

2495

POLÍTICA ENERGÉTICA NO BRICS: DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Luciano Losekann
Felipe Botelho Tavares

TEXTO PARA DISCUSSÃO



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



www.cepal.org/es/publications



www.cepal.org/apps

POLÍTICA ENERGÉTICA NO BRICS: DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Luciano Losekann¹

Felipe Botelho Tavares²

1. Professor associado na Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense (UFF); pesquisador associado do Grupo de Economia da Energia (GEE); e vice-presidente da Associação Brasileira de Estudos em Energia (AB3E).

2. Pesquisador do GEE.

Governo Federal

Ministério da Economia
Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Carlos von Doellinger

**Diretor de Desenvolvimento Institucional,
Substituto**

Manoel Rodrigues dos Santos Junior

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das
Instituições e da Democracia**

Alexandre de Ávila Gomide

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

José Ronaldo de Castro Souza Júnior

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas
e Ambientais**

Aristides Monteiro Neto

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação
e Infraestrutura**

André Tortato Rauem

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

Lenita Maria Turchi

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas e
Políticas Internacionais**

Ivan Tiago Machado Oliveira

**Assessora-chefe de Imprensa
e Comunicação**

Mylena Fiori

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>
URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea 2019

© Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe – CEPAL, Nações Unidas 2019

LC/BRS/TS.2019/4

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, do Ministério da Economia ou da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

Os Estados-membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir este estudo sem autorização prévia. É solicitado, apenas, que mencionem a fonte e informem à CEPAL sobre essa reprodução.

Este estudo foi elaborado no âmbito do Programa Executivo de Cooperação entre a CEPAL e o Ipea.

JEL: O13; O19; Q38; Q48.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 O SETOR ENERGÉTICO NO BRICS | 8 |
| 3 EXPERIÊNCIAS DA TRANSIÇÃO NO BRICS..... | 18 |
| 4 UMA TRANSIÇÃO CONJUNTA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES..... | 43 |
| 5 CONCLUSÕES | 49 |
| REFERÊNCIAS | 50 |
| APÊNDICE | 52 |

SINOPSE

O processo de transição para uma matriz energética com menor conteúdo de carbono apresenta particularidades quanto ao ponto de partida, à relevância das emissões do setor energético, aos objetivos e aos instrumentos utilizados pelos países. Com exceção do caso brasileiro, os países do BRICS contam com elevada participação de fontes fósseis na matriz energética. Analisando as tendências dos vetores da transição, percebemos que esses países ainda estão atrasados na difusão de renováveis em relação aos países líderes, mas os ganhos de eficiência associados à expansão de fontes modernas foram significativos. A China tem mostrado um forte compromisso para a redução de emissões, e a escala dos programas de ampliação de fontes renováveis é destacada. A elevada participação de fontes renováveis particulariza a transição brasileira, em que as novas fontes renováveis, eólica e solar, têm o papel de compensar a perda de participação da energia hidrelétrica. Índia e África do Sul combinam os objetivos de transição aos de inserção social por meio do acesso à eletricidade, e a abundância de recursos fósseis acarreta menor engajamento da Rússia com a transição. As complementariedades e as similaridades no processo de transição energética resultam em oportunidades de cooperação entre os países do BRICS, pois há muito espaço para uma estratégia conjunta de transição energética.

Palavras-chave: transição energética; BRICS; emissões de CO₂; renováveis; eficiência.

ABSTRACT

The transition to a low carbon energy mix presents particularities regarding the starting point, the relevance of emissions from the energy sector, the objectives and instruments used by the countries. Apart from the Brazilian case, the BRICS have a high share of fossil sources in the energy mix. Analyzing the trends of the transition vectors, BRICS countries are still lagging behind in the diffusion of renewables vis-à-vis the leading countries, but the efficiency gains associated with the expansion of modern sources have been significant in the last 40 years. China has shown a strong commitment to reducing emissions and the scale of renewable energy programs is remarkable. The high share of renewable sources characterizes the Brazilian transition, where the new renewable sources, wind and solar, have the role of compensating for the loss of hydroelectric share. India and South Africa combine the transition goals to those of social inclusion through access to electricity. The abundance of fossil resources entails less engagement of Russia in the transition. Complementarities and similarities in the energy transition process result in

opportunities for cooperation between the BRICS and there is much room for a joint energy transition strategy.

Keywords: energy transition; BRICS; CO₂ emissions; renewables; efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O setor energético passa por um processo de forte transformação. Dada sua relevância nas emissões de gases de efeito estufa, os sistemas energéticos constituem o centro das ações de mitigação do aquecimento global. Essa transformação, chamada de transição energética, é liderada por países desenvolvidos e resulta de políticas para o setor de energia, com especial foco na difusão de fontes renováveis para a geração de eletricidade. Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul – o BRICS –¹ têm papel relevante na busca por soluções transformadoras, pois têm peso considerável na produção e no consumo energético global e influenciam as trajetórias dos demais países.

O tipo de transição a ser referido neste texto será o de transição energética de “baixo carbono”, porque melhor descreve a orientação da política energética que surge da agenda de mudanças climáticas. Essa agenda envolve estratégias públicas e privadas em torno da ideia de uma transformação nos sistemas energéticos, procurando sua descarbonização. No entanto, é importante destacar que os países que buscam essa transição estão sujeitos a diferentes restrições, seja pelas características históricas de suas matrizes energéticas ou características institucionais e econômicas. Dessa forma, os desafios impostos podem ser heterogêneos, assim como as estratégias adotadas.

O setor energético apresenta uma diversidade de tecnologias, com níveis variados de emissões. Ao considerarmos que os sistemas atuais, em sua grande maioria, estruturam-se em torno de fontes de energia fóssil (grandes emissoras de carbono), o desafio de reestruturá-los passa necessariamente por iniciativas de políticas energéticas que deem suporte a esta transformação.

Tradicionalmente, as políticas energéticas têm como objetivos principais a busca por segurança do abastecimento, o acesso à energia a preços módicos e a produção e o uso da energia de forma ambientalmente adequada. Como frequentemente esses objetivos se contrapõem, o universo de possibilidades para políticas energéticas se restringe. Para um cenário que atenda aos objetivos do clima, políticas serão convergentes à transição energética de baixo carbono se priorizarem quatro tipos de estratégias de

1. O BRICS é um grupo político de cooperação, com a principal característica de ser constituído por países emergentes. Não se trata de um bloco econômico/de comércio formal, mas, sim, de uma aliança política.

desenvolvimento energético: *i*) energo-expansiva: com expansão de fontes de baixo carbono; *ii*) energo-reprodutiva: com a manutenção de fontes existentes com baixas emissões; *iii*) energo-substitutiva: com a substituição de fontes de elevada emissão; e *iv*) energo-poupadora: com produção e consumo mais eficientes e/ou pela conservação de energia (Tavares, 2019). A Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA) estima que essas vias seriam responsáveis por até 82% da redução de emissões necessárias para atender aos objetivos climáticos no cenário de desenvolvimento sustentável (IEA, 2018a), e o restante dependerá de importantes avanços tecnológicos na área de energia – por exemplo, captura e estocagem de carbono (CCS) e tecnologia nuclear. Portanto, as estratégias para uma transição energética de baixo carbono se associariam a essas vias, mas nunca perdendo de vista os objetivos tradicionais de segurança, acesso e sustentabilidade. Entre este universo mais restrito de políticas, as opções disponíveis para cada país irão depender de seus recursos não apenas físicos, mas políticos, econômicos e sociais.

