

## ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

**FRANCISCO DINIZ BEZERRA**

Engenheiro Civil. Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
Coordenador de Estudos e Pesquisas do BNB/ETENE  
diniz@bnb.gov.br

### SITUAÇÃO ATUAL

A capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil corresponde a 2,3 GW, sendo 1,8 GW em projetos centralizados e 0,5 GW em geração distribuída (dados de 25/12/2018). O Nordeste sedia 69,2% dos projetos centralizados e 19,0% da geração distribuída. Nessa região, destaca-se a Bahia, que detém 34,9% da geração centralizada do Brasil, e o Ceará, com 4,2% da geração distribuída do País.

### PERSPECTIVAS

No Brasil, o mercado de energia renovável passa por grandes transformações, observando-se maior presença de investidores globais, comercialização mais diversificada e utilização de outras fontes de financiamento, além das ofertadas pelo BNDES. Nos últimos anos, tem crescido substancialmente o número de consumidores no Ambiente de Contratação Livre (ACL), conhecido também como mercado livre de energia. Por outro lado, a intensa concorrência dos projetos nos leilões regulados está levando os empreendedores a alocarem parte da energia para o mercado livre, onde podem obter melhores preços. A tendência é a continuidade da migração do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) para o ACL. No que concerne às fontes de financiamento, cresce a participação do Banco do Nordeste, bancos privados e de instrumentos de mercado de capitais.

Estudos da Empresa de Pesquisa Energética (MME; EPE, 2017) apontam para um futuro muito promissor para a energia solar. Com efeito, segundo o estudo, a geração solar fotovoltaica centralizada, cujos projetos são oriundos principalmente de leilões promovidos pelo Governo Federal, crescerá, em média, expressivos 84,6% a.a. de 2016 até 2026, alcançando 9,7 GW, montante que corresponderá a 4,7% da capacidade instalada de geração do Brasil naquele ano. O Nordeste será a região mais contemplada nos investimentos previstos, em função de sua elevada competitividade nessa atividade.

Para a geração distribuída, modalidade em que os consumidores residenciais, comerciais, industriais e rurais produzem a sua própria energia, também prevê-se um crescimento exponencial de 46,1% a.a., em média, no uso de sistemas fotovoltaicos, de 2016 até 2026, ano que deverá alcançar 3,6 GWp e 770 mil unidades consumidoras (MME; EPE, 2017). O financiamento de projetos de energia solar fotovoltaica para pessoas físicas, com recursos do FNE, autorizado recentemente pelo Governo, impulsionará ainda mais a geração distribuída na região Nordeste.

**A geração distribuída ganha força no Nordeste, com o FNE Sol incluindo o financiamento também para pessoas físicas.**

#### ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE - ETENE

**Expediente:** Banco do Nordeste: Romildo Carneiro Rolim (Presidente). Luiz Alberto Esteves (Economista-Chefe). Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE: Tibério R. R. Bernardo (Gerente de Ambiente). Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais: Luciano J. F. Ximenes (Gerente Executivo), Maria Simone de Castro Pereira Brainer, Maria de Fátima Vidal, Jackson Dantas Coelho, Fernando L. E. Viana, Francisco Diniz Bezerra, Luciana Mota Tomé, Roberto Rodrigues Pontes (Jovem Aprendiz). Célula de Gestão de Informações Econômicas: Bruno Gabai (Gerente Executivo), José Wandemberg Rodrigues Almeida, Gustavo Bezerra Carvalho (Projeto Gráfico), Hermano José Pinho (Revisão Vernacular), Dalylla Soares de Azevedo e Antônio Kassyo Monteiro Costa (Bolsistas de Nível Superior).

O **Caderno Setorial ETENE** é uma publicação mensal que reúne análises de setores que perfazem a economia nordestina. O Caderno ainda traz temas transversais na sessão "Economia Regional". Sob uma redação eclética, esta publicação se adequa à rede bancária, pesquisadores de áreas afins, estudantes, e demais segmentos do setor produtivo.

**Contato:** Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. Av. Dr. Silas Munguba 5.700, Bl A2 Térreo, Passaré, 60.743-902, Fortaleza-CE. <http://www.bnb.gov.br/etene>. E-mail: [etene@bnb.gov.br](mailto:etene@bnb.gov.br)

**Aviso Legal:** O BNB/ETENE não se responsabiliza por quaisquer atos/decisões tomadas com base nas informações disponibilizadas por suas publicações e projeções. Desse modo, todas as consequências ou responsabilidades pelo uso de quaisquer dados ou análises desta publicação são assumidas exclusivamente pelo usuário, eximindo o BNB de todas as ações decorrentes do uso deste material. O acesso a essas informações implica a total aceitação deste termo de responsabilidade. É permitida a reprodução das matérias, desde que seja citada a fonte.

## 1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o Brasil se destaca por ter sua matriz de geração de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis, com preponderância da hidroeletricidade e da biomassa proveniente da cana-de-açúcar. Além dessas, outras fontes renováveis ganham destaque na matriz de geração elétrica do País, a exemplo da energia eólica e da energia solar, inseridas mais recentemente.

O potencial e a competitividade do Nordeste em energias eólica e solar credenciam a Região a ser uma candidata a receber vultosos investimentos em geração elétrica com utilização dessas fontes.

Como se depreende dos resultados dos leilões de compra e venda de energia, realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, por delegação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a fonte solar tem elevado a sua competitividade no Brasil. Com efeito, nos últimos leilões, os projetos centralizados de geração fotovoltaica obtiveram preços do MWh em patamar inferior aos de fontes tradicionais, como as termelétricas e PCHs. Por outro lado, na geração distribuída, a fonte solar se mostra cada vez mais competitiva ante as tarifas praticadas pelas concessionárias de energia elétrica, apresentando enormes perspectivas no Brasil, a exemplo do que se observa em outros países. Neste contexto, o Nordeste se destaca, em razão de seu elevado potencial solar e de dispor de níveis de irradiação mais favoráveis, comparativamente às demais regiões do País.

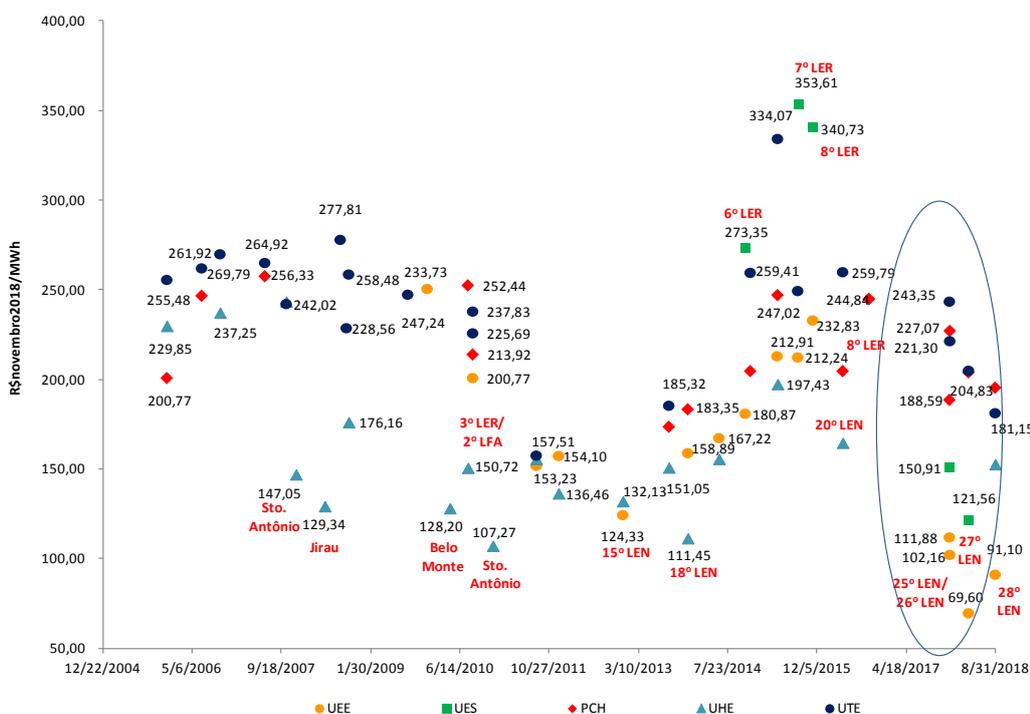
Esta análise setorial teve como objetivo disponibilizar informações sobre a geração de energia elétrica no Brasil a partir da fonte solar, com ênfase no Nordeste. É constituído por

sete tópicos, incluindo esta introdução. No segundo tópico, discorre-se sobre a competitividade da fonte solar no Brasil, destacando o Nordeste nesse contexto. No terceiro tópico, aborda-se a evolução do mercado da geração solar no mundo e no Brasil, enfatizando o Nordeste, assim como as potencialidades e perspectivas dessa fonte. No quarto, apresenta-se a ação do Banco do Nordeste na inserção da geração solar em sua área de atuação. No quinto, apresenta-se uma contextualização sobre a cadeia produtiva da energia elétrica no Brasil, particularizando o Nordeste. No sexto tópico, caracteriza-se a energia solar fotovoltaica, destacando a geração distribuída e alguns aspectos tecnológicos e legais relacionados à atividade. Por último, no sétimo tópico, são feitas algumas considerações finais. Para os leitores menos familiarizados com o tema, sugere-se inicialmente a leitura dos tópicos 5 e 6.

## 2. COMPETITIVIDADE DA FONTE SOLAR NO BRASIL

Até recentemente, a energia solar era a mais cara dentre as alternativas comercializadas nos leilões de energia elétrica promovidos pela ANEEL. Com efeito, em valores constantes atualizados para novembro/2018, os dois preços mais elevados já comercializados nos leilões foram da fonte solar. Isto ocorreu no 7º LER e no 8º LER, cujos preços médios do MWh foram, respectivamente, R\$ 353,61 e R\$ 340,73. Também no 6º LER, ocorrido há cerca de um ano antes, o preço médio (R\$ 273,35/MWh) foi um dos mais elevados já observados nos leilões realizados no Brasil<sup>1</sup> (Gráfico 1). Ressalta-se que, apesar da existência de alternativas menos custosas, o Governo brasileiro promoveu esses leilões visando incentivar a inserção da fonte solar no Brasil, contribuindo para a criação de um mercado interno.

**Gráfico 1 – Preço médio por fonte de energia obtido nos leilões da ANEEL (R\$/MWh atualizados pelo IPCA, novembro/2018)**



Fonte: CCEE (2018).

Nota: Considerados os seguintes tipos de leilão: Leilão de Energia de Reserva (LER), Leilão de Fontes Alternativas (LFA), Leilão de Energia Nova (LEN) e Estruturantes (UHE Jirau, UHE Santo Antônio e UHE Belo Monte). Desconsiderados Leilão de Energia Existente e Leilão de Ajuste.

Legenda: UEE – Usina Eólica; UES – Usina Solar; PCH – Pequena Central Hidrelétrica; UHE – Hidrelétrica; UTE – Usina Termelétrica.

<sup>1</sup> Para fins de comparação entre períodos distintos, preferiu-se atualizar os preços obtidos nos leilões pelo IPCA. Os preços originais médios para a fonte solar observados nos leilões foram: 6º LER = R\$ 215,12/MWh; 7º LER = R\$ 301,79/MWh; 8º LER = R\$ 297,75/MWh; 25º LEN = R\$ 145,68/MWh; 27º LEN = R\$ 118,07/MWh.

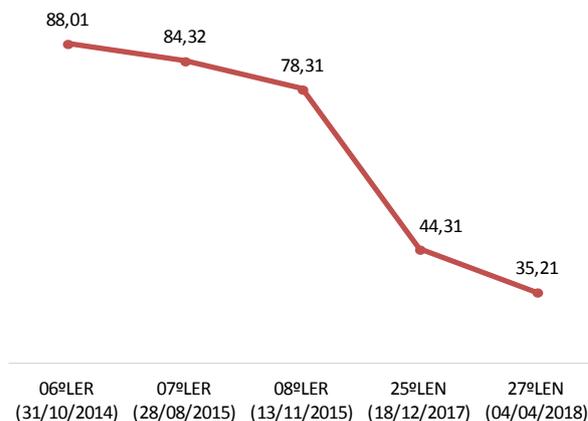
No entanto, essa realidade está mudando. No 25º LEN, realizado em dezembro/2017, o preço médio praticado para a fonte solar, atualizado pelo IPCA para novembro/2018, despencou, alcançando R\$ 150,91/MWh. Também no 27º LEN, realizado em 4 de abril/2018, o preço reduziu ainda mais, alcançando R\$ 121,56/MWh. No histórico dos leilões desde 2004, esses valores somente foram superados pelos preços observados para hidrelétricas e eólicas, sendo inferiores aos das PCHs e das termelétricas.

O preço do MWh da energia fotovoltaica, quando mensurado em dólar norte-americano, também recuou nos cinco leilões da ANEEL nos quais a fonte solar teve projetos aprovados. Em dólar, o preço caiu 60,0% desde o 6º LER (US\$ 88,01/MWh), ocorrido em 31/10/2014, até o 27º LEN (US\$ 35,21/MWh), realizado em 04/04/2018 (Gráfico 2).

A expressiva diminuição no valor do MWh oriundo da fonte solar deveu-se, sobretudo, à queda no preço do módulo solar nos últimos anos, principal item de custo dos sistemas fotovoltaicos. Entre 2012 e 2018 (até novembro), o preço médio do módulo fotovoltaico importado caiu 65%, o que explica, em parte, o aumento da competitividade da fonte solar nos leilões. Paralelamente à queda

nos preços, observa-se um vertiginoso crescimento nas importações de módulos, que saltou de US\$ 7,11 milhões para US\$ 350,33 milhões de 2012 a 2017, prevendo-se recuar um pouco em 2018 (US\$ 287,97 milhões até novembro) (Tabela 1).

**Gráfico 2 - Preço médio da energia fotovoltaica comercializada nos leilões (US\$/MWh)**



Fontes: CCEE (2018) e BACEN (2018).

**Tabela 1 – Importações brasileiras de módulos solares – 2012-2017**

Ano	Importações de módulos solares (US\$ milhões)	Importações de módulos solares (kg)	Preço médio (US\$/Kg)
2012	7,11	537.028	13,23
2013	18,72	2.042.432	9,16
2014	16,80	1.732.306	9,70
2015	44,45	5.858.760	7,59
2016	256,62	44.401.832	5,78
2017	350,33	72.554.979	4,83
jan-nov/2018	287,97	62.287.456	4,62

Fonte: MDIC (2018).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Nota: valores referentes aos códigos NCM 85414032 e 85414039.

Apesar do incremento nas importações de módulos nos últimos anos, o potencial substancial brasileiro para o incremento da geração solar fotovoltaica, aliado à política de conteúdo nacional dos produtos financiados pelo BNDES e BNB, tem atraído o interesse de grupos estrangeiros em se instalar no Brasil. No País, já estão em operação, dentre outros, a Canadian Solar, localizada em Sorocaba-SP, a BYD Energy, situada em Campinas-SP, e a Kyoceara, no Rio de Janeiro. Além desses, outros fabricantes se mostram interessados em produzir módulos solares no Brasil, a exemplo do que aconteceu com a fonte eólica.

Para o futuro, as perspectivas são ainda mais promissoras para a fonte solar no Brasil. A tendência de queda no preço dos módulos solares, aliada à recente implantação no Brasil, de fábricas de componentes de sistemas fotovoltaicos certamente contribuirão para o aumento da competitividade da fonte solar no País.

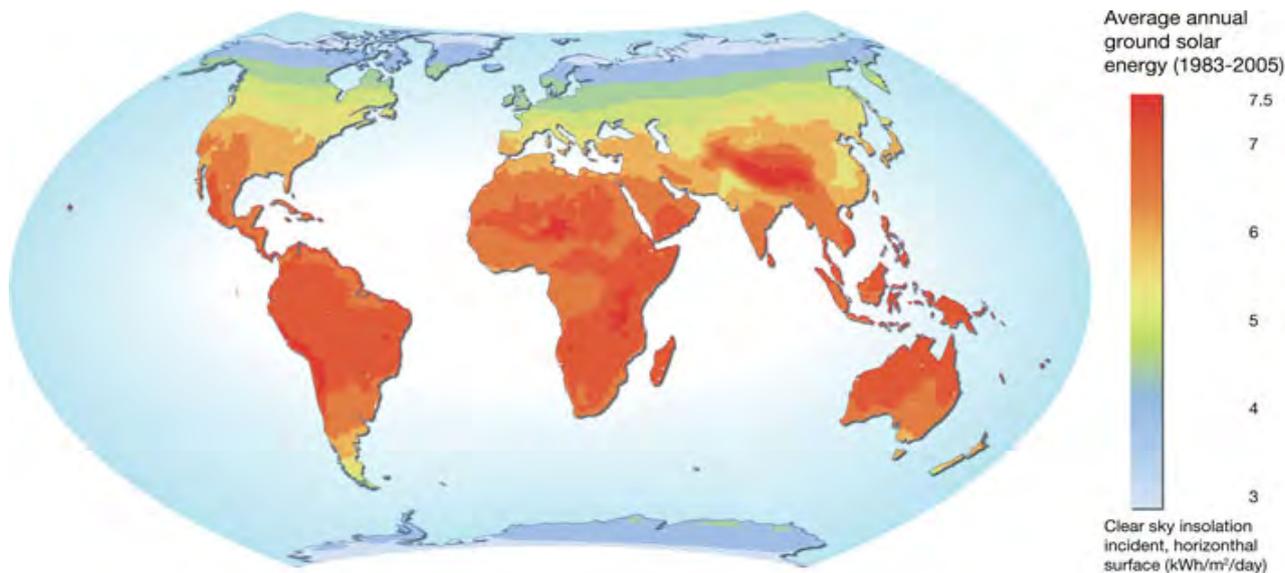
### 3. MERCADO DE GERAÇÃO SOLAR: POTENCIAL, EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS

#### 3.1. No Mundo

A energia proveniente do Sol chega à superfície terrestre de forma não homogênea. Ela depende de diversos fatores, dentre os quais a latitude, a estação do ano e as condições atmosféricas. A Figura 1 ilustra a distribuição da incidência da energia solar na superfície da Terra.

A disponibilidade de energia solar na superfície terrestre é muito superior à demanda global de energia elétrica. À medida que as tecnologias que fazem uso da energia solar se tornam mais competitivas ante outras opções, a participação dessa fonte na matriz elétrica tende a crescer. Isto já se verifica em diversos países, inclusive no Brasil. Para o futuro, as projeções indicam aumento expressivo da participação da fonte solar na matriz de geração de energia elétrica mundial.

Figura 1 – Potencial de energia solar no mundo



Source: NASA 2008

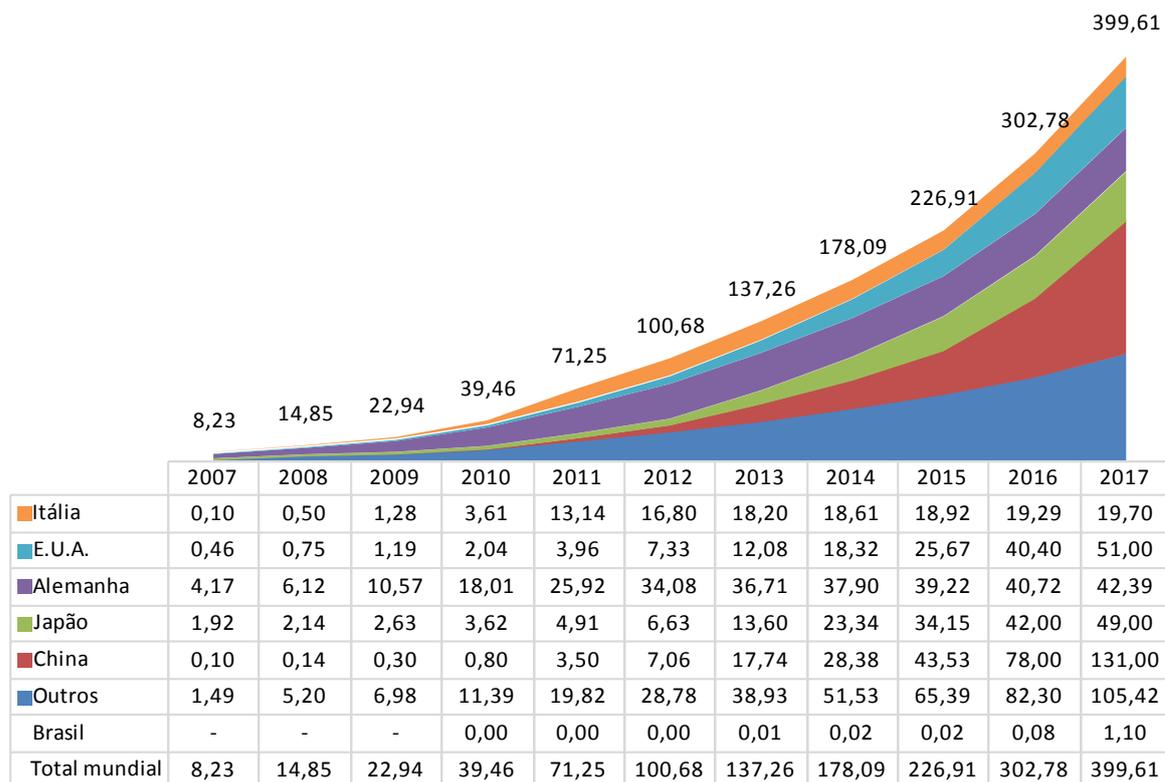
Fonte: United Nations Environment Programme – UNEP; NASA Surface Meteorology and Solar Energy – SSE, 2008 apud EIA (2018).

O Brasil apresenta um elevado potencial de geração solar em função de sua grande extensão e dos elevados índices de irradiação em seu território. Para fins de comparação, cita-se a Alemanha, que embora possua níveis de irradiação substancialmente menores relativamente ao Brasil, detém atualmente uma capacidade instalada fotovoltaica superior a 30 vezes a do Brasil.

A participação da fonte solar na geração de energia elétrica mundial, correspondente a 1,73% em 2017, embora ainda tímida, cresce exponencialmente. Com efeito, a capacidade instalada de energia solar no mundo alcan-

çou cerca de 400 GW no final de 2017, montante 32% superior ao verificado no ano precedente e aproximadamente 48 vezes maior do que o observado em 2007. Em média, de 2007 a 2017, a capacidade instalada de geração de energia elétrica a partir da fonte solar cresceu 47,4% ao ano no mundo. Nesse período, dentre os países atualmente com elevada capacidade instalada, a China cresceu, em média, 105,0%a.a., a Itália 69,6%a.a., os Estados Unidos 60,3%a.a., o Japão 38,3%a.a. e a Alemanha 26,1%a.a. (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Evolução da capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo, nos principais países e no Brasil (GW)



Fonte: BP (2018).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

No que concerne à capacidade instalada de geração solar nos países, a liderança cabe à China, que detém 131,00 GW, cerca de um terço do total mundial (dados de 2017). Estados Unidos, Japão, Alemanha e Itália também figuram entre os cinco países com maior capacidade instalada em geração solar, representando, juntamente com a China, 73,3% do total mundial. Ressalta-se que a participação do Brasil ainda é pouco expressiva, representando, em dados de 2017, apenas 0,3% da capacidade instalada mundial em geração fotovoltaica.

Este cenário de aumento expressivo na expansão da geração fotovoltaica tende a se manter no mundo nos próximos anos, face ao apelo para a produção de energia a partir de fontes renováveis, às perspectivas de redução do custo de geração e o aumento da eficiência da tecnologia fotovoltaica.

### 3.2. No Brasil, com ênfase no Nordeste

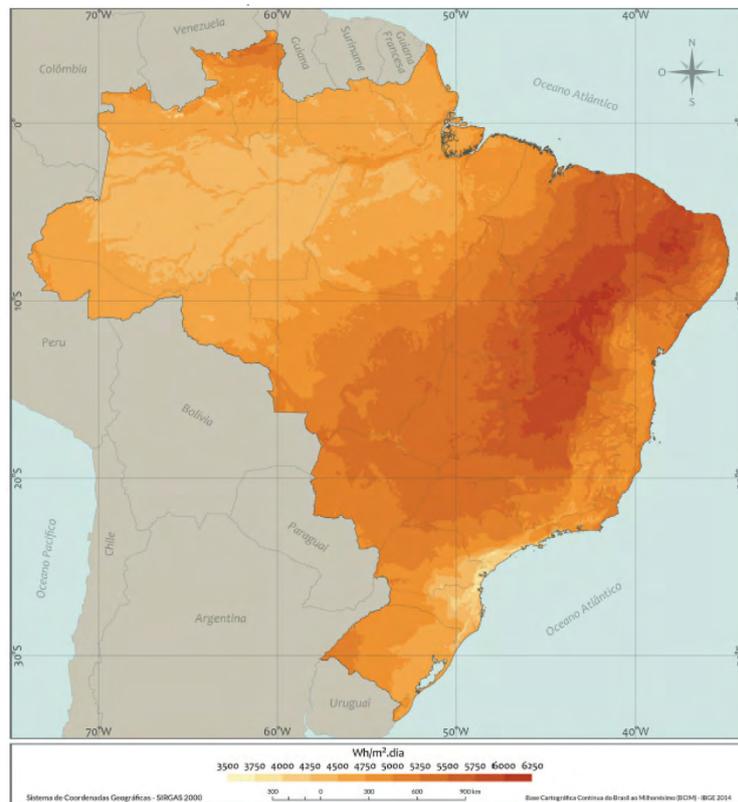
#### 3.2.1. Potencial do Brasil em geração solar

A grande extensão territorial e a expressiva área de telhados em unidades residenciais e comerciais, aliadas ao elevado nível de irradiação solar existente no Brasil, representam um enorme potencial para a geração solar centralizada e distribuída.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado em 2017 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponibiliza os valores médios anuais da irradiação solar no Brasil (**Figura 2**). De acordo com esse estudo, o Nordeste é a região que possui os melhores parâmetros, apresentando o maior nível de irradiação no plano inclinado (média anual de 5,52 kWh/m<sup>2</sup>.dia) e menor variabilidade interanual durante o ano (PEREIRA et al., 2017). Por essa razão, essa Região, em particular sua porção semiárida, onde a elevada irradiação está associada à ocorrência de baixa precipitação e menor cobertura de nuvens ao longo do ano, se credencia a ser o destino prioritário de investimentos em geração de energia elétrica a partir da fonte solar, como já se observa nos leilões da ANEEL.

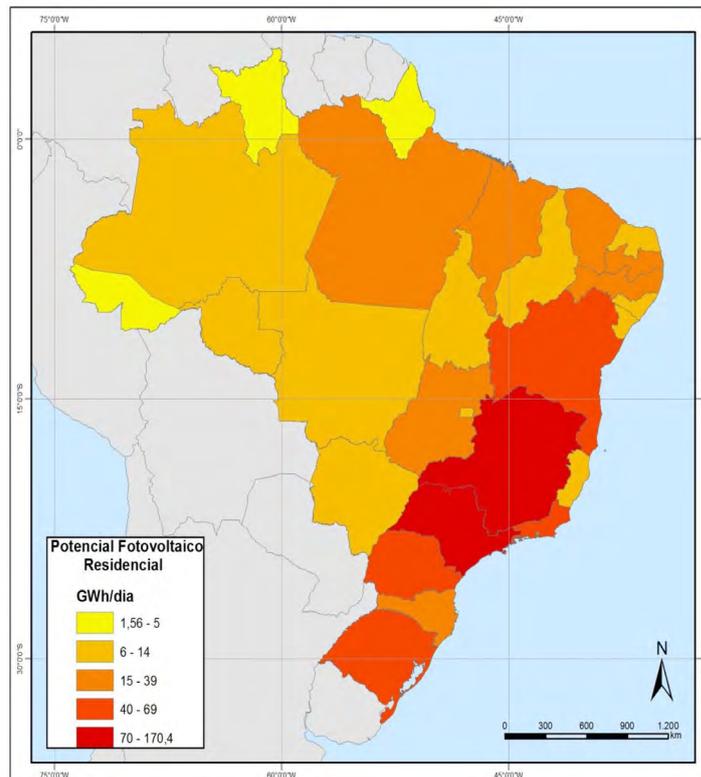
A Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014) avaliou o potencial técnico de geração distribuída residencial no Brasil, levando em consideração a irradiação solar global (no plano inclinado), a área útil de telhados domiciliares, a eficiência dos módulos fotovoltaicos, dentre outros parâmetros. Concluiu que todas as Unidades da Federação possuem potencial técnico de geração fotovoltaica, em telhados residenciais, superior ao consumo de energia elétrica dessa classe (**Figura 3; Tabela 2**). Os resultados mostraram que os maiores potenciais de geração distribuída, em termos absolutos, estão nas regiões mais povoadas do País, onde uma possível menor irradiação é sobrepujada pelo maior número de domicílios e, conseqüentemente, maior área de telhados. De acordo com esse estudo, ficou claro que a área de telhados não é um fator limitante para a massiva inserção de sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil. No Nordeste, em particular, a área de telhados das moradias seria capaz de gerar 77.440 GWh/ano, montante 3,23 vezes superior ao consumo residencial da Região no ano de 2013.

**Figura 2 - Brasil: total diário de irradiação no plano inclinado na latitude – média anual**



Fonte: Pereira et al. (2017).

**Figura 3 - Potencial técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais – Brasil, regiões e UF do Nordeste (GWh/dia)**



Fonte: Adaptado de EPE (2014).

**Tabela 2 - Potencial técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais versus consumo residencial – Brasil, Regiões e UF do Nordeste**

Região	Potencial Fotovoltaico Residencial 2013 (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	Potencial Fotovoltaico Residencial/Consumo Residencial
BRASIL	287.505	124.896	230%
SUL	43.844	19.671	223%
SUDESTE	123.122	63.947	193%
CENTRO-OESTE	23.696	9.902	239%
NORTE	19.403	7.413	262%
<b>NORDESTE</b>	<b>77.440</b>	<b>23.963</b>	<b>323%</b>
Alagoas	4.424	1.227	361%
Bahia	20.674	6.144	336%
Ceará	12.527	3.751	334%
Maranhão	8.935	2.563	349%
Paraíba	5.738	1.603	358%
Pernambuco	12.352	4.563	271%
Piauí	4.862	1.328	366%
Rio G. Norte	4.862	1.805	269%
Sergipe	3.066	979	313%

Fonte: Adaptado de EPE (2014).

Destaque-se ainda que o potencial solar no Brasil supera em muito o de outras fontes. Com efeito, como observa Sauer (2016), o potencial brasileiro para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis é gigantesco, compreendendo 172 GW para a fonte hídrica, 440,5 GW para a fonte eólica, 28.519 GW para a fonte solar em projetos centralizados e 164,1 GW para essa fonte em projetos residenciais de geração distribuída. A título de comparação, a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil é de aproximadamente 162 GW (dados de 25/12/2018). Portanto, são enormes as possibilidades de investimentos para suprir as necessidades do País por meio das fontes renováveis, particularmente com a utilização dos recursos solar e eólico.

### 3.2.2. Situação atual da fonte solar no Brasil

Apesar do enorme potencial, a inserção da geração solar no Brasil ainda é tímida, correspondendo a 2,3 GW em 25/12/2018<sup>2</sup>, sendo 16,2% na modalidade de geração distribuída e 83,8% em projetos de geração centralizada. O Nordeste representa 64,5% da capacidade instalada de geração fotovoltaica no Brasil, decorrente principalmente da preponderância de projetos centralizados na Região (Tabela 3).

**Tabela 3 - Capacidade Instalada de Geração Solar Fotovoltaica no Brasil, Nordeste e Estados da Região - Distribuída e Centralizada – Posição: 25/12/2018**

Unidade geográfica	Geração distribuída		Geração centralizada		Total	
	Potência (kW)	Brasil (%)	Potência (kW)	Brasil (%)	Potência (kW)	Brasil (%)
BRASIL	493.949,49	100,0%	1.791.580,26	100,0%	2.285.529,75	100,0%
NORDESTE	94.008,56	19,0%	1.240.284,77	69,2%	1.334.293,33	58,4%
Alagoas	3.124,13	0,6%	-	0,0%	3.124,13	0,1%
Bahia	14.137,82	2,9%	624.727,80	34,9%	638.865,62	28,0%
Ceará	20.909,23	4,2%	137.000,00	7,6%	157.909,23	6,9%
Maranhão	6.192,03	1,3%	51,93	0,0%	6.243,96	0,3%
Paraíba	9.953,22	2,0%	81.400,00	4,5%	91.353,22	4,0%
Pernambuco	16.184,06	3,3%	10.000,00	0,6%	26.184,06	1,1%
Piauí	8.179,24	1,7%	270.000,00	15,1%	278.179,24	12,2%
Rio Grande do Norte	11.787,12	2,4%	117.105,04	6,5%	128.892,16	5,6%
Sergipe	3.541,71	0,7%	-	0,0%	3.541,71	0,2%

Fonte: ANEEL (2018).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Nota: na geração centralizada, a potência corresponde à potência fiscalizada pela ANEEL.

<sup>2</sup> Em dados de 25/12/2018, a geração solar fotovoltaica (centralizada e distribuída – 2,3 GW) representa 1,4% da capacidade instalada de geração elétrica do Brasil (162 GW).

### 3.2.2.1. Geração centralizada

No Brasil, a geração centralizada tem ocorrido principalmente por meio de leilões promovidos pela ANEEL e realizados pela CCEE, nos quais os projetos oriundos da fonte solar concorrem apenas entre si.

Nos cinco leilões realizados em que a fonte solar foi contemplada – 6º LER, 7º LER, 8º LER, 25º LEN e 27º LEN –, foram aprovados 143 projetos de geração fotovoltaica,

perfazendo um total de 4,03 GW de potência (Tabela 4). Desse montante, 1,8 GW está em operação, estando o restante em fase de implantação ou com início da construção previsto para este ou os próximos anos. Do total aprovado em leilões, o Nordeste foi contemplado com 72% (2.898,6 MW), distribuídos em 102 projetos. Isto indica que o elevado potencial solar da Região nordestina tem se materializado em projetos vencedores nos leilões de compra e venda de energia elétrica realizados pela CCEE.

**Tabela 4 - Distribuição estadual da potência de geração fotovoltaica aprovada em leilões de energia elétrica realizados pela CCEE**

Data Leilão	Leilão	Qde.	Potência (MW)										
			Total	BA	PI	MG	CE	SP	PE	RN	PB	TO	GO
31/10/2014	06ºLER	31	889,7	399,7	-	90,0	60,0	270,0	-	30,0	30,0	-	10,0
28/08/2015	07ºLER	30	833,8	324,8	270,0	150,0	-	-	-	-	84,0	5,0	-
13/11/2015	08ºLER	33	929,3	169,3	-	270,0	120,0	5,0	105,0	140,0	30,0	90,0	-
18/12/2017	25ºLEN	20	574,0	112,0	240,0	-	-	75,0	147,0	-	-	-	-
05/04/2018	27ºLEN	29	806,6	-	179,9	169,9	390,0	-	66,9	-	-	-	-
-	<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>4.033,4</b>	<b>1.005,8</b>	<b>689,9</b>	<b>679,9</b>	<b>570,0</b>	<b>350,0</b>	<b>318,9</b>	<b>170,0</b>	<b>144,0</b>	<b>95,0</b>	<b>10,0</b>

Fonte: CCEE (2018).

No 6º Leilão de Energia de Reserva (6º LER), realizado em 31/10/2014, saíram vencedores 31 projetos da fonte solar, totalizando 889,7 MW, tendo sido previstos investimentos da ordem de R\$ 4,14 bilhões. Nesse certame, o Nordeste aprovou 519,7 MW (58,4%), distribuídos em 18 projetos. Cabe destaque ao desempenho da Bahia, contemplada com 399,7 MW, aproximadamente 45% do total do leilão.

O 7º Leilão de Energia de Reserva (7º LER), realizado em 28/08/2015, foi destinado exclusivamente à fonte solar. Nesse certame, 30 projetos foram aprovados, totalizando 833,8 MW, com investimentos previstos de R\$ 4,34 bilhões. O Nordeste foi contemplado com 678,8 MW, 81,4% do total, distribuídos em 18 projetos. Cabe destaque ao desempenho da Bahia, que aprovou 399,7 MW, aproximadamente 45% do total do leilão.

O 8º Leilão de Energia de Reserva (8º LER), realizado em 13/11/2015, destinou-se às fontes solar e eólica. No que concerne à fonte solar, foram aprovados 929,3 MW em 33 projetos, totalizando investimentos de R\$ 4,40 bilhões. Nesse leilão, o Nordeste foi contemplado com 564,3 MW (60,7%), distribuídos em 20 projetos.

No 25º Leilão de Energia Nova (25º LEN), realizado em 18/12/2017, foram aprovados 20 projetos de energia solar, totalizando 574 MW de potência. O Nordeste foi contemplado com 17 projetos, somando 499 MW, 86,9% do total. Neste certame, destacou-se o Piauí, com 240 MW, seguido de Pernambuco, com 147 MW.

No 27º Leilão de Energia Nova (27º LEN), realizado em 04/04/2018, foram aprovados 29 projetos de energia solar, totalizando 806,6 MW de potência e investimentos previstos de R\$ 4,3 bilhões. O Nordeste foi contemplado com 23 projetos, somando 636,8 MW, 78,9% do total. Neste certame, destacou-se o Ceará, com 390 MW, seguido do Piauí, com 179,9 MW.

### 3.2.2.2. Geração distribuída

No caso da geração distribuída, somente após avanços na legislação, ocorrida principalmente a partir da Resolução Normativa ANEEL Nr. 482 de 2012, o crescimento dessa alternativa de geração tem acontecido de forma mais intensa. A capacidade instalada de geração solar nesta modalidade no País atingiu 494 MW em 25/12/2018, dos quais 19,0% no Nordeste. Nessa Região, destaca-se o Estado do Ceará, com 20,9 MW instalados (Tabela 3).

### 3.2.3. Perspectivas da fonte solar no Brasil

O crescimento de empreendimentos centralizados de geração solar tem ocorrido principalmente por meio de leilões do Governo Federal, sendo a energia comercializada, em grande parte, no Ambiente de Contratação Regulada – ACR. No entanto, recentemente tem-se observado um maior número de projetos sendo previstos para atuar no Ambiente de Contratação Livre – ACL. No futuro, a tendência é que haja uma participação maior de projetos destinados a esse mercado.

A Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig realizou leilão (LP 03/2018, de 06/06/2018) de compra de energia incentivada das fontes solar e eólica destinada ao Ambiente de Contratação Livre (ACL). No certame, foram habilitadas 44 empresas, com 181 empreendimentos cadastrados e 5.500 MW de potência. Desses, foram aprovados 1.240 MW, não tendo sido divulgados, no entanto, o montante por fonte, os preços obtidos e o nome das empresas vencedoras.

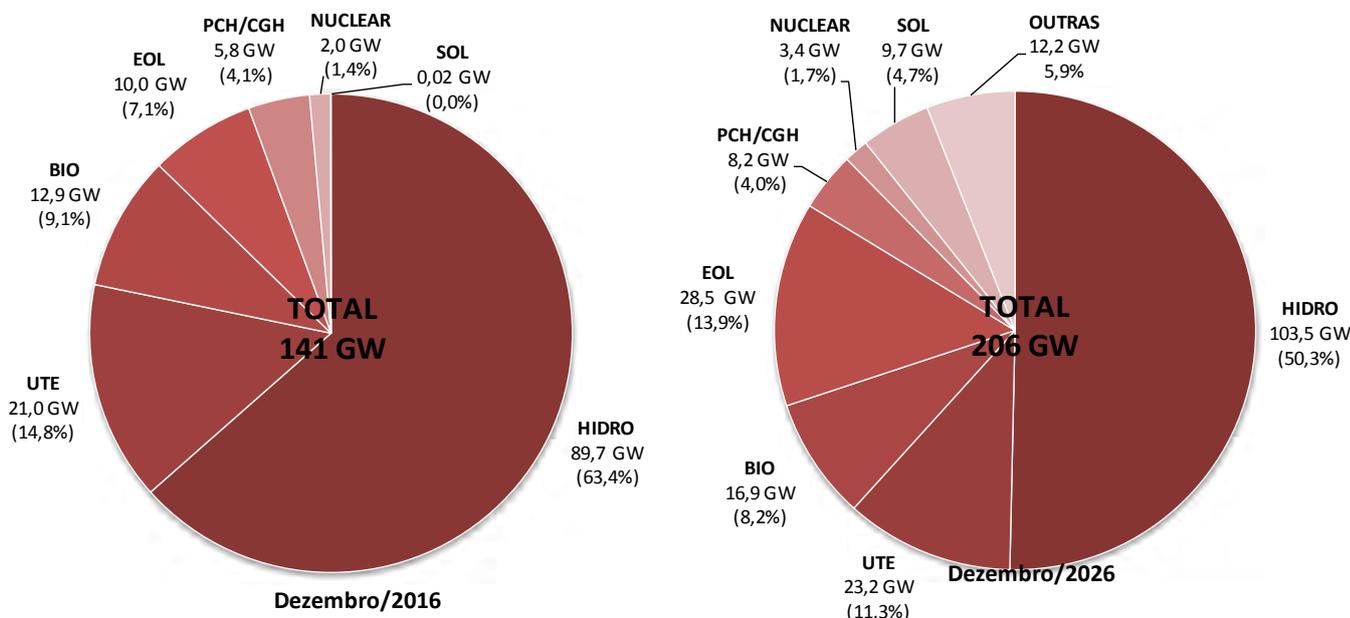
A CEMIG também realizou, em 04/10/2018, o Leilão de Compra de Energia Incentivada Solar e Eólica LP 04/2018,

por meio do qual foram adquiridos 152,5 MW médios em contratos com início de fornecimento em janeiro/2022 e duração de 20 anos. Os empreendimentos vencedores do certame totalizaram 388 MW de capacidade instalada.

Para projetos centralizados, o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2026 (MME; EPE, 2017) prevê

crescimento expressivo para a geração solar fotovoltaica, que saltará de incipientes 0,02 GW em 2016 para aproximadamente 9,7 GW no horizonte do Plano, montante que representará 4,7% da capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil em 2026 (**Gráfico 4**). Caso confirmado, essa expansão representa um crescimento significativo de 84,6%a.a., em média.

**Gráfico 4 - Evolução da capacidade instalada por fonte de geração para a expansão de referência**



Fonte: Adaptado de MME/EPE (2017): Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, p. 102.

Legenda: HIDRO – Hidrelétrica; NUCLEAR – Usina Nuclear; SOL – Usina Solar; PCH – Pequena Central Hidrelétrica; CGH – Central Geradora Hidrelétrica; EOL – Usina Eólica; BIO – Usina Termelétrica (Biomassa); UTE – Usina Termelétrica (Combustíveis Fósseis).

No que concerne à geração distribuída, de acordo com projeções do referido Plano Decenal (MME; EPE, 2026), o mercado fotovoltaico desse segmento crescerá no Brasil de forma sistemática nos próximos anos, saindo de 81 MW e 7,7 mil unidades consumidoras em 2016 para 3,6 GWp e 770 mil consumidores em 2026. Trata-se de um crescimento exponencial de 46,1%a.a., em média.

No Brasil, o custo médio de instalação dos sistemas fotovoltaicos tende a cair tanto para as unidades residenciais como para as comerciais (**Tabela 5**). Com base nas projeções de crescimento e no custo médio dos sistemas fotovoltaicos no período de 2018 a 2024, estima-se uma demanda de investimentos de cerca de R\$ 13 bilhões no horizonte até 2024 para as modalidades de geração distribuída residencial e comercial. Mantida a mesma proporção verificada para o Nordeste nos projetos de geração distribuída em 25/12/2018 (19,0%), a fatia desses investimentos na Região supera R\$ 2,5 bilhões até 2024. Cabe salientar que, com a autorização para o BNB poder financiar a geração distribuída em projetos de pessoas físicas, a tendência é a região Nordeste aumentar substancialmente sua participação no mercado brasileiro nessa modalidade.

**Tabela 5 - Trajetória de redução de custos para sistemas fotovoltaicos residenciais e comerciais – 2018-2024 (R\$/Wp)**

Modalidade	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024*
Residencial	5,10	4,80	4,50	4,40	4,20	4,10	4,10
Comercial	4,80	4,50	4,20	4,10	3,90	3,80	3,80

Fonte: adaptado de EPE (2014).

Nota: \* mantidos os mesmos valores de 2023.

#### 4. APOIO DO BANCO DO NORDESTE À ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O apoio do Banco do Nordeste no setor de energia solar fotovoltaica tem crescido de forma expressiva, tanto na geração distribuída como na geração centralizada.

Por meio do FNE Sol, desde o início do Programa (maio/2016) até outubro/2018, o BNB contratou 770 operações de micro e mini geração distribuída, aportando recursos da ordem R\$ 125 milhões. Após a inclusão de pessoas físicas como possíveis beneficiários, ocorrida a partir de dezembro/2018, espera-se que haja um incremento expressivo do apoio do BNB à geração distribuída em sua área de atuação.

No que concerne à geração centralizada, o Banco realizou em 2017 e 2018 (até 17/12/2018) contratações para

49 empreendimentos de energia solar fotovoltaica, com recursos correspondentes a R\$ 3,8 bilhões provenientes do FNE. Em razão da competitividade do Nordeste nessa fonte de geração ante as demais regiões brasileiras, a tendência é de incremento da ação do Banco no apoio a projetos fotovoltaicos nos próximos anos, tanto no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) como também no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

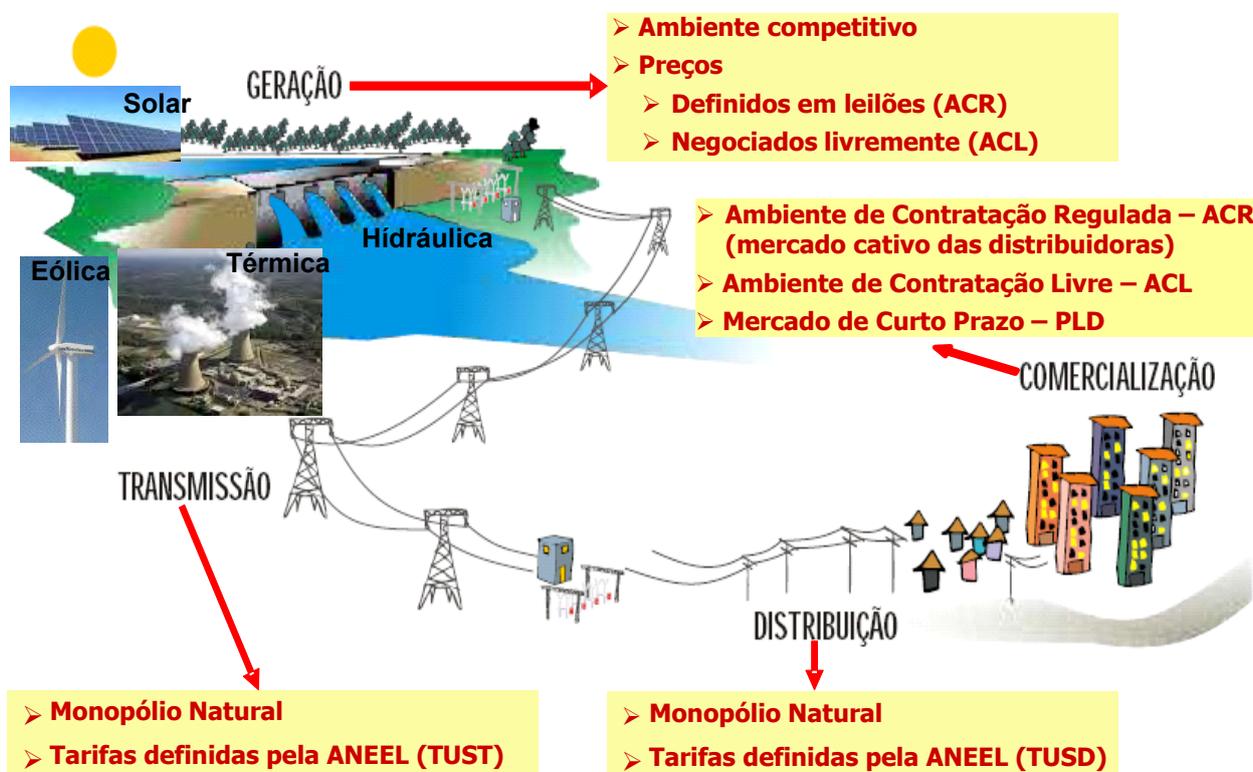
Além dessas operações, existem outras que incluem a aquisição de sistemas fotovoltaicos, no entanto, não são enquadradas na geração distribuída. Projetos contendo equipamentos fotovoltaicos, principalmente em áreas não servidas pela rede convencional de energia elétrica, já eram apoiados pelo BNB antes da vigência da legislação que viabilizou a geração distribuída no País.

## 5. CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE A CADEIA PRODUTIVA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL E A INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR

A geração de energia a partir da fonte solar integra a Cadeia Produtiva da Energia Elétrica. Para a adequada compreensão dessa atividade, considera-se fundamental o conhecimento prévio da cadeia produtiva na qual ela está inserida e de sua interação com os demais elos, tarefa empreendida neste tópico.

Da produção até o consumo, o setor de energia elétrica engloba as seguintes atividades: geração, transmissão e distribuição. Nessa cadeia, reveste-se também de importância singular o processo de comercialização da energia elétrica (Figura 4).

Figura 4 - Cadeia produtiva da energia elétrica no Brasil



Fonte: adaptado de ANEEL (2016) por BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Transmissão e distribuição constituem monopólios naturais, haja vista ser antieconômica a instalação de dois ou mais sistemas paralelos para atender o mesmo conjunto de consumidores. Por meio da rede básica de transmissão, a energia chega às redes de distribuição, operadas por uma ou mais empresas concessionárias ou permissionárias privadas ou estatais em cada estado. A remuneração do serviço de transmissão é realizada por meio da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão – TUST, enquanto a remuneração do serviço de distribuição é efetuada mediante pagamento de Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, ambas reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Por outro lado, a geração ocorre em ambiente concorrencial, sendo a comercialização da energia gerada realizada por meio de leilões ou de livre

negociação.

A transmissão de energia elétrica no Brasil é realizada por meio do Sistema Interligado Nacional – SIN, que é formado pelos subsistemas Sul, Sudeste-Centro-Oeste, Nordeste (abrangendo os estados da Região, exceto Maranhão) e Norte. Outros subsistemas existentes no País, não conectados ao SIN, são chamados “subsistemas isolados”.

A integração eletroenergética existente no Brasil, aliada ao fato das usinas localizarem-se em bacias hidrográficas distintas, confere maior segurança ao Sistema Interligado Nacional. De fato, essa característica torna o abastecimento do País menos vulnerável, pois é mais remota a probabilidade de ocorrer escassez de chuvas em todas as bacias simultaneamente. Assim, a insuficiência

de água para geração elétrica no Nordeste pode ser compensada pelas usinas do Norte do País e vice-versa. Idem entre o Sul e o Sudeste ou entre o Norte e o Sul. Além disso, qualquer central geradora ligada ao SIN, independentemente da fonte de energia que utiliza e de sua localização, contribui para atender a carga de energia de todo o sistema.

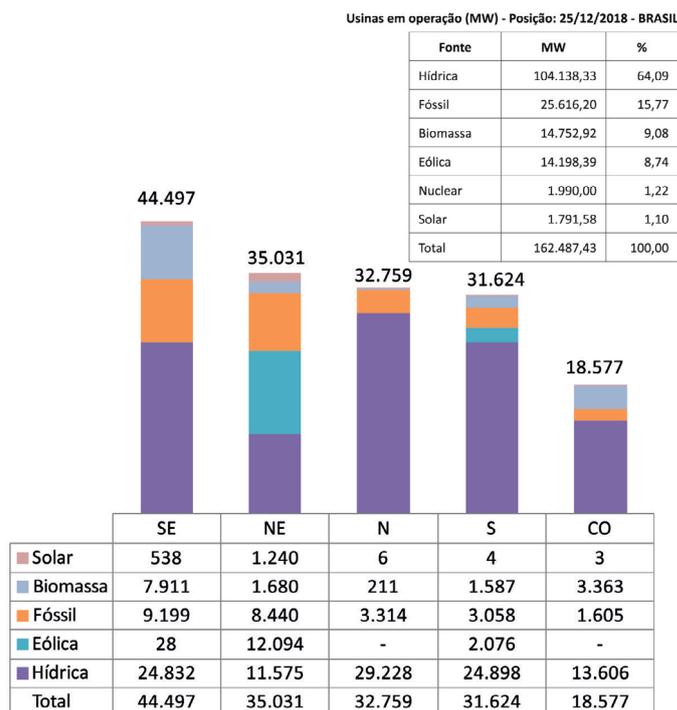
No que concerne à comercialização da energia elétrica no Brasil, existem três tipos de mercado: a) Ambiente de Contratação Regulada – ACR, efetivado por meio de leilões de compra e venda de energia elétrica, realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. Os contratos celebrados no âmbito do ACR são de longo prazo, assegurando a compra da energia elétrica gerada a preços pré definidos durante a sua vigência; b) Ambiente de Contratação Livre – ACL, no qual geradores e consumidores negociam livremente a compra de energia, estabelecendo quantidade, preço e prazo de suprimento; e c) Mercado de Curto Prazo, destinado à equalização de diferenças de medição dos montantes efetivamente produzidos/consumidos por cada agente. Nesse mercado, as diferenças apuradas, positivas ou negativas, são contabilizadas pela CCEE para posterior liquidação financeira, valoradas ao Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

Em 2017, foram consumidos no SIN 66.323 MW médios de energia elétrica, dos quais 44.010 MW médios (70,6%) no mercado regulado (ACR) e 18.313 MW médios (29,4%) no mercado livre (ACL). Em relação a 2016, enquanto o consumo no ACL caiu 4%, no ACR houve incremento de 17%, evidenciando a tendência de migração de consumidores para esse mercado (EPE; ONS; CCEE, 2018).

A matriz elétrica brasileira possui características próprias que a distingue da existente na maioria dos países. Aqui predomina, historicamente, a geração de fontes renováveis, com destaque para a energia hidráulica. Caracteriza-se, também, pelo uso expressivo de biomassa e, mais recentemente, pela presença da geração eólica e solar.

A capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil corresponde a aproximadamente 162 GW (dezembro/2018). Desse montante, 83,0% são provenientes de fontes renováveis, principalmente de origem hídrica. No Nordeste, em particular, a preponderância de outra da fonte hídrica tem cedido espaço ante a ascensão da fonte eólica, que já representa 34,5% da capacidade instalada de geração nessa Região. A participação da fonte solar na matriz de geração elétrica ainda é incipiente no Brasil e no Nordeste, correspondendo a 1,1% do total do País e a 3,5% do total da Região (**Gráfico 5**).

**Gráfico 5 – Brasil e Regiões: capacidade instalada\* de geração de energia elétrica por fonte (MW)**



Fonte: ANEEL (2018).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

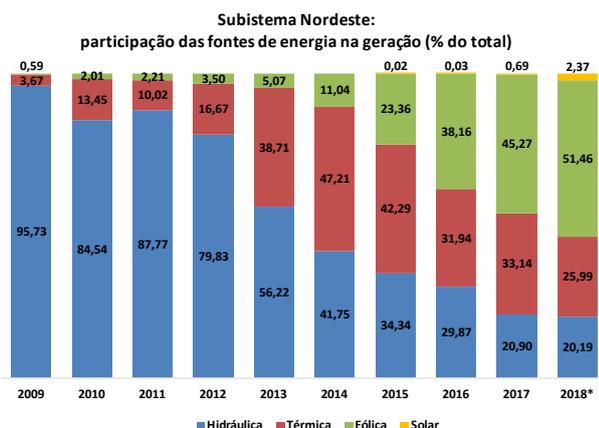
Notas: \* corresponde à potência fiscalizada das usinas pela ANEEL.

Na geração solar, não está incluída a geração distribuída, apenas a centralizada.

## 5.1. O Subsistema Nordeste no SIN

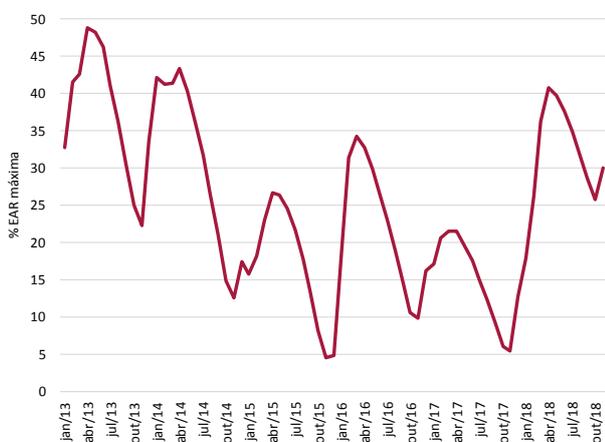
Até recentemente, a energia elétrica produzida no Nordeste brasileiro provinha basicamente da fonte hídrica, destacando-se o Rio São Francisco como o seu principal provedor. Neste contexto, destaca-se a importância da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), principal empresa geradora de energia elétrica no Subsistema Nordeste, sendo proprietária das principais hidrelétricas existentes na Região. Este cenário de preponderância da fonte hídrica no Nordeste tem mudado nos últimos anos. De fato, a partir de 2013, a fonte eólica tem crescido de forma expressiva na composição da geração de energia elétrica no Subsistema Nordeste, em razão do aumento da capacidade instalada de geração eólica e da ocorrência de sucessivos anos de baixa pluviometria na Região. A geração elétrica a partir da fonte solar ainda é tímida; no entanto, cresceu substancialmente entre 2016 e 2018 (até out.), em razão da entrada em operação de projetos vencedores de leilões promovidos pela Aneel (**Gráfico 6; Gráfico 7**).

**Gráfico 6 – Evolução da participação das fontes de energia na geração de energia elétrica do Substema Nordeste – 2008-2018\* (%)**



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2018a).  
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.  
 Notas: \* Até outubro de 2018;  
 De jan-out/2018, o Substema Nordeste gerou 9.269 MW médios, dos quais 220 MW médios da fonte solar.

**Gráfico 7 – Evolução mensal da energia armazenada em reservatórios (EAR) do Substema Nordeste coordenados pelo ONS - Jan/2013-nov/2018 (% capacidade máxima de armazenamento de água dos reservatórios)**



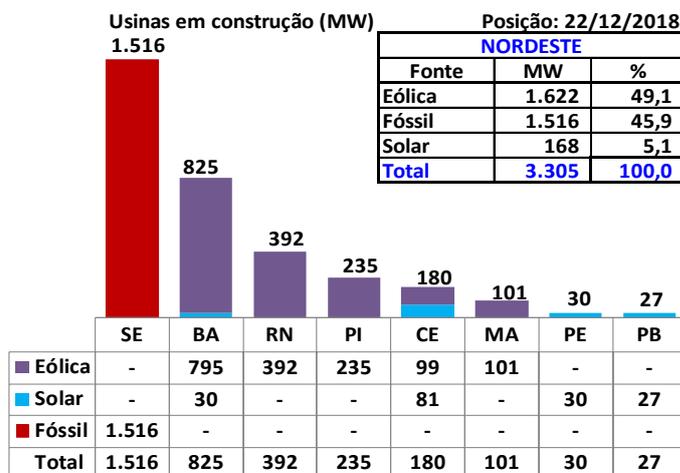
Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2018b).  
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Considerando que o potencial hidrelétrico remanescente economicamente viável no Nordeste encontra-se próximo do seu esgotamento, a expansão dessa fonte de geração elétrica na Região está comprometida. Essa assertiva é corroborada pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (MME; EPE, 2017), já que na lista de usinas hidrelétricas previstas para a Expansão de Referência no horizonte do plano não consta nenhum projeto de UHE situado no Nordeste. Assim, a tendência é o incremento paulatino da participação das fontes solar e eólica na matriz de geração de energia elétrica da Região nordestina, em razão destas serem, atualmente, alternativas competitivas, haja vista os preços dessas fontes obser-

vados no 27º Leilão de Energia Nova (27º LEN) e 28º LEN terem sido mais competitivos do que os de outras fontes.

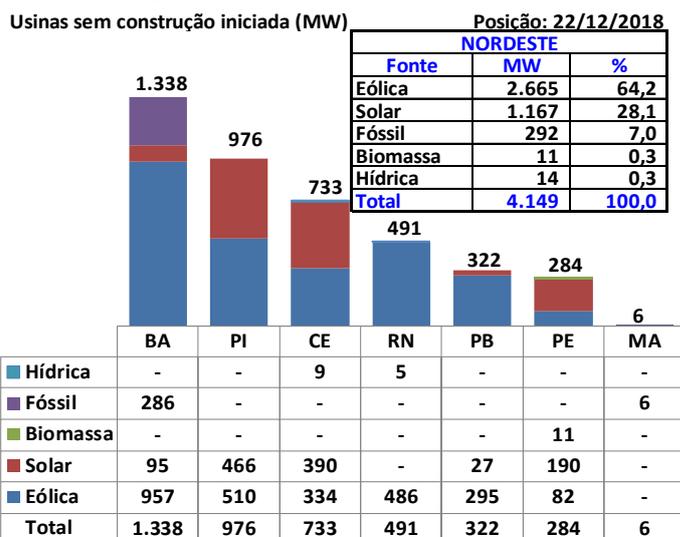
Em 22/12/2018, dos projetos de energia solar fotovoltaica centralizados previstos para entrar em operação no Nordeste, 168 MW encontram-se em fase de construção e outros 1.167 MW ainda não tiveram suas obras iniciadas, segundo a ANEEL<sup>3</sup> (2018), cabendo destacar o Ceará (471 MW) e o Piauí (466 MW) como os mais aquinhoados com os novos empreendimentos (Gráfico 8; Gráfico 9). Além dos projetos centralizados, cresce também na Região a geração distribuída, favorecida pelo avanço na legislação e redução/isenção de impostos.

**Gráfico 8 - Nordeste: usinas de geração elétrica em construção (MW)**



Fonte: ANEEL (2018).  
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

**Gráfico 9 - Nordeste: usinas de geração elétrica sem construção iniciada (MW)**



Fonte: ANEEL (2018).  
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.  
 Nota: parcela hídrica refere-se a PCH.

3 Existem outros projetos previstos, inclusive aprovados em leilões (por exemplo, do 28º LEN), que ainda não constam na base de dados “Banco de informações de Geração” da ANEEL na data pesquisada (22/12/2018).

## 6. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA

### 6.1. Caracterização da geração distribuída

Embora existam outras formas de gerar energia elétrica a partir da fonte solar, tem-se sobressaído a utilização da tecnologia fotovoltaica, particularmente por sua praticidade. Por meio de células fotovoltaicas, a luz solar é convertida diretamente em eletricidade. Essas células fotovoltaicas são reunidas em módulos de diversas capacidades, consistindo estes nos produtos disponibilizados no mercado. Os módulos podem ser utilizados individualmente ou associados para formar empreendimentos de geração de qualquer porte, tanto em sistemas autônomos (*off-grid*) como em sistemas ligados à rede elétrica (*on-grid*), conhecidos no Brasil como sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR).

Os SFCR podem ser classificados como geração centralizada ou geração distribuída. A respeito dessa última, a Resolução Normativa (REN) 482, de 17/04/2012, apresenta as seguintes definições<sup>4</sup>:

- **Micro geração distribuída:** central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize [...] fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- **Minigeração distribuída:** central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW [...] para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.
  - Para os empreendimentos enquadrados como geração distribuída, a REN 482/2012 apresenta outras definições importantes à caracterização dessa atividade (inclusão ou redação dada pela REN ANEEL 687/2015):
- **Sistema de compensação de energia elétrica:** sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;
- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras:** caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo

vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;

- **Geração compartilhada:** caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
- **Autoconsumo remoto:** caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

Ainda de acordo com a REN ANEEL 482/2012, Art. 6º, os créditos de energia ativa dos consumidores beneficiários da geração distribuída, mensurados em kWh, expiram em 60 (sessenta) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo (texto incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015).

### 6.2. Aspectos tecnológicos da geração solar fotovoltaica<sup>5</sup>

Um sistema fotovoltaico *on-grid* é constituído, dentre outros, pelos seguintes componentes principais: módulo fotovoltaico, inversor e medidor. As principais características dos módulos e inversores são:

#### Módulo fotovoltaico<sup>6</sup>

- Silício monocristalino:
- Estrutura cristalina ordenada, com comportamento uniforme e previsível;
- Eficiência em torno de 17%.
- Silício policristalino:
- Formado por regiões de silício amorfo;
- Eficiência em torno de 15%.
- Filme fino (*thin film*):
- Não existe ordem na disposição estrutural dos átomos.

<sup>5</sup> Não sendo o objetivo principal deste texto a abordagem sobre os aspectos tecnológicos da geração solar, sugere-se, para os leitores interessados em maiores detalhes sobre a tecnologia fotovoltaica, consultar o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)>.

<sup>6</sup> Os módulos fotovoltaicos apresentam fator de degradação de produtividade de 0,65% ao ano (EPE, 2014, p. 35). Assim, passados 10 anos, a eficiência do módulo deve cair em torno de 6,5%.

<sup>4</sup> Redação dada pela Resolução Normativa ANEEL 687, de 24/11/2015.

A espessura para formar uma célula solar é muito pequena, originando células de fina camada;

- Eficiência em torno de 10%;
- Rendimento estável e bom comportamento a altas temperaturas;
- Melhor aproveitamento do espectro solar (bom comportamento com radiação difusa).

Cabe ressaltar que a eficiência do módulo normalmente não é considerada um fator importante no projeto de sistemas fotovoltaicos, exceto nos casos em que existe limitação da área disponível para instalação do painel fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014). Outros fatores, como a relação benefício/custo, prazo de garantia, assistência técnica etc. podem ser decisivos na escolha.

A relação completa dos módulos fotovoltaicos certificados pelo INMETRO pode ser encontrada no endereço: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela\\_fotovoltaico\\_modulo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf)>.

## Inversores

- Transformam a corrente contínua (CC) do gerador fotovoltaico em corrente alternada (CA);
- São geradores de corrente (“copiam” a onda da rede).
- Devem rastrear o ponto de máxima potência.
- Devem garantir a qualidade da onda gerada (harmônicos), visando não ultrapassar parâmetros de tensão e de frequência pré-estabelecidos.
- Incorporam dispositivos de segurança para equipamentos, pessoas e rede:
- Isolamento galvânico;
- Proteções de sobrecorrente;
- Proteção anti-ilhamento;
- Desconexão e reconexão automática.

A relação completa dos inversores certificados pelo INMETRO pode ser encontrada no endereço: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/componentes\\_fotovoltaicos\\_Inversores\\_On-Grid.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/componentes_fotovoltaicos_Inversores_On-Grid.pdf)>.

No âmbito das certificações, cabe mencionar que o INMETRO publicou em 2011 a Portaria nº 004 (disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001652.pdf>>) definindo os “Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica”, aplicável para módulos, controladores de carga, inversores e baterias estacionárias de baixa intensidade de descarga. Foi estabelecido que a partir de julho de 2012 os sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica deverão ser comercializados, no mercado nacional, somente em conformidade com os requisitos aprovados.

## 6.3. Aspectos legais (regulatórios, normativos e tributários)

No Brasil, o marco regulatório no qual se insere a geração solar sofreu modificações importantes nos últimos anos, retirando entraves à inserção dessa alternativa energética na matriz elétrica nacional, a exemplo do que ocorreu em outros países. Neste subtópico, são apresentados os principais instrumentos legais vigentes e programas de incentivo no Brasil relacionados à geração de energia elétrica por meio da fonte solar. Ressalta-se que não houve a preocupação de detalhar esses normativos, no entanto, foram apresentados os endereços eletrônicos onde podem ser encontrados.

### 6.3.1 Leis e Decretos Federais

- **Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007**
  - Institui o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS).
  - Regulamentada pelo Decreto nº 6.233, de 11 de outubro de 2007.
  - O PADIS constitui um conjunto de incentivos fiscais federais estabelecido com o objetivo de contribuir para a atração de investimentos nas áreas de semicondutores (posições 8541 e 8542 da Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM) e displays (mostradores de informação), estes usados como insumo para produtos eletrônicos. É passível de aplicação à cadeia solar fotovoltaica – células fotovoltaicas (NCM 8541.40.16) e módulos fotovoltaicos (NCM 8541.40.32), incluindo lingotes de silício e a purificação deste, observadas as condições da legislação.
  - Redução para 0% nas alíquotas do Imposto de Importação (II), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Contribuições do Programa de Integração Social (PIS) e de Financiamento da Seguridade Social (COFINS) na aquisição local ou importada de máquinas, equipamentos, aparelhos, instrumentos utilizados na implantação dos investimentos industriais.
  - Os produtos incentivados pelo Programa constam dos Anexos I a IV do Decreto 6.233/2007 – listas atualizadas pelo Decreto 8.247/2014.
  - A venda dos produtos semicondutores, displays e módulos ou células fotovoltaicas também tem incentivos de IPI e PIS-COFINS. Além disso, as empresas beneficiárias do PADIS contam com incentivo do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE).
  - As reduções tributárias valem até 22/1/2022 ou por 12 ou 16 anos, a contar da aprovação do projeto, conforme o tributo e o nível de agregação local.
  - Como contrapartida, as empresas se compromete-

tem, dentre outros, a realizar investimento mínimo anual em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

➤ Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11484.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11484.htm)>.

## • Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007

➤ Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI.

➤ Beneficia com suspensão da exigência da Contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS incidentes sobre bens e serviços os projetos voltados à implantação de infraestrutura nos setores de transportes, portos, energia, saneamento básico e irrigação.

➤ Relativamente ao setor de energia elétrica, o assunto é estabelecido em duas portarias:

✓ Portaria MME nº 274, de 19 de agosto de 2013, aplicada para o Ambiente de Contratação Regulada – ACR;

✓ Portaria MME nº 310, de 12 de setembro de 2013, aplicada para o Ambiente de Contratação Livre – ACL.

➤ Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11488.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11488.htm)>.

## • Lei nº 13.169/2015, de 6 de outubro de 2015

➤ Art. 8º: “Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.” Desta forma, 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. Tendo em vista que o PIS e a COFINS são tributos federais, a regra estabelecida pela lei vale igualmente para todos os Estados do país.

➤ Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm)>.

## 6.3.2 Resoluções Normativas ANEEL

### • Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010

➤ Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.

➤ Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>.

### • Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012

➤ Estabelece as condições gerais de acesso aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

➤ Cria o sistema de compensação de energia elétrica, por meio do qual o excedente gerado pela unidade consumidora com micro ou minigeração pode ser injetado na rede da distribuidora, resultando em crédito de energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes.

➤ Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses.

➤ Possibilidade de utilização dos créditos gerados em um determinado ponto de consumo em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão e caracterizada como: autoconsumo remoto, geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (condomínios).

➤ Para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). De forma análoga, para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A) será devida apenas a parcela da fatura correspondente à demanda contratada.

➤ Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.

### • Resolução Normativa ANEEL nº 687, de 24 de novembro de 2015

➤ Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. As modificações de interesse estão elencadas nas observações da REN 482/2012, acima referidas.

➤ Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.

- **Resolução Normativa ANEEL nº 714, de 10 de maio de 2016**

- Aprimora a regulamentação que trata dos contratos firmados pelas distribuidoras com os consumidores.
- Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016714.pdf>>.

- **Resolução Normativa ANEEL nº 786, de 17 de outubro de 2017**

- Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.
- É vedado o enquadramento como microgeração ou minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da CCEE ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, devendo a distribuidora identificar esses casos. A vedação não se aplica aos empreendimentos que tenham protocolado a solicitação de acesso, nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, em data anterior a publicação deste regulamento.
- Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf>>.

- **Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional)**

- O Módulo 3 do PRODIST estabelece os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição.
- Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>>.

### 6.3.3 Convênios no âmbito do CONFAZ

- **Convênio ICMS 101/97, de 12/12/1997**

- Concede isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica. Esta medida não se estende a inversores e medidores. Vigente até 31 de dezembro de 2028.
- Produtos contemplados por esse Convênio:
  - ✓ I - aerogeradores para conversão de energia dos ventos em energia mecânica para fins de bombeamento de água e/ou moagem de grãos - 8412.80.00;
  - ✓ II - bomba para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico em corrente contínua, com potência não superior a 2 HP - 8413.81.00;
  - ✓ III - aquecedores solares de água - 8419.19.10;

- ✓ IV - gerador fotovoltaico de potência não superior a 750W - 8501.31.20;
- ✓ V - gerador fotovoltaico de potência superior a 750W mas não superior a 75kW - 8501.32.20;
- ✓ VI - gerador fotovoltaico de potência superior a 75kW mas não superior a 375kW - 8501.33.20;
- ✓ VII - gerador fotovoltaico de potência superior a 375 kW - 8501.34.20;
- ✓ VIII - aerogeradores de energia eólica - 8502.31.00;
- ✓ IX - células solares não montadas - 8541.40.16;
- ✓ X - células solares em módulos ou painéis - 8541.40.32;
- Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/cv101\\_97](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/cv101_97)>.

- **Convênio ICMS 16/2015, de 22/4/2015**

- Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15)>.
- Todos os estados da área de atuação do BNB aderiram ao Convênio, sendo autorizados a conceder isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.
- O benefício previsto aplica-se somente à compensação de energia elétrica produzida por microgeração cuja potência instalada seja menor ou igual a 100 kW e por minigeração cuja potência instalada seja superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW;
- O benefício previsto neste convênio fica condicionado:
  - ✓ I - à observância pelas distribuidoras e pelos microgeradores e minigeradores dos procedimentos previstos em Ajuste SINIEF (no caso, o Ajuste SINIEF 2, de 22 de abril de 2015, disponível em: <<https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/ajustes/2015/ajuste-sinief-2-15>>);
  - ✓ II - a que as operações estejam contempladas com desoneração das contribuições para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público - PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS.

- Para os Estados que não aderiram ao Convênio ICMS 16/2015 valem as regras previstas no Convênio<sup>7</sup> ICMS 6, de 5 de abril de 2013. Neste caso, o ICMS apurado teria como base de cálculo toda energia que chega à unidade consumidora proveniente da distribuidora, sem considerar qualquer compensação de energia produzida pelo microgerador. Com isso, a alíquota aplicável do ICMS incidiria sobre toda a energia consumida no mês.

### 6.3.4 Normas da ABNT

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou as seguintes normas relacionadas aos dispositivos fotovoltaicos, visando maior segurança e padronização das instalações:

- ABNT NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição;
- ABNT NBR 16150:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição - Procedimento de ensaio de conformidade;
- ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial e a competitividade do Nordeste na fonte de energia solar credenciam a Região a ser uma candidata prioritária a receber os vultosos investimentos previstos nos projetos de geração elétrica centralizada. Neste sentido, considerando apenas os empreendimentos contemplados nos leilões promovidos pela ANEEL, estima-se investimentos no Brasil de cerca de R\$ 20 bilhões em projetos fotovoltaicos já implantados e a ser implantados, a maior parte no Nordeste.

Por outro lado, o aprimoramento do marco regulatório da micro e mini geração distribuída no Brasil, ocorrida principalmente a partir da Resolução Normativa ANEEL 482/2012, tem ensejado o surgimento de um mercado potencial de elevadas proporções para os consumidores residenciais, comerciais e industriais, estimando-se investimentos da ordem de R\$ 13 bilhões nos próximos seis anos, dos quais cerca de 1/5 no Nordeste. Ressalta-se, no entanto, que com a autorização para o BNB poder financiar projetos de geração distribuída para pessoas físicas com recursos do Fundo Constitucional de Financiamento

do Nordeste – FNE, elevam-se substancialmente as perspectivas de um crescimento ainda maior da geração fotovoltaica na região.

No entanto, cabe chamar atenção para a proliferação de profissionais e empresas prestadoras de serviços na cadeia produtiva da geração solar – alguns dos quais sem o devido preparo –, surgida em razão do vertiginoso crescimento do mercado fotovoltaico. Assim, é de fundamental importância estabelecer certificações que possam ensejar mais confiança aos compradores e financiadores, evitando-se incorrer em falhas observadas no passado recente em outros países.

Ressalta-se ainda que as perspectivas de vultosos investimentos na Região nordestina não têm sido fator decisivo para a locação de fábricas de equipamentos de energia solar na Região, a exemplo do que vem ocorrendo com a fonte eólica. De fato, a maior parte dos fabricantes estão se instalando principalmente na região Sudeste. Desta forma, são necessárias ações dos estados nordestinos no sentido de atrair essas empresas para o Nordeste, possibilitando o adensamento da cadeia produtiva dessa indústria na Região.

O crescimento exponencial da geração solar no Brasil, particularmente no Nordeste, gerará enormes possibilidades de investimentos, geração de empregos e oportunidades de novos negócios correlacionados a essa atividade. Neste contexto, compreender a dinâmica de funcionamento dos elos da cadeia de valor da geração solar fotovoltaica é essencial para atrair fornecedores interessados em aproveitar potencialidades locais para a produção de insumos utilizados nessa indústria nascente no País.

## REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública**. 7. ed. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 14 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Banco de informações de geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 25 dez. 2018.

BACEN - BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversão de moedas**. Disponível em: <[www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BP. **BP Statistical Review of World Energy**. June 2018. Disponível em: <<http://www.bp.com>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados de leilões**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em: 25 dez. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil – condicionantes e impactos**. Nota Técnica DEA 19/14. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 14 ago. 2016.

<sup>7</sup> Disponível em: <[http://www1.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/ICMS/2013/CV006\\_13.htm](http://www1.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/ICMS/2013/CV006_13.htm)>.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA; OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS; CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Boletim técnico EPE-ONS-CCEE: mercado e carga - 2018.** Disponível em: < <http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.** Brasília: MME/EPE, 2017. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MDIC - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Importações.** Disponível em: <[www.mdic.gov.br](http://www.mdic.gov.br)>. Acesso em: 22 dez. 2018.

NASA. **Average annual ground solar energy 1983-2005.** 2008. Disponível em: <[https://www.google.com.br/search?q=Average+annual+ground+solar+energy+1983-2005&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjZosb\\_xefaAhWBE5AKHdZdBslQ\\_AUICygC&biw=1440&bih=794#imgrc=\\_6sGCevUX5tM7M](https://www.google.com.br/search?q=Average+annual+ground+solar+energy+1983-2005&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjZosb_xefaAhWBE5AKHdZdBslQ_AUICygC&biw=1440&bih=794#imgrc=_6sGCevUX5tM7M)>. Acesso em: 15 abr. 2018.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Gerção de energia.** Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 23 dez. 2018a.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Energia armazenada.** Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 23 dez. 2018b.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. **Atlas brasileiro de energia solar.** 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: < [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html) >. Acesso em: 14 abr. 2018.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014.

SAUAIA, R. L. **Palestra introdutória – talk show com as lideranças do setor elétrico brasileiro.** Brasil Solar Power. Rio de Janeiro, 01/07/2016.

## ANÁLISES SETORIAIS DISPONÍVEIS

### ANO DE 2018

- Aquicultura e pesca - 11/2018
- Indústria da construção civil - 11/2018
- Grãos: feijão, milho e soja - 11/2018
- Bovinocultura leiteira 2 - 11/2018
- Setor hoteleiro no Brasil - 11/2018
- Cajucultura - 11/2018
- Comércio 2018/2019 - 11/2018
- Café - 10/2018
- Petroquímica - 10/2018
- Vestuário - 10/2018
- Bovinocultura leiteira 1 - 10/2018
- Citricultura - 09/2018
- Floricultura - 09/2018
- Comércio eletrônico (E-commerce) - 09/2018
- Mandiocultura - 09/2018
- Saneamento básico - 08/2018
- Couros e calçados - 08/2018
- Indústria siderúrgica - 08/2018
- Energia eólica - 08/2018
- Fruticultura - 07/2018
- Bebidas não alcoólicas - 07/2018
- Grãos - 06/2018
- Móveis - 06/2018
- Energia solar - 05/2018
- Bebidas alcoólicas - 05/2018
- Mel - 04/2018
- Carnes - 04/2018
- Saúde - 04/2018
- Algodão - 03/2018
- Alimentos - 03/2018
- Sucroenergético - 02/2018
- Shopping Centers - 02/2018
- Petróleo e gás natural - 01/2018

## ANÁLISES EM ANDAMENTO

### NOVEMBRO/DEZEMBRO 2018

- Coco
- Construção civil
- Energia térmica
- Rochas ornamentais
- Turismo

## CONHEÇA OUTRAS PUBLICAÇÕES

### DO ETENE

<https://www.bnb.gov.br/publicacoes-editadas-pelo-etene>

- Diário Econômico
- Boletim de Avaliação
- Informe ETENE
- Informe Rural (1)
- Informe Macroeconomia, Indústria e Serviços (1)
- REN - Revista Econômica do Nordeste
- Revista BNB Conjuntura Econômica
- Livros
- Artigos
- Informações Socioeconômicas - Nordeste
- Informações Socioeconômicas - Estados e Municípios
- Projeções ETENE
- Nordeste em Mapas
  - Economia
  - Indicadores Sociais
  - Infraestrutura
  - Território

## ANÁLISES SETORIAIS ANTERIORES

<https://www.bnb.gov.br/publicacoes/CADERNO-SETORIAL>