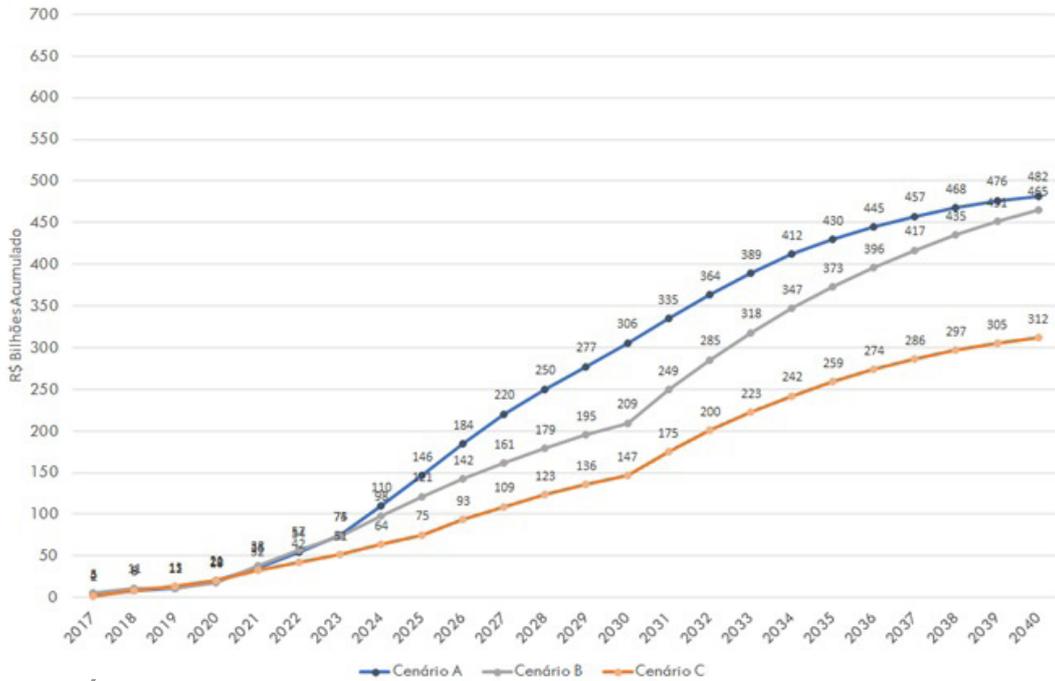
### INVESTIMENTOS CONSOLIDADOS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Mas quanto do investimento total da cadeia solar fotovoltaica poderá ficar no Brasil? Ponderando os investimentos do gráfico anterior com as premissas dos três cenários de taxas de nacionalização da tabela 124, chega-se aos seguintes valores:



## 14. POTENCIALIDADES NA CADEIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

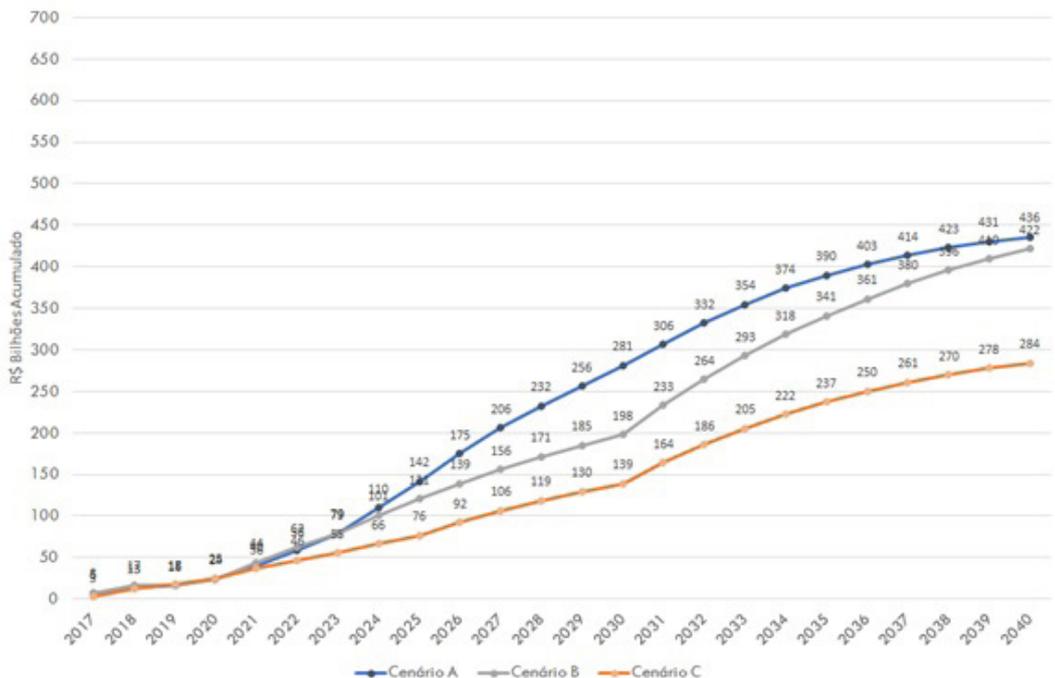
Gráfico 41. Projeções do valor acumulado de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional – cenário de nacionalização da cadeia “Greenpeace” em valores de janeiro de 2017 (R\$ bilhões)\*



NOTA: \* PREMISSA DE RAZÃO GWdc/GWac DE 1,2 VEZES.

FONTE: ANEEL, 2017a, BNEF, 2016b, EPE, 2016c, 2016d, GREENPEACE, 2016. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Gráfico 42. Projeções do valor acumulado de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional – cenário de nacionalização “Base” em valores de janeiro de 2017 (R\$ bilhões)\*



NOTA: \* PREMISSA DE RAZÃO GWdc/GWac DE 1,2 VEZES.

FONTE: ANEEL, 2017a, BNEF, 2016b, EPE, 2016c, 2016d, GREENPEACE, 2016. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).



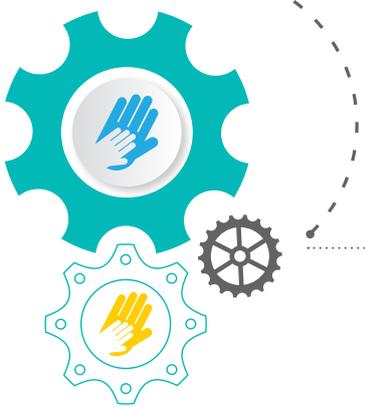
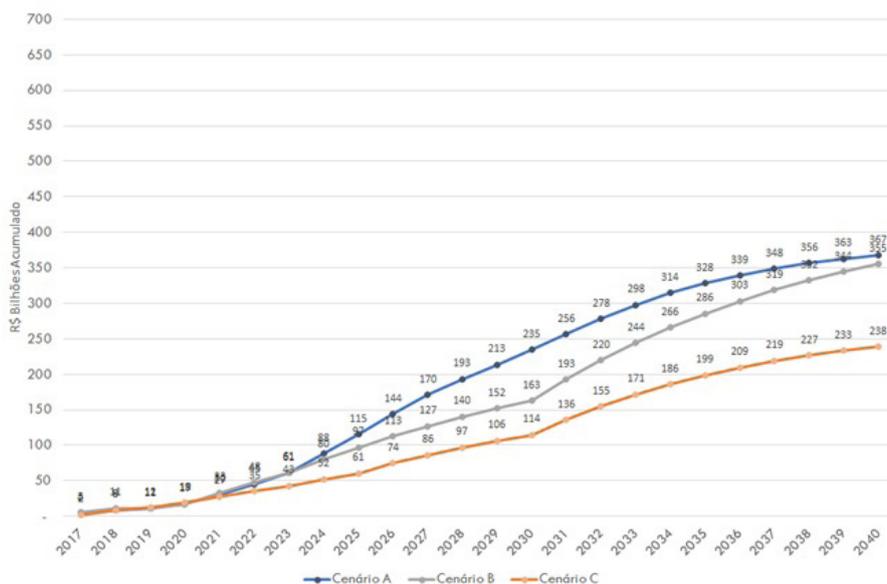


Gráfico 43. Projeções do valor acumulado de investimentos na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica nacional – cenário de nacionalização “conservador” em valores de janeiro de 2017 (R\$ bilhões)\*



NOTA: \* PREMISSA DE RAZÃO GWdc/GWac DE 1,2 VEZES.

FONTE: ANEEL, 2017a, BNEF, 2016b, EPE, 2016c, 2016d, GREENPEACE, 2016. (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Tomando como referência as projeções do Cenário A com premissas de nacionalização do cenário base, o investimento total acumulado de 2016 até 2040 na cadeia de valor brasileira é da ordem de R\$ 367 bilhões, equivalente a uma média de R\$ 14,7 bilhões por ano no período. Da mesma forma, é possível observar que há um salto nos investimentos a partir de 2024, ano no qual se assume um salto na premissa de nacionalização da cadeia. Portanto, pode-se concluir que uma política que incentive o desenvolvimento de uma cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil é sim muito relevante. No entanto, tal política deve ser pautada de forma a incentivar uma cadeia de valor competitiva, tanto no mercado interno, para poder competir de igual para igual com outras fontes, quanto no mercado externo. Do contrário, no longo prazo, não será possível capturar os percentuais de nacionalização almejados no mercado doméstico. Adicionalmente, ao desenvolver uma cadeia competitiva no Brasil, ela também poderá capturar parte da demanda por bens e serviços de países vizinhos.

## PARTICIPAÇÃO DA CADEIA SOLAR FOTOVOLTAICA DENTRO DA ECONOMIA BRASILEIRA

Segundo a Bloomberg New Energy Finance (2017a), foram investidos em 2016 US\$ 985 milhões no segmento solar, o que à taxa de câmbio de R\$ 3,2591/US\$ publicada pelo Banco Central do Brasil em 30/12/2016 (BACEN, 2016) equivaleria a R\$ 3,21 bilhões. O Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil em 2016, por sua vez, foi de R\$ 6.266,9 bilhões em valores correntes, enquanto a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) (indicador que mede o quanto as empresas aumentaram os seus bens de capital) foi de R\$ 1.026,8 bilhões (IBGE, 2016).

Tabela 125. Participação da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica na economia brasileira em 2016

R\$ Bilhões	2016	%
Investimento na Cadeia Solar	3,2	0,05%
Investimento em Geração de Energia Elétrica*	26,8	4,28%
Formação Bruta de Capital Fixo	1.026,8	16,38%
Produto Interno Bruto	6.266,9	100,00%

\* NOTA: BASEADO NO PDE 2024, ANUALIZADO.

FONTE: IBGE, 2016, BNEF, 2017a E EPE, 2015c (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

O investimento na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica representa quase 12% do investimento na cadeia de valor de geração de energia elétrica. Além disso, a representatividade da cadeia solar fotovoltaica na economia brasileira em 2016 foi de aproximadamente 0,05% do PIB ou ainda 0,31% da FBCF. Naturalmente essa é uma participação muito baixa, dada a pequena capacidade instalada do segmento em 2016. Por essa razão, faz-se necessário avaliar a projeção dessa participação ao longo dos anos, de forma a ilustrar o ganho de importância potencial do segmento na economia brasileira.

Para essa análise, foi considerada projeção de investimentos anuais totais da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil até 2040, baseada nos dados do Cenário A com as premissas de nacionalização da Projeção Base. Para a FBCF e para o PIB, foram considerados crescimento anual em termos reais (data base jan./2017) segundo projeções macroeconômicas do Banco Santander publicadas em 3/3/2017 (Santander, 2017a). Como referência, as taxas de crescimento são de 3,5% ao ano no período de 2021 a 2040.

O crescimento da participação da cadeia solar fotovoltaica na economia brasileira é de grande relevância ao longo dos anos, chegando ao pico de 2,21% da FBCF e 0,39% do PIB em 2026. Tais indicadores caem a partir de 2026, principalmente em função da premissa de queda no valor de investimento por Wp de 4,87% ao ano, enquanto o PIB e a FBCF crescem continuamente em termos reais à taxa anual de 3,5%.

O segmento de energia solar fotovoltaica apresenta oportunidades e desafios para inserção de pequenos negócios em diversas atividades de valor da cadeia de valor, pois é um segmento em franco crescimento.

As oportunidades identificadas para os pequenos negócios são mais abundantes no segmento de serviços, apesar de algumas oportunidades no segmento de bens (especialmente de alguns componentes) também serem viáveis.

De acordo com o Banco Mundial, o tamanho da oportunidade para pequenos e médios negócios em tecnologias limpas de países em desenvolvimento entre 2014 e 2023 é de US\$ 1,6 trilhão, dos quais



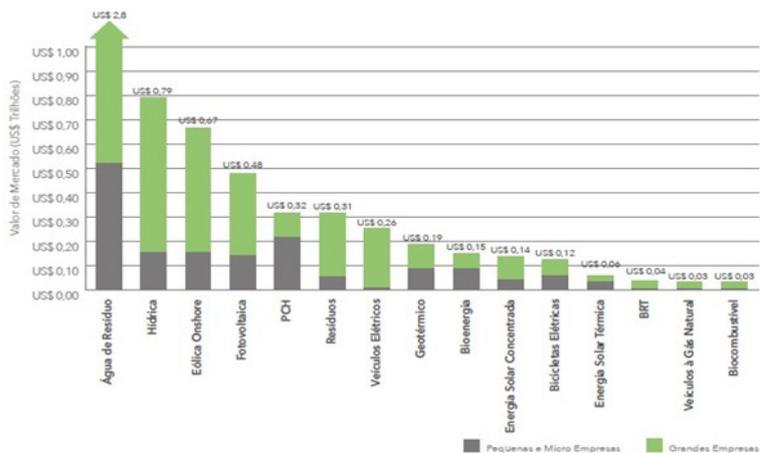
15

Oportunidades e desafios da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil para o pequeno negócio e sua inserção na cadeia

US\$ 150 bilhões são estimados para pequenos e médios negócios em energia solar fotovoltaica nesses países (World Bank Group, 2014).

Na América Latina, a oportunidade para o pequeno negócio está estimada em US\$ 7 bilhões em energia solar fotovoltaica entre 2014 e 2023, de acordo com o Banco Mundial. Essas oportunidades em energia solar fotovoltaica para pequenos negócios, de acordo com o Banco, estão principalmente na fabricação de pequenos componentes, integração e instalação de projetos, construção civil e O&M. Conhecimento dos mercados locais, necessidade de especialização e baixas barreiras financeiras e técnicas de entrada fazem dessas atividades especialmente acessíveis aos pequenos negócios.

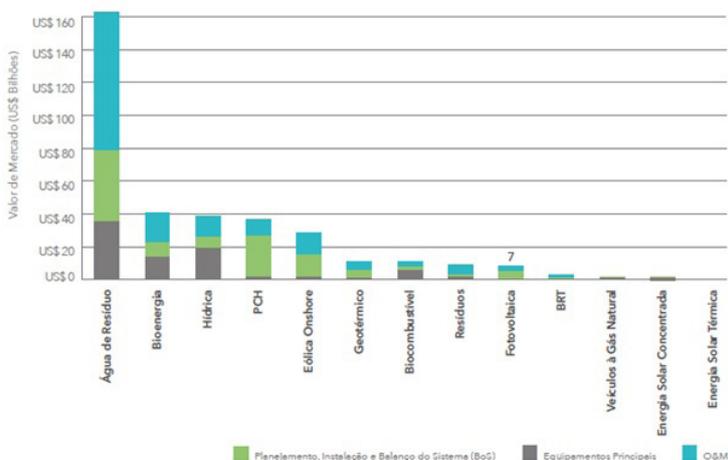
Gráfico 45. Tamanho do mercado de tecnologias limpas em países em desenvolvimento entre 2014 e 2023, por tamanho do negócio



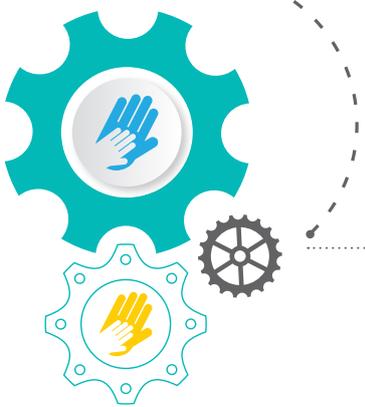
FORNTE: WORLD BANK GROUP, 2014.

Na América Latina, a oportunidade para o pequeno negócio está estimada em US\$ 7 bilhões em energia solar fotovoltaica entre 2014 e 2023, de acordo com o Banco Mundial. Essas oportunidades em energia solar fotovoltaica para pequenos negócios, de acordo com o Banco, estão principalmente na fabricação de pequenos componentes, integração e instalação de projetos, construção civil e O&M. Conhecimento dos mercados locais, necessidade de especialização e baixas barreiras financeiras e técnicas de entrada fazem dessas atividades especialmente acessíveis aos pequenos negócios.

Gráfico 46. Tamanho do mercado de tecnologiaas limpas para pequenos e médio negócios na América Latina entre 2014 e 2023



FORNTE: WORLD BANK GROUP, 2014.



Apesar de algumas oportunidades na fabricação de bens serem possíveis, pequenos negócios tendem a enfrentar barreiras como o alto investimento necessário para atuar nesses segmentos e a necessidade de expertise e equipamento altamente técnico. Portanto, as principais oportunidades estão concentradas nas atividades de valor de serviços.

## 15.1 Principais desafios e oportunidades na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil para os pequenos negócios

As principais oportunidades na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica para os pequenos negócios no Brasil são identificadas a seguir. São 28 oportunidades específicas identificadas no fornecimento de bens e serviços, com base nas entrevistas com as principais empresas atuantes na cadeia de valor da energia fotovoltaica no país.

Uma vez identificadas as oportunidades, seus desafios, presentes e futuros, são apresentados para cada oportunidade levantada.

### Serviços

As principais atividades de valor da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica, em que existem oportunidades para os pequenos negócios, estão no segmento de serviços. Este estudo aponta 20 oportunidades para o pequeno negócio em serviços para a cadeia solar fotovoltaica como integradores de sistemas fotovoltaicos, serviços de consultoria e assessoria diversos (consultoria ambiental, jurídica, tributária, fundiária, financeira, avaliação de recurso solar, técnica/engenharia, treinamento e capacitação), certificadoras, serviços terceirizados para grandes empresas de operação e manutenção, e editoração.

Tabela 126. Oportunidades para o pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica – serviços

Oportunidades	
<b>Integração de sistemas fotovoltaicos</b>	Serviços
<b>Consultoria ambiental</b>	Serviços
<b>Consultoria jurídica</b>	Serviços
<b>Consultoria tributária</b>	Serviços

## 15. OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL PARA O PEQUENO NEGÓCIO E SUA INSERÇÃO NA CADEIA

<b>Consultoria fundiária</b>	Serviços
<b>Assessoria financeira</b>	Serviços
<b>Avaliação de recurso solar</b>	Serviços
<b>Consultoria técnica/engenharia</b>	Serviços
<b>Treinamento e capacitação</b>	Serviços
<b>Certificadoras</b>	Serviços
<b>EPC</b>	Serviços
<b>O&amp;M</b>	Serviços
<b>Editoração</b>	Serviços
<b>Corretagem de seguros</b>	Serviços
<b>Corretoras de imóveis e proprietários de grandes imóveis rurais</b>	Serviços
<b>Fornecedores de alimentação</b>	Serviços
<b>Reciclagem/venda de módulos fotovoltaicos usados</b>	Serviços
<b>Consumidores de energia solar fotovoltaica</b>	Serviços
<b>Inovação tecnológica/universidades particulares</b>	Serviços
<b>Transporte especializado de sistemas FV</b>	Serviços

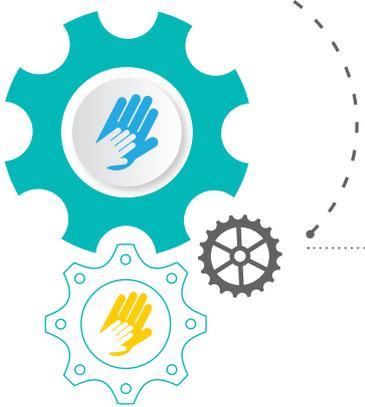
FONTE: ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

Esta conclusão está em linha com o estudo da Carbon Trust, que identificou que os segmentos de energia renovável que geram maior valor agregado são os de instalação e O&M, e não a fabricação de equipamentos, e, portanto, apresentam as melhores oportunidades para pequenos e médios negócios.

Conforme ilustrado acima, as melhores oportunidades para o pequeno negócio (maior valor agregado em instalação e O&M) estão nos segmentos de energia solar concentrada, biogás, solar térmica e solar fotovoltaica de pequena escala.

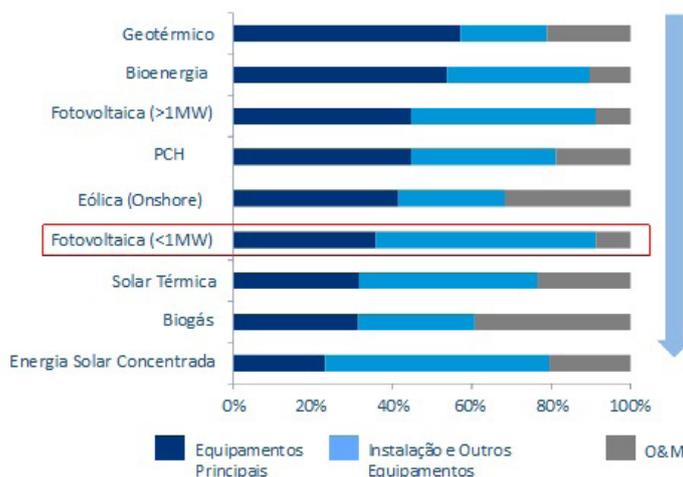
### INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS

A maior oportunidade para os pequenos negócios, em volume de investimentos, número de empresas e contratação de mão de obra, está na atividade de valor de integração e instalação de sistemas fotovoltaicos, empresas que fazem a venda, a instalação e a manutenção de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída em residências, comércios e indústrias. Hoje no Brasil existem mais de 1.000 empresas integradoras e instaladoras de sistemas fotovoltaicos, e o número continua crescendo. Este tipo de serviço pode ser realizado, inclusive, em parceria com outras empresas solares já estabelecidas.



Apesar da baixa barreira de entrada de pequenos negócios nessa atividade de valor, o desafio para sua inserção na cadeia é que empresas maiores, com acesso a capital, podem oferecer soluções mais completas e inovadoras a seus clientes, como, por exemplo, produtos financiados. Outro desafio para o pequeno negócio é competir e manter-se rentável em um negócio com tantas novas empresas e empresas já estabelecidas em diversas regiões do país.

Gráfico 47. Valor agregado na cadeia de valor da energia renovável global, por segmento



FONTE: CARBONTRUST, 2013.

Para minimizar esses riscos ou desafios, uma forma de o pequeno negócio atuar na venda e na instalação de sistemas fotovoltaicos é por meio de parcerias com empresas de energia fotovoltaica maiores e já estabelecidas, prestando serviço terceirizado de instalação e manutenção dos sistemas. Algumas empresas oferecem a opção de franquias, em que os franqueados trabalham em parceria com estas empresas maiores e já estruturadas, reduzindo, portanto, o risco para o pequeno negócio que entra nesse segmento.

Além disso, algumas das empresas integradoras maiores também oferecem comissão para microempresários com bom relacionamento comercial e que levam negócios para as empresas.

### SERVIÇOS DE CONSULTORIA E ASSESSORIA: AMBIENTAL, JURÍDICA/TRIBUTÁRIA/FUNDIÁRIA E FINANCEIRA

Serviços de consultoria apresentam diversas oportunidades para pequenos negócios e profissionais qualificados já atuantes em outros segmentos, para atender ao segmento de energia solar fotovoltaica, ambos no segmento de geração distribuída e geração centralizada, especialmente: assessoria jurídica/tributária/fundiária, consultoria ambiental e assessoria financeira.

Empresas de licenciamento ambiental, por exemplo, fornecem consultoria para gestão, estudos e licenciamento ambiental dos projetos fotovoltaicos, inclusive suporte para obtenção de autorizações junto à ANEEL, especialmente para projetos de geração centralizada que são implantados em áreas rurais. Serviços de assessoria jurídica, tributária e fundiária são prestados por profissionais da área de direito que avaliam os requisitos e riscos de projetos e empresas solares, e implementam estratégias para otimizá-las, incluindo: regularização de situação fundiária de projetos, formalização da conexão de novos sistemas junto às distribuidoras, e análise de contratos. Empresas de assessoria financeira auxiliam empresas solares na avaliação econômico-financeira de projetos fotovoltaicos de pequeno e grande portes.

## AVALIAÇÃO DE RECURSO SOLAR, ENGENHARIA E CONSULTORIA TÉCNICA, TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO, CERTIFICADORAS

Outras oportunidades para o pequeno negócio são serviços técnicos de avaliação de recurso solar, engenharia e consultoria técnica, treinamento e capacitação e certificadoras.

Empresas de avaliação de recurso solar realizam consultoria em certificação de dados solares, prospecção e avaliação de potencial solar e campanhas de medição solarimétrica, inclusive avaliação do rendimento energético de projetos. Empresas de consultoria técnica/engenharia realizam a elaboração de projeto conceitual e básico, layout de projetos, elaboração de estudos elétricos e outros serviços técnicos. Empresas de treinamento e capacitação conduzem treinamento de profissionais técnicos qualificados para atuar no segmento fotovoltaico, especialmente no design, na instalação e na manutenção dos sistemas, e são cada vez mais requisitadas devido ao crescimento do segmento e do número de empresas atuantes na cadeia fotovoltaica. Empresas certificadoras realizam serviços de certificação de equipamentos e de instalações fotovoltaicas. São cada vez mais necessárias e importantes para o segmento solar fotovoltaico.

### EPC E O&M

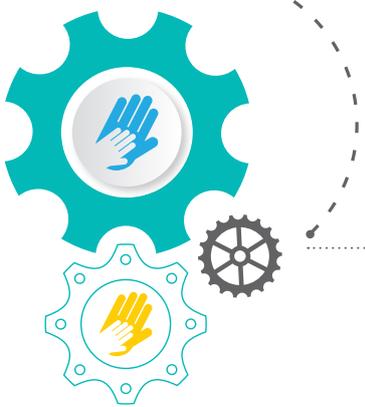
O EPC e a O&M de parques solares fotovoltaicos de geração centralizada – sua construção, operação e manutenção – são realizados por grandes empresas, e, em grande parte, por empresas atuantes no mercado internacional, devido à necessidade de garantias solicitadas pelos financiadores dos projetos às empresas de EPC e O&M e à necessidade de escala para estas empresas serem competitivas na cadeia fotovoltaica.

No entanto, existem oportunidades nesta atividade de valor da cadeia para pequenos negócios. Para pequenos empreiteiros e pequenos negócios de construção, obra civil e elétrica, há a oportunidades para fornecimento de serviços terceirizados regionais para grandes empresas de EPC e O&M com pequenas obras civis e elétricas, além de manutenção em pequenos e grandes projetos. No segmento de geração distribuída, serviços de O&M são oferecidos por pequenos negócios especializados diretamente para o cliente final, ou então como fornecedor em parceria com alguma empresa integradora de sistemas de maior porte. Aqui, o principal desafio é a qualificação da mão de obra, essencial para a prestação de um serviço de qualidade e de um negócio de sucesso.

### OUTRAS OPORTUNIDADES

Outras oportunidades para o pequeno negócio incluem:

- Pequenos negócios no ramo de editoração e publicação (revistas, websites) também podem encontrar no segmento fotovoltaico um nicho interessante, com uma audiência de leitores cada vez maior;



- Pequenas empresas de corretagem de seguros podem se especializar no ramo solar fotovoltaico, oferecendo seguros para projetos fotovoltaicos;
- Corretoras de imóveis rurais podem se especializar em mapear e oferecer imóveis apropriados para a instalação de projetos fotovoltaicos, conforme as necessidades específicas do segmento;
- Fornecedores de alimentos e refeições para refeitórios de empresas de construção de grandes projetos em áreas remotas são oportunidades para pequenos negócios no ramo de alimentação;
- Instituições como universidades particulares têm a oportunidade de inserir-se no campo de inovação tecnológica específica para a energia solar fotovoltaica, criando e/ou adaptando tecnologias para a realidade brasileira;
- O transporte de equipamentos fotovoltaicos é essencial na manutenção e na garantia da qualidade desses equipamentos sensíveis. Existem oportunidades para pequenos negócios especializarem-se no transporte destes equipamentos;
- Alguns empresários do segmento acreditam que nos próximos anos deverá ser criado um mercado de reciclagem de módulos fotovoltaicos usados e reconicionados para revenda, que poderá ser realizada por pequenos negócios;
- O custo da energia elétrica representa uma parte substancial do custo total de grande parte dos pequenos negócios. A energia solar fotovoltaica pode beneficiar esses negócios, reduzindo o custo com energia elétrica dos pequenos negócios que aderirem à energia fotovoltaica, além de mudar sua matriz elétrica para uma mais limpa e renovável. Isto pode ser atingido por meio do investimento na aquisição de um sistema fotovoltaico, ou da locação de uma solução solar fotovoltaica de uma empresa solar (IRENA, 2014).

## Bens

Apesar de existirem inúmeras oportunidades no segmento de serviços, existem poucas oportunidades para os pequenos negócios no segmento de bens da cadeia solar fotovoltaica. A cadeia de bens e equipamentos é formada por grandes empresas que, por meio do fornecimento desses componentes e equipamentos em grande volume, conseguem ser competitivas em uma cadeia de produção em que a escala é essencial.

No entanto, oportunidades existem para pequenos negócios em atividades de valor, como fornecedores de sistemas de monitoramento e fornecedores de fornecedores de diversos equipamentos e componentes do sistema fotovoltaico.

## 15. OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL PARA O PEQUENO NEGÓCIO E SUA INSERÇÃO NA CADEIA

Tabela 127. Oportunidades para o pequeno negócio na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica – bens

Oportunidades	
Sistemas de monitoramento	Bens
Fornecedores de fornecedores: parafusos	Bens
Fornecedores de fornecedores: porcas	Bens
Fornecedores de fornecedores: buchas	Bens
Fornecedores de fornecedores: borracha para vedação	Bens
Fornecedores de fornecedores: embalagens	Bens
Fornecedores de fornecedores: materiais para fabricação de componentes elétricos	Bens
Fornecedores de fornecedores: materiais para fabricação de cabeamento	Bens

FONTE: ENTREVISTA COM EMPRESAS DO SEGMENTO (ADAPTADO POR CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA).

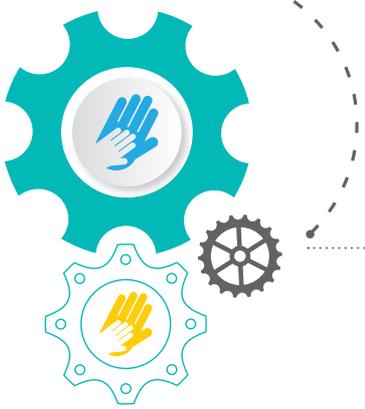
### SISTEMA DE MONITORAMENTO

Desenvolvimento e fornecimento de sistemas de monitoramento pode ser um nicho interessante para pequenas empresas brasileiras desenvolverem produtos locais, ou até mesmo licenciarem sistemas estrangeiros. Este nicho envolve desenvolvimento de softwares próprios, que, se desenvolvidos no Brasil, podem apresentar custo competitivo. O investimento necessário para atuar neste ramo não é alto, não possui grandes barreiras de entrada, e o Brasil apresenta alguns polos de desenvolvimento de software e tecnologia.

### FORNECEDORES DE FORNECEDORES: PARAFUSOS, PORCAS, BUCHAS, BORRACHA PARA VEDAÇÃO, EMBALAGENS, MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO DE COMPONENTES ELÉTRICOS E CABEAMENTO

Embalagens representam uma oportunidade para o pequeno negócio, disponível em praticamente toda a cadeia de bens da energia solar fotovoltaica. Pequenos fabricantes de embalagens já atuantes em outros segmentos da economia brasileira, por exemplo, podem atender ao segmento fotovoltaico.

Fornecedores de pequenos componentes, como parafusos, buchas, borracha para vedação, materiais para fabricação de componentes elétricos e cabeamento, entre outros, podem atender à crescente demanda por estes bens de fabricantes de estruturas metálicas e componentes elétricos de maior porte.



## 15.2 Avaliação de possíveis modelos de negócio, perfil do negócio, requisitos e capacidades

As tabelas a seguir analisam os principais desafios, presentes e futuros, da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil, em que foram levantadas oportunidades para o pequeno negócio, e sua inserção nesta cadeia. Para isso, são sinalizados:

- O investimento inicial necessário para o pequeno negócio atuar em cada uma das atividades de valor que possuem oportunidades na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica, que pode apresentar um desafio, no caso de altos investimentos necessários;
- Os drivers do negócio, que representam diferenciais e boas práticas que o pequeno negócio deve desenvolver para atuar com sucesso na cadeia da energia solar fotovoltaica;
- A qualificação gerencial e técnica para os profissionais do negócio;
- Os riscos envolvidos, que representam desafios a serem encarados pelo pequeno negócio para atuar com sucesso nesta cadeia.

Os principais pontos relevantes para a inserção do pequeno negócio na cadeia fotovoltaica, em todas as atividades de valor da cadeia, incluem:

- Conhecimento de mercados locais;
- Necessidade de especialização;
- Poucos obstáculos financeiros e técnicos.

Além disso, para que o pequeno negócio desenvolva-se na cadeia solar fotovoltaica, é necessário que possua:

- i. Qualidade, devido à garantia fornecida pelos grandes fornecedores da cadeia, sendo que essas empresas devem passar por rigorosa qualificação técnica feita pela contratante;
- ii. Experiência; não há restrição a tamanho e faturamento para fornecedores, mas sim pacote de requisitos em que se aceita homologação, tais como:
  - a. ISO 14.000 (Gestão Ambiental);
  - b. ISO 18.000 (Gestão de Segurança e Saúde);
  - c. ISO 9.000 (Gestão da Qualidade).

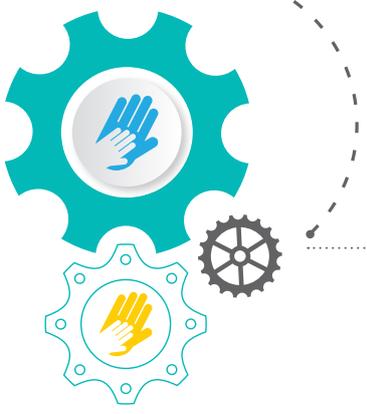
Esses requisitos são necessários para demonstrar aplicabilidade dos procedimentos e das práticas.

15. OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL PARA O PEQUENO NEGÓCIO E SUA INSERÇÃO NA CADEIA

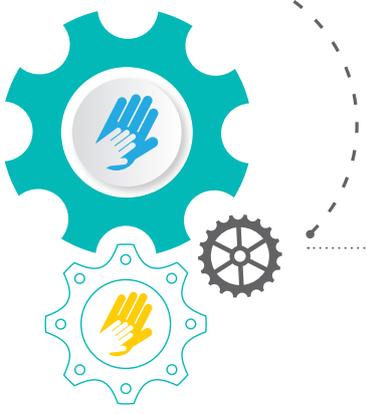
Tabela 128. Oportunidades, modelos de negócio, perfil do negócio e requisitos – integração de sistemas

	Geração centralizada	Geração centralizada
<b>Investimento inicial</b>	Baixo	
<b>Drivers do negócio</b>	Especialização regional/conhecimento do mercado local; estrutura enxuta; marketing intenso para aquisição de clientes; baixo custo; diferenciação do produto.	
<b>Qualificação gerencial</b>	Estratégia comercial/vendas; geração de receita e prospecção de novos clientes; marketing; financiamento; análise de viabilidade de projetos; análise de fluxo de caixa e projeções de faturamento; precificação de contratos com clientes.	
<b>Qualificação técnica</b>	Formação acadêmica em engenharia elétrica; layout e engenharia de projetos fotovoltaicos; instalação de sistemas fotovoltaicos dentro das normas de segurança e qualidade; manutenção e monitoramento de projetos fotovoltaicos; levantamento das necessidades de materiais e mão de obra, análise de viabilidade e acompanhamento de cronograma e orçamentos; especificações, desenhos e outros requisitos para possibilitar a construção, a montagem, o funcionamento e a manutenção dentro de padrões técnicos adequados; manutenção agendada dos projetos.	
<b>Riscos</b>	Baixo-médio: sem barreira de entrada; grande concorrência por preço; possíveis margens baixas.	
<b>Ameaça de produtos substitutos</b>	Produtor de energia criar equipe própria e desenvolver seus próprios projetos e concorrência direta de solar com outras fontes.	Eficiência energética, migração para o mercado livre.
<b>Poder de barganha dos fornecedores</b>	Médio (a depender do porte do desenvolvedor e se ele também é produtor de energia).	
<b>Poder de barganha dos compradores</b>	Alto	Baixo, se residencial, e alto, se demais segmentos

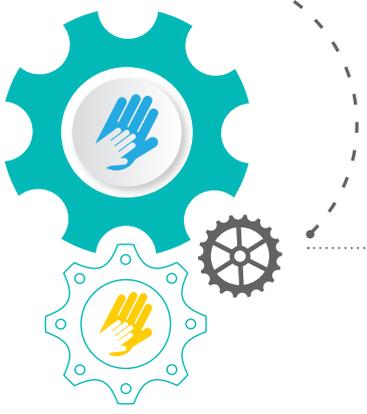
FONTE: CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA.



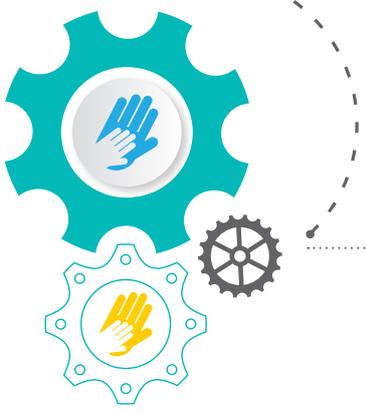




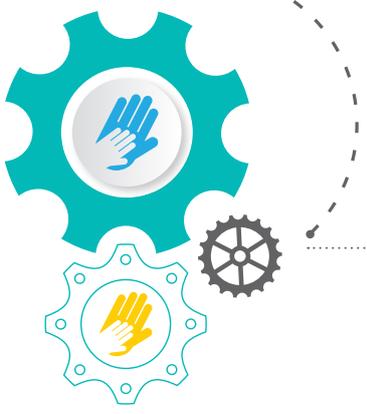














Organização  
de Estados  
Ibero-americanos



Para a Educação,  
a Ciência  
e a Cultura

Organización  
de Estados  
Iberoamericanos

Para la Educación,  
la Ciencia  
y la Cultura



Fundo Multilateral de Investimento  
Membro do Grupo BID



Banco Interamericano  
de Desenvolvimento



*Serviço Brasileiro de Apoio às  
Micro e Pequenas Empresas*

[www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)  
0800 570 0800