Este texto está estruturado, além desta introdução, em mais quatro seções. A segunda seção versa sobre as características técnicas e comerciais do setor energético nos países do BRICS e sua evolução ao longo do tempo. A terceira seção aborda a estrutura setorial e as estratégias desses países frente a uma agenda de transição. Em seguida, a seção quatro apresenta aspectos que trazem oportunidades de cooperação entre esses países, para então chegarmos a uma conclusão do que seria de fato o processo de transição no grupo BRICS na seção 5.

2 O SETOR ENERGÉTICO NO BRICS

O BRICS é composto por um conjunto de países com uma grande relevância territorial e populacional (29,6% e 41,1% do mundo, respectivamente), cujas economias apresentavam perspectivas de expansão continuada no início do século, reforçando o seu papel geopolítico. No entanto, esses países contam com estruturas econômicas, sociais, geográficas e de recursos naturais muito diferentes, tornando complexo o desenvolvimento de estudos comparativos, como fazemos aqui. A tabela 1 apresenta as principais características do grupo e sua heterogeneidade. A China é a maior potência econômica e populacional do BRICS, o que faz com que o país seja um catalizador de iniciativas sobretudo em áreas como investimento estrangeiro direto, comércio e energia.

TABELA 1
BRICS: características geográficas, demográficas e econômicas (2016)

| País | População (milhões de pessoas) | Área (mil km ²) | Produto interno bruto (PIB) (US\$ bilhões) | Renda <i>per capita</i> (US\$/população) | Taxa de investimento ¹ Média 2007-2016 (% PIB) | Taxa de inflação Média 2007-2016 (%) |
|---------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| África do Sul | 56 | 1.221 | 295 | 5.276 | 21 | 6,30 |
| Brasil | 206 | 8.516 | 1.796 | 8.713 | 20 | 6,20 |
| China | 1.379 | 9.600 | 11.203 | 8.127 | 46 | 2,90 |
| Índia | 1.269 | 3.287 | 2.273 | 1.750 | 37 | 8,40 |
| Rússia | 147 | 17.125 | 1.286 | 8.768 | 23 | 9,20 |

Fonte: BRICS, 2017. Disponível em: <http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/JSP-2017.pdf>.
Nota: ¹ Inclui formação bruta de capital fixo e variação de estoques.

No que se refere ao setor energético, os países do BRICS são grandes detentores de recursos e produtores de energia. Por isso mesmo, estão entre os maiores atores do comércio internacional de *commodities* energéticas (tabela 2).

TABELA 2
BRICS: reservas e produção de fontes de energia fósseis e urânio

| País | Reservas | | | | Produção | | | |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|---------------|
| | Petróleo ¹ (106 barris) | Carvão (t bilhões) | Gás natural (m ³ trilhões) | Urânio (t mil) | Petróleo (mil barris/dia) | Carvão (t milhões) | Gás natural ² (m ³ bilhões) | Urânio (t) |
| África do Sul | - | 9,9 | - | 175,3 | - | 252,3 | - | 573 |
| Brasil | 12,8 | 6,6 | 0,4 | 155,1 | 2.734,00 | 7 | 27,5 | 231 |
| China | 25,7 | 138,8 | 5,5 | 120,0 | 3.845,90 | 3.523,20 | 149,2 | 1.500,00 |
| Índia | 4,5 | 97,7 | 1,2 | - | 864,9 | 716 | 28,5 | 385 |
| Rússia | 106,2 | 160,4 | 35 | 216,5 | 11.257,30 | 411,2 | 635,6 | 2.990,00 |
| % BRICS/mundo | 8,80 | 39,90 | 21,70 | 18,00 | 20,20 | 63,50 | 22,80 | 10,10 |

Fonte: BP (2018); e World Energy Council (WEC), 2016.

Notas: ¹ Inclui condensados e líquido de gás natural (LGN).

² Exclui queima e reinjeção.

Obs.: Valores para 2017, exceto o urânio com valores de 2014.

O bloco representa cerca de um quinto das reservas e é um grande produtor e exportador mundial das principais fontes energéticas.

Os países do BRICS são grandes produtores de carvão, com exceção do Brasil. Há de se observar que cada país possui qualidades diferentes de carvão: enquanto a África do Sul detém reservas relevantes de carvão antracito e betuminoso, de melhor qualidade energética, a China, a Índia e a Rússia detêm reservas consideráveis de carvão sub-betuminoso e linhito, de menor poder calorífero e maiores impactos ambientais.

Quando tratamos de hidrocarbonetos, podemos destacar a Rússia, com suas importantes reservas de petróleo e gás, sendo um dos maiores produtores mundiais

não ligados à Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep). É por esse motivo que as estratégias russas são determinantes para a geopolítica do gás natural no continente europeu e, crescentemente, na Ásia. Brasil, Índia e China também apresentam reservas e produção bastante relevantes de petróleo e gás.

Nos últimos dez anos, o Brasil se tornou uma fronteira de expansão da produção de petróleo e gás devido às descobertas das reservas do pré-sal. Essa expansão possibilitará ao país se tornar um grande exportador de petróleo, o que tem atraído investimentos estrangeiros nas rodadas de licitação brasileiras. A Índia, no entanto, tem buscado uma estratégia de investimentos em infraestrutura de refino para atendimento das demandas internas, mas também procurando aproveitar sua posição estratégica na região asiática, em especial, pela sua proximidade com o centro consumidor chinês.

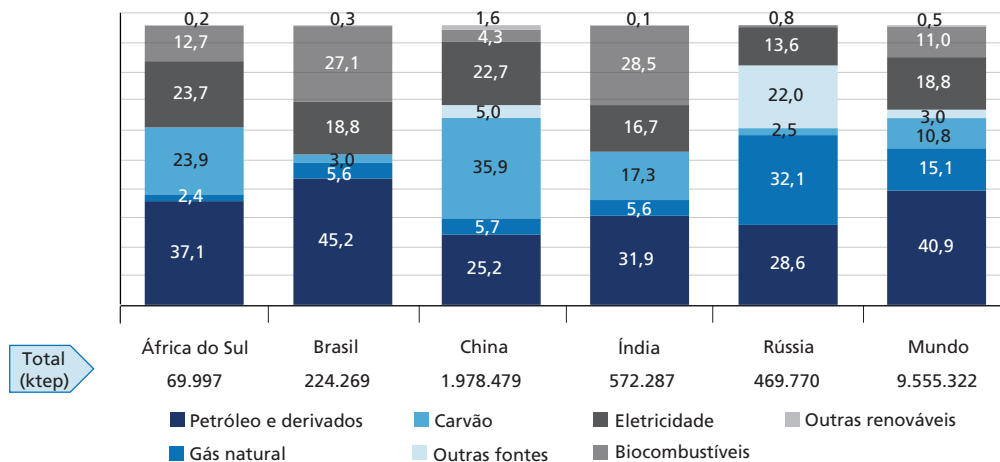
Ao tratarmos das reservas e da produção de urânio para fins energéticos, devemos ter em conta o seu uso e as perspectivas futuras da geração eletronuclear. Quando tratamos de capacidade instalada, em 2017, o grupo detinha cem reatores, somando 70,6 GW de capacidade instalada (IAEA, 2018). Até 2040, acredita-se que as principais fronteiras de expansão da capacidade nuclear serão a China (132 GW), a Rússia (39 GW) e a Índia (34 GW), enquanto os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresentarão o maior número de descomissionamento de reatores existentes (IEA, 2014).

Os países do BRICS são grandes consumidores de energia (gráfico 1). O grupo consome um total de 3,3 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, o que representa 35% do total mundial. Ou seja, mesmo sendo grandes exportadores de diversas *commodities* energéticas, estes países figuram entre os principais demandantes de energia mundiais. A China é o maior consumidor do grupo e representou a principal impulsionadora da demanda energética mundial nas últimas décadas. De acordo com a IEA (2018d), a Índia deverá ocupar o posto de propulsor da demanda até 2040, dobrando seu consumo.

O consumo final dos países do BRICS é concentrado em combustíveis fósseis (derivados de petróleo, gás natural e carvão), representando cerca de 65% em média (gráfico 1). Nota-se também que parte importante da eletricidade (cerca de 80%) é gerada a partir destes combustíveis (gráfico 2). O predomínio de fontes fósseis resulta em elevadas emissões de carbono e de outros poluentes locais e torna desafiadora a transição energética de baixo carbono.

GRÁFICO 1
BRICS: consumo final de energia (2016)

(Em %)

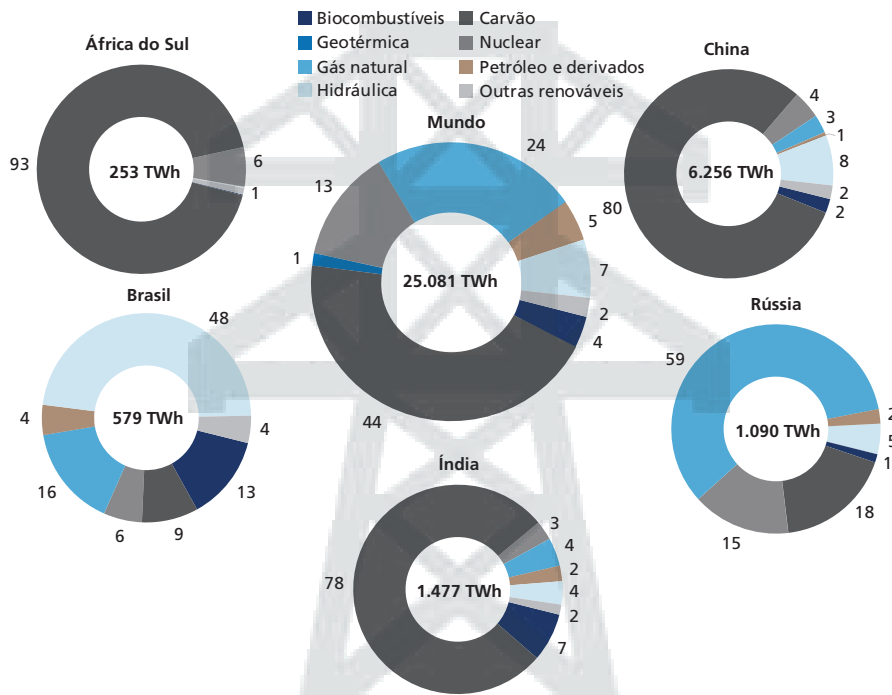


Fonte: IEA (2018a).

Obs.: Biocombustíveis inclui biomassa e resíduos; outras renováveis inclui solar térmica, eólica, geotérmica etc. que não para eletricidade; e outras fontes inclui turfa e outras fontes de calor.

GRÁFICO 2
BRICS: matriz elétrica (2016)

(Em %)



Fonte: IEA (2018a).

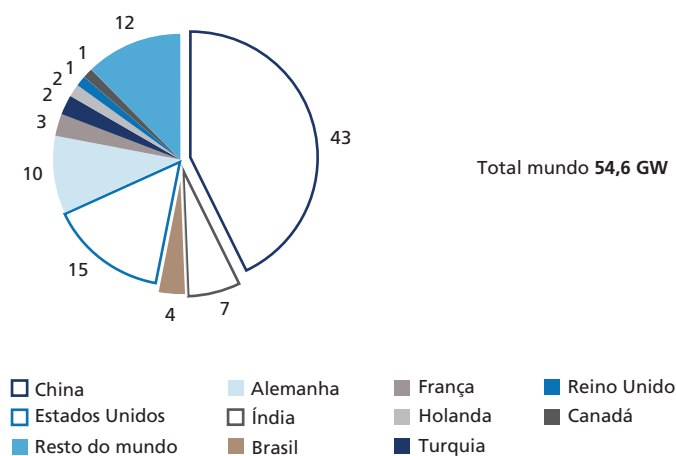
Obs.: Outras renováveis inclui solar, eólica, ondas, maré etc.

Entre os países do grupo, o Brasil é o de menor nível de emissões por unidade de energia (por exemplo, CO₂eq/TJ), justamente por apresentar uma matriz de energia primária mais diversificada, seja para a geração de eletricidade, seja para o consumo final de combustíveis líquidos, gasosos e sólidos (por exemplo, etanol, biodiesel, bagaço de cana, biogás etc.). O gráfico 2 apresenta as características das matrizes elétricas de cada país comparando suas composições ante a média mundial.

A eletrificação dos diversos usos finais de energia é considerada uma das principais estratégias na descarbonização do setor. Esse argumento é justificado pelo fato de a geração elétrica, seja ela centralizada ou descentralizada, apresentar alternativas tecnológicas de baixa emissão (o caso das fontes solar e eólica) e maior flexibilidade nos usos finais (os casos da mobilidade e aquecimento). Se considerarmos o contexto de países emergentes, cuja infraestrutura está em plena estruturação, ampliando o acesso e a qualidade no uso da energia para populações em crescimento, a opção pela eletricidade tem se mostrado bastante adequada a esses objetivos.

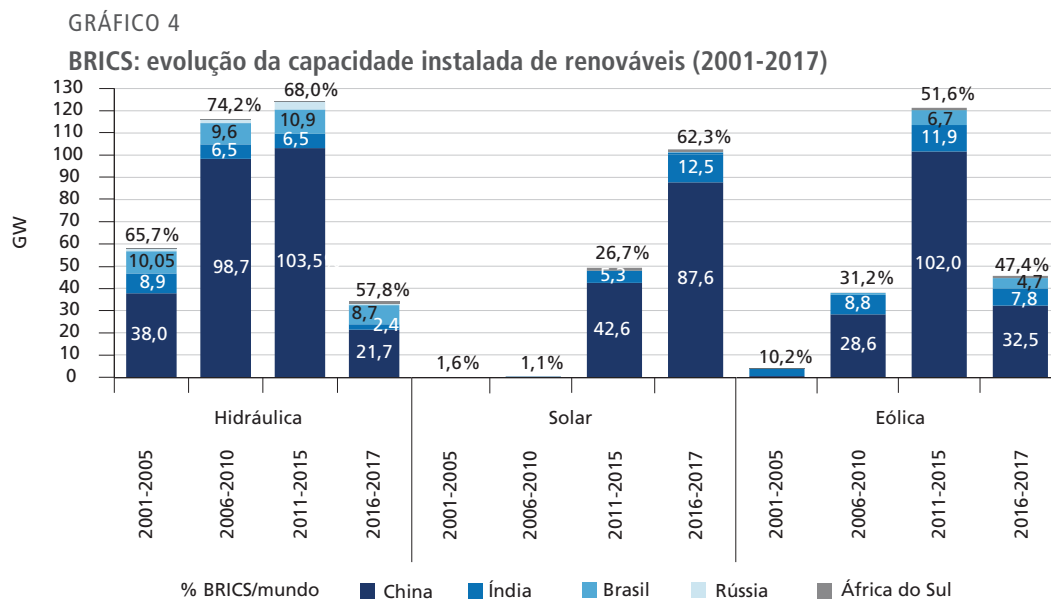
Nesse sentido, a evolução do setor de eletricidade no BRICS é um dos grandes focos de mudanças. Quando tratamos da instalação de nova capacidade em energia eólica, por exemplo, observamos que China, Índia e Brasil têm se posicionado entre os principais demandantes dessa tecnologia (gráfico 3).

GRÁFICO 3
Capacidade eólica instalada (2016)
(Em %)



Fonte: Global Wind Energy Council (GWEC), 2016.

O gráfico 4 apresenta a difusão das três tecnologias renováveis mais relevantes no BRICS. Apesar dos enormes desafios de superar matrizes energéticas consideradas “suja”, o grupo tem tido participação crescente na instalação de capacidade de geração renovável no mundo. Vale destacar o ímpeto chinês nesta frente.



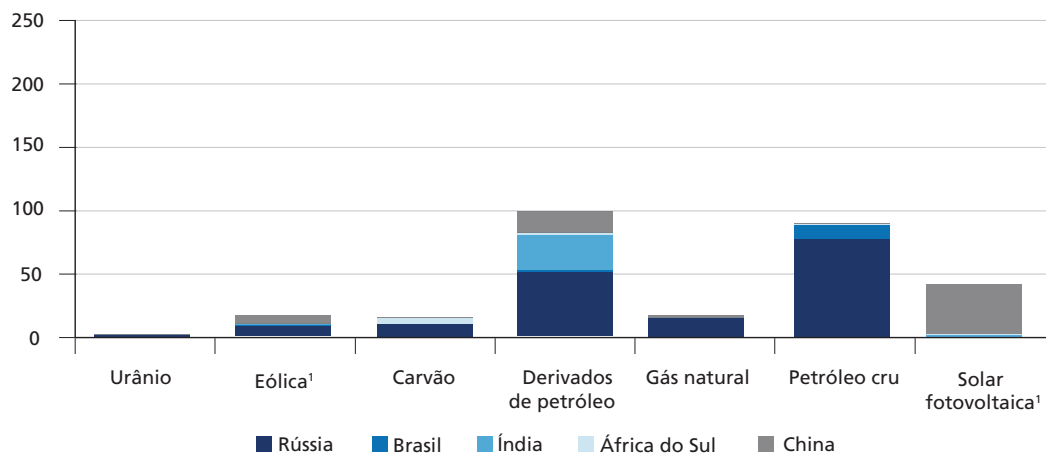
Fonte: IRENA Electricity Statistics.

Além de respeitar os compromissos internacionais de mitigar emissões de gases de efeito estufa, o desafio chinês compreende o enfrentamento da poluição local pela combustão de combustíveis fósseis sem comprometer o crescimento econômico. Para tanto, a estratégia de investimentos em renováveis busca enfrentar os problemas ambientais ao mesmo tempo que lhe permite se lançar como um dos principais produtores e exportadores de tecnologias limpas.

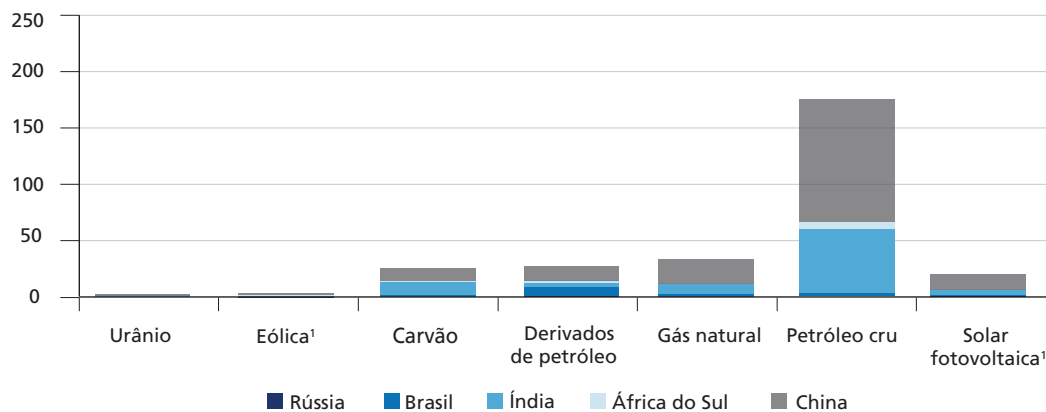
Ao contrário das fontes fósseis, que constituem *commodities* com imenso fluxo comercial, as fontes de energia renováveis são geradas localmente e o fluxo comercial ocorre por meio da venda de equipamentos e sistemas de produção renovável e por fluxos tecnológicos. Como observado no gráfico 5, os países do BRICS se destacam nos dois campos. A Rússia se destaca na exportação de fontes fósseis, e a China, como importadora de energia e exportadora de equipamentos de sistemas.

GRÁFICO 5
Comércio entre países do BRICS e resto do mundo (2016)
 (Em US\$ bilhões)

5A – Exportações



5B – Importações



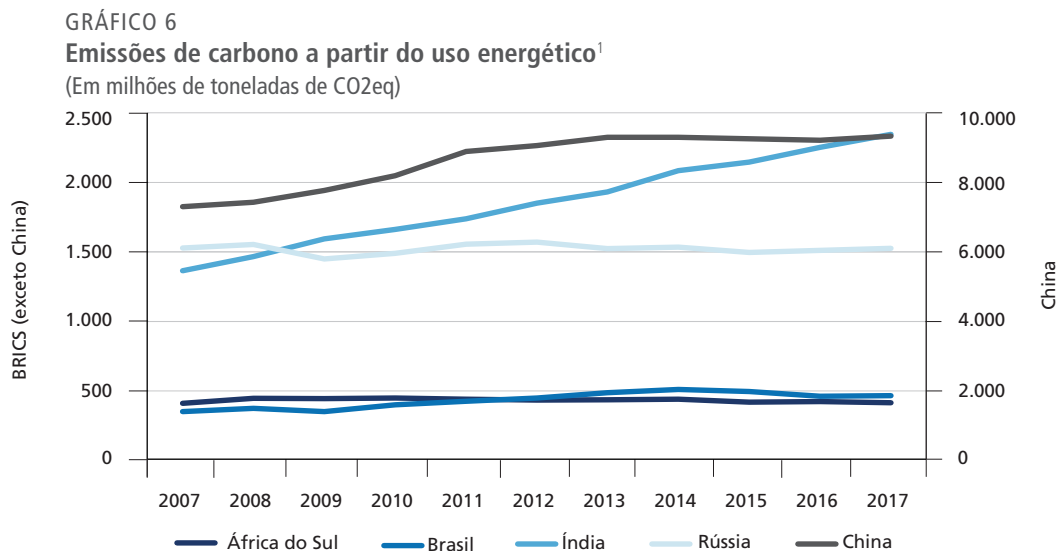
Fonte: COMTRADE, 2016.

Nota: ¹ Valor de componentes de sistemas eólicos e fotovoltaicos, como o mostrado em Vazquez *et al.* (2018). A agregação não é perfeita, já que outros componentes são contabilizados em conjunto aos códigos dos produtos da COMTRADE.

Obs.: Não inclui valores de comércio que não estejam associados a algum país dos BRICS, seja como origem ou destino.

Em termos absolutos, os países do BRICS apresentam trajetória crescente de emissões (gráfico 6). China e Índia apresentaram o maior crescimento, dado o avanço da geração elétrica a carvão e do uso de veículos individuais em centros urbanos, resultado da elevação da renda *per capita*. Além do problema de aquecimento global, os países do BRICS enfrentam o desafio de melhorar a qualidade do ar em seus grandes

centros urbanos,² fenômeno este que tem se tornado uma tendência global no mundo em desenvolvimento. Não por acaso, as cidades indianas e chinesas têm apresentado crises recorrentes com níveis intoleráveis de poluição local.



Fonte: BP (2018).

Nota: ¹ Apenas emissões por combustão de combustíveis.

Apesar de a medida absoluta de emissões ser crucial no acompanhamento do aquecimento terrestre, para se entender o desempenho dos países, medidas relativas como as de intensidade de emissões *per capita*, por PIB ou por unidades de energia produzida ou consumida auxiliam na contextualização de cada país. De fato, são estas medidas que usualmente são utilizadas em negociações quanto ao clima, com o intuito de ressaltar contextos de grandes populações, economias em desenvolvimento e disponibilidade de recursos naturais. A tabela 3 apresenta tais níveis relativos de emissões.

2. Vale ressaltar que a poluição local tem outros componentes além do que tratamos como emissões de carbono. É o caso das emissões de material particulado, bastante nocivas à saúde.

TABELA 3
Emissões nos países do BRICS e no mundo (2016)¹

| País | Emissões ² (milhões de toneladas de CO ₂ eq) | Emissões <i>per capita</i> (tCO ₂ /população) | Emissões pelo PIB (kgCO ₂ /US\$) | Intensidade de carbono na energia primária (tCO ₂ /TPES – TJ) | Intensidade de carbono na eletricidade (gCO ₂ /kWh) |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| África do Sul | 414,4 | 7,4 | 1,4 | 70,5 | 1.009,40 |
| Brasil | 416,7 | 2 | 0,2 | 35 | 160,4 |
| China | 9.101,50 | 6,6 | 0,8 | 73,1 | 680,6 |
| Índia | 2.076,80 | 1,6 | 0,9 | 57,5 | 812,8 |
| Rússia | 1.438,60 | 10 | 1,1 | 46,9 | 379,6 |
| Mundo | 32.314,20 | 4,4 | 0,4 | 56,1 | 518,5 |

Fonte: IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion Statistics.

Notas: ¹ Valores de 2016, com exceção da intensidade de carbono na eletricidade de 2014.

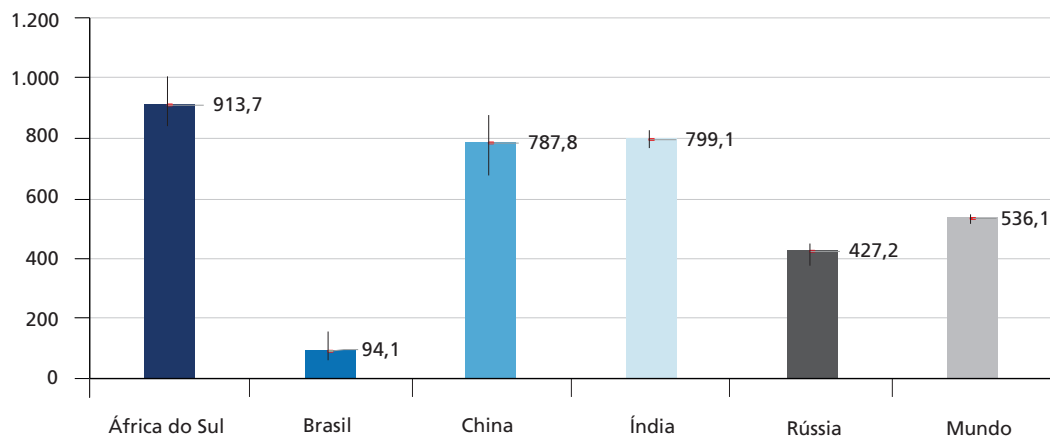
² Apenas emissões pela combustão.

O BRICS representa 41% das emissões totais mundiais, com indicadores superiores à média mundial. A África do Sul certamente é o país com os piores resultados nesses indicadores, por ter sua economia altamente baseada em combustíveis poluentes. Sua diferença com relação à Rússia, por exemplo, é que os russos consomem mais intensamente o gás natural que o carvão, resultando em menores emissões de carbono. Em termos absolutos, a China é o principal emissor, atenuando sua posição ao considerar seu tamanho econômico e populacional – como se verá mais à frente, seus indicadores vêm apresentando uma tendência de melhorias continuamente. O Brasil é o país do grupo com melhor desempenho em emissões no setor energético. Por contar com uma matriz limpa de geração de eletricidade, suas emissões por kWh são seis vezes menores que as da África do Sul.

Essas medidas, além de tendências, apresentam variações decorrentes da disponibilidade de renováveis. É o caso, por exemplo, da geração de eletricidade no Brasil, que, a depender das vazões nos reservatórios hidráulicos, pode necessitar de mais ou menos geração termelétrica. O gráfico 7 apresenta parte dessa variância na medida de intensidade de emissões nos setores elétricos do BRICS.

Ao analisarmos o desempenho dos países ao longo do tempo, capturando as tendências adjacentes a suas estratégias e opções energéticas diante do desafio das emissões, nota-se que Brasil, China e Índia tiveram piora nos seus indicadores de intensidade de carbono no setor de energia. A figura 1 apresenta os resultados da análise desse indicador principal contra outros que medem eficiência, nível de eletrificação e participação de fontes renováveis nas suas matrizes (ver correlações no apêndice), também comparando o BRICS com os Estados Unidos e a Europa.

GRÁFICO 7
Intensidade de carbono no setor elétrico dos países do BRICS e mundo (2004-2014)
(Em gCO₂/kWh)



Fonte: IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion Statistics.
Obs.: Média do período 2004-2014, com variações para cima e para baixo.

FIGURA 1
Comparação da evolução para diversos indicadores relacionados à transição energética de baixo carbono no BRICS, nos Estados Unidos e na Europa (1971-2015)

| | Emissões (CO ₂ /TJ) | Eficiência (toe/PIB) | Eletricidade (kWh/PIB) | % Renováveis* (RES/Energia Primária) | % Renováveis* (RES/kWh) |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Tipo de indicador | (-) melhor | (-) melhor | (+) melhor | (+) melhor | (+) melhor |
| África do Sul | ✓ | ▬ | ✓ | ▬ | ▬ |
| Brasil | ✗ | ▬ | ✓ | ✗ | ✗ |
| China | ✗ | ✓ | ▬ | ✗ | ▬ |
| Índia | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ |
| Rússia | ✓ | ✓ | ✗ | ▬ | ▬ |
| Estados Unidos | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ▬ |
| Europa | ✓ | ✓ | ▬ | ✓ | ✓ |

✓ melhoria ▬ manutenção ✗ piora

Fonte: IEA World Indicators Database.

Nota: * Share de renováveis na energia primária. O item renováveis inclui hidráulico, geotérmico, solar fotovoltaico e térmico, ondas, mares, oceanos, eólica, resíduos urbanos, biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

Obs.: 1. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

2. Os resultados expressam evolução de 1971 a 2016. Rússia, a partir apenas de 1990. Europa, considerando apenas os países da OCDE.

3. A evolução de cada indicador está disponível no apêndice.

Mesmo a China tendo avançado enormemente em eficiência energética, faltou-lhe transformar a origem de seu consumo energético primário, fator que contribuiu para diminuir a intensidade de carbono dos países desenvolvidos. Todavia, os resultados sugerem que a eletrificação tenha contribuído para um melhor resultado da África do Sul, que já se encontrava num patamar bastante elevado de intensidade de carbono. No caso do Brasil, seu desafio foi manter e melhorar sua estrutura energética ao longo do tempo, partindo de um patamar pouco intensivo em carbono.

Os resultados sugerem que não haveria uma estratégia única para obter um desempenho superior em termos de intensidade de carbono. Seria, portanto, a combinação dessas estratégias associadas aos contextos locais que gerariam os impactos de mitigação de emissões decorrente da transição energética.

3 EXPERIÊNCIAS DA TRANSIÇÃO NO BRICS

Como apresentado na seção anterior, as características e a evolução dos sistemas energéticos dos países do BRICS são bastante distintas, pois o compromisso com as metas climáticas caracteriza as diretrizes de política energética do grupo. Esta seção irá analisar as estratégias de cada país individualmente e as medidas tomadas para propiciar uma transição energética de baixo carbono.

3.1 África do Sul

Entre os países do BRICS, a África do Sul enfrenta os maiores desafios quanto a uma transição energética sustentável do ponto de vista da disponibilidade de recursos econômicos e institucionais.

3.1.1 Compromissos com a transição

No Acordo de Paris, o país se comprometeu a uma trajetória do tipo “pico-platô-declínio” (*peak-plateau-decline*), na qual suas emissões atingiriam um pico entre 2020 e 2025, para então decair em termos absolutos. Entre as premissas destacadas em sua National Determined Contribution (NDC), no Acordo de Paris está o comprometimento com iniciativas abrangentes e socialmente justas, buscando o desenvolvimento econômico e social, com

equidade, e a erradicação da pobreza. A NDC sul-africana tem uma preocupação explícita quanto ao custo e financiamento dos investimentos necessários em mitigação e adaptação nos diversos setores da economia, e em particular no setor de energia.

3.1.2 Estrutura setorial

O setor elétrico sul-africano é concentrado na empresa estatal Eskom, que atua na geração, transmissão, distribuição e comercialização de eletricidade, produzindo cerca de 95% da energia elétrica do país. Quaisquer estratégias de transformação energética passarão, portanto, por um posicionamento desta empresa. Ademais, as estratégias tomadas pela Eskom também influenciarão a região a partir da interconexão existente entre os países do sul da África,³ chamada de Southern African Power Pool.

Pelo setor de petróleo, a estatal Petroleum Oil and Gas Corporation of South Africa (PetroSA) é dominante no *upstream*, enquanto o *downstream* e petroquímica são mais diversificados com a presença das principais empresas internacionais (BP, Shell, Chevron, Total etc.). A Sasol é outra importante empresa sul-africana, atuando em refino e distribuição de derivados, gás natural e carvão. A empresa é reconhecida pelo desenvolvimento de tecnologias de combustíveis sintéticos considerados mais limpos: *gas-to-liquids* (GTL) ou *coal-to-liquids* (CTL).

Na cadeia de valor carvoeira sul-africana, é predominante a atuação de empresas privadas, entre elas grandes mineradoras (Anglo American, BHP etc.). Pelo lado do gás natural, existe o interesse em avançar no abastecimento por gás natural liquefeito (GNL), em particular na modalidade *LNG-to-power*, permitindo maior flexibilidade ao setor elétrico em uma perspectiva futura de preços competitivos no mercado internacional de gás.

3.1.3 Políticas e programas

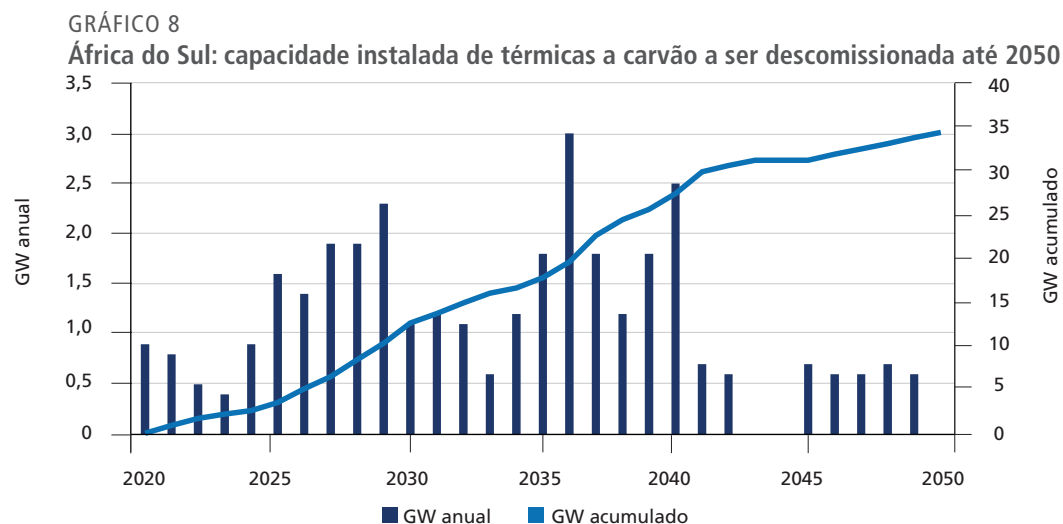
A África do Sul, desde 2011, elabora um plano integrado de longo prazo para seu setor de energia. Mais recentemente, em agosto de 2018, o governo atualizou seu Plano Energético (Integrated Resource Plan 2010-2030), colocando à consulta pública as

3. Angola, Botswana, Congo, Lesoto, Moçambique, Malawi, Namíbia, África do Sul, Suazilândia, Tanzânia, Zâmbia e Zimbábue.

novas diretrizes para o futuro da energia no país. Na visão proposta, o país irá reverter sua estratégia quanto ao uso do carvão; intensificar a difusão de renováveis (eólica e solar) e do gás natural; e interromper a expansão da energia nuclear, assim, assegurando acesso à eletricidade e atendendo ao crescimento da demanda com custos competitivos.

A universalização do acesso à eletricidade é um componente importante de política energética na África do Sul. A cobertura do serviço, que alcança 86%, ainda é limitada no país, principalmente nas áreas rurais, onde um terço das residências não são atendidas. Nos últimos anos, é possível observar que dentro do departamento de energia sul-africano o tema eletrificação e acesso é o que mais consome recursos (cerca de 75% no período 2016-2017), seguido do tema nuclear (9%) e energias limpas (4%) (África do Sul, 2017a).

O descomissionamento de uma grande parte das unidades térmicas a carvão da Eskom até 2050 é um dos principais elementos da política energética sul-africana no que se refere a seus objetivos climáticos (gráfico 8). Além do carvão, é também esperado o descomissionamento de unidades nucleares por volta de 2045-2047, somando 1,8 GW.



Fonte: África do Sul (2018).

O plano também adota novas premissas para seus cenários do setor elétrico, como a retirada de limites para a expansão anual de renováveis e o uso do conceito de

orçamento de carbono (*carbon budget*),⁴ em substituição ao “pico-platô-declínio” para suas emissões no setor elétrico, que foi o padrão proposto no Acordo de Paris. O plano estabelece uma restrição geral de emissões de 275 MtCO₂ por ano para geração de eletricidade após 2024, significando que as emissões totais da geração de eletricidade não devem ser superiores a esse limite, o que foi relevante para apoiar a inclusão de metas de capacidade de energias renováveis. Assim, até 2030, os cenários do plano obteriam os resultados a seguir (África do Sul, 2018).

- Haveria capacidade suficiente para atender à demanda, adicionando 19,4 GW de capacidade renovável – a partir do Programa de Produtores Independentes de Energia Renovável – e 4,8 GW da última unidade térmica a carvão (Kusile Power Station) da estatal Eskom.
- Limites anuais para capacidade renovável não afetariam o perfil da capacidade instalada acumulada total, e a retirada destes limites resultaria na opção de menor custo até 2030.
- Seja na abordagem *peak-plateau-decline* ou no uso de um *carbon budget*, não haveria alteração no *mix* de energia.
- O custo da eletricidade acompanharia a inflação, a não ser para o caso em que o preço do gás natural aumentasse significativamente.

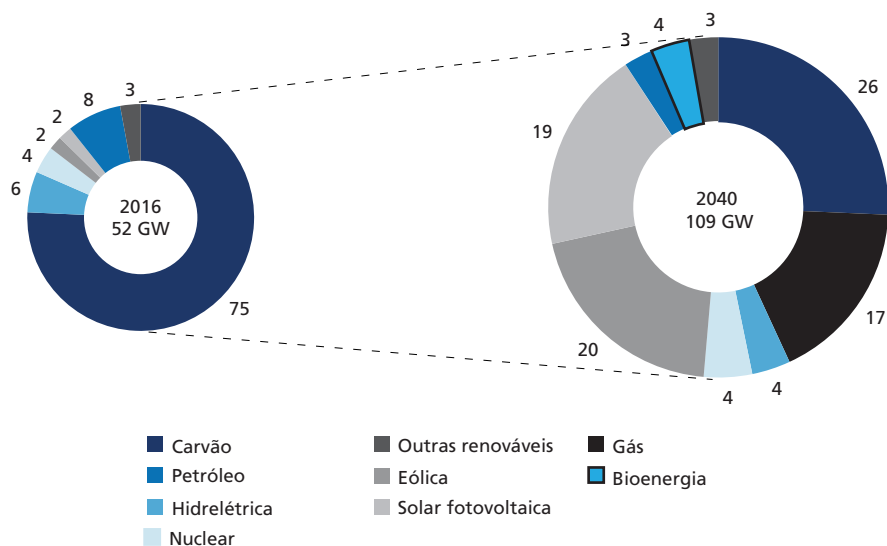
Para o período pós-2030, o plano projeta os itens a seguir.

- O descomissionamento de centrais a carvão (28 GW até 2040 e 35 GW até 2050) em conjunto às restrições de emissões reduziria sua participação na geração dos 72% atuais para menos de 30% até 2040 e menos de 20% até 2050.
- Os limites à construção de capacidade renovável resultariam em restrição na necessidade adicional de capacidade, particularmente se adotados também limites rigorosos às emissões por unidades a carvão.
- O custo da energia varia significativamente, em particular, para cenários distintos de preços de gás natural.

4. O *carbon budget* surge do objetivo de delimitar o nível máximo global de emissões, estabelecendo um limite (“orçamento”) para novas emissões. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), para o horizonte de 2100, o orçamento global de carbono é de 2.900 GtCO₂, correspondendo a uma concentração de 450 partes por milhão (ppm), para não superar 2° C de aumento na média da temperatura global em relação aos níveis pré-industriais.

Como comparativo, o gráfico 9 apresenta o cenário-base da matriz elétrica sul-africana que a IEA considera em seus estudos para o horizonte 2040.

GRÁFICO 9
Evolução da matriz elétrica sul-africana (2016-2040)
(Em %)



Fonte: World Energy Outlook (WEO)/IEA, 2018.

O Programa de Produtores Independentes de Energia Renovável gerou interesse em novos projetos renováveis no país, no entanto, são recorrentes os atrasos nas conexões à rede dos novos empreendimentos. Pelo lado da eficiência, a Estratégia Nacional de Eficiência Energética (pós-2015) visa a uma combinação de incentivos financeiros, quadros legais e regulamentares e medidas de capacitação para atingir até 2030 uma redução do consumo final de energia de 29% em relação aos níveis de 2015.

O governo sul-africano pretende atingir essas metas implementando várias medidas, como: *i*) o National Cleaner Production Centre South Africa (NCPC-SA), que promove medidas de eficiência energética; *ii*) o Projeto Industrial de Eficiência Energética (IEE), que promove sistemas de gerenciamento de energia; e *iii*) o Fundo Verde da África do Sul, que apoia financeiramente a pesquisa e a implementação de tecnologia verde.

Todavia, no contexto atual de estagnação econômica na África do Sul, é difícil limitar as emissões em setores intensivos em energia, como siderúrgico e de mineração. Assim, até o momento, não há sinais de reduções significativas de emissões motivadas por essas políticas na indústria.

Quanto aos setores residencial e comercial, os regulamentos e códigos de construção para novas edificações incluem medidas de eficiência como forma de contornar as recorrentes crises de abastecimento de energia e água. Além disso, já existem programas de etiquetagem para eletrodomésticos. Também houve avanços na substituição de biomassa para cocção e aquecimento por energias modernas (por exemplo, eletricidade).

Em relação ao setor de transportes, o departamento responsável elaborou a Estratégia de Transporte Verde (2017-2050) em 2017, que mostrou uma visão de transição de baixo carbono para o setor (África do Sul, 2017b). Desde a Lei dos Produtos Petrolíferos de 2015, a África do Sul tem regras quanto à mistura de biocombustíveis: 2% a 10% de etanol na gasolina e o mínimo de 5% de biodiesel. No entanto, ainda existem problemas quanto à fiscalização e imposição da regra. Outras medidas neste setor alinhadas com as metas energéticas e climáticas são: *i)* normas de eficiência do consumo de combustíveis em veículos novos; *ii)* programa de etiquetagem dos veículos quanto a sua eficiência e emissões; e *iii)* imposto sobre emissões de carbono para veículos de passageiro que ultrapassem certos limites. Discussões quanto a uma legislação para uma taxa de carbono existem e um projeto de lei foi colocado em processo parlamentar em 2018, após dois anos de consultas.

3.2 Brasil

O Brasil é o país do grupo BRICS que melhor se posiciona em questão de descarbonização, pois é abundante em recursos naturais e desenvolveu uma trajetória histórica associada ao desenvolvimento de fontes energéticas renováveis. No entanto, seu pioneirismo traz consigo desafios e dilemas críticos em termos de manutenção e aprofundamento de uma trajetória de baixo carbono.

3.2.1 Compromissos com a transição

No Acordo de Paris, a contribuição brasileira para mitigação foi uma meta de reduzir, relativamente aos níveis de 2005, em 37% suas emissões de gases de efeito estufa até 2025 e, de forma indicativa, 43% até 2030. Este compromisso abrange toda a economia, incluindo áreas de conservação e indígenas.

Além das importantes medidas de proteção das florestas e do controle dos impactos da mudança de uso do solo, a NDC brasileira incluiu orientações específicas ao setor de energia: *i*) aumentar a participação de biocombustíveis sustentáveis no *mix* de energia brasileiro para cerca de 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustível (etanol, biodiesel e biocombustíveis de segunda geração); *ii*) atingir 45% de energias renováveis na matriz energética até 2030 (entre 28% a 33% de energias renováveis não hidráulicas; e na matriz elétrica pelo menos 23%, com 10% de ganhos de eficiência); *iii*) promover, no setor industrial, novos padrões de tecnologia limpa e medidas de eficiência energética e infraestrutura de baixo carbono; e *iv*) viabilizar, no setor de transportes, medidas de eficiência e melhorar a infraestrutura de transporte e transporte público em áreas urbanas.

3.2.2 Estrutura setorial

As principais características estruturais do setor elétrico brasileiro são: *i*) um portfólio de geração principalmente renovável, com predominância da hidroeletricidade com grandes reservatórios; *ii*) um Sistema Interligado Nacional (SIN); e *iii*) uma tendência de crescimento do consumo de energia requerendo uma expansão persistente. A governança do setor foi delineada a partir destes atributos. O setor é bastante diversificado em termos de número e tipos de empresas, valendo destaque à estatal Eletrobras (*holding* de empresas de geração, transmissão e distribuição) e à crescente participação estrangeira, por meio de empresas como ENEL, EDP, Iberdrola e State Grid.

Os leilões para contratação de longo prazo junto às distribuidoras no mercado regulado são os mecanismos principais utilizados para expandir a geração de eletricidade. Há ainda um mercado livre de contratos bilaterais com participação cada vez mais relevante no consumo agregado (cerca de um quarto do total), mas que pouco contribui para a expansão da capacidade instalada.

Usinas hidrelétricas de grande e pequeno porte são as mais frequentes nos leilões, todavia, a expansão da fonte hidráulica não é suficiente para manter sua participação na matriz futuramente. Centrais a gás natural ganharam mais relevância como principal forma de aumentar a segurança de abastecimento após as crises do início dos anos 2000. Mais recentemente, os projetos eólicos vêm se apresentando bastante competitivos, enquanto projetos de energia solar estão sendo pouco a pouco inseridos. Outras fontes como biomassa, gás natural e, extraordinariamente, óleo combustível são fontes observadas nos leilões programados a partir de sistemática coordenação do planejamento energético.

O setor de petróleo e gás brasileiro é dominado pela empresa estatal Petrobras, maior produtora e quase monopolista do refino e logística doméstica. O varejo, por sua vez, é mais diversificado, com a estatal competindo com empresas privadas. O país vem adotando a estratégia de abertura e diversificação de agentes, o que vem atraindo grandes companhias (Shell, Equinor, Exxon, Total, BP etc.), sobretudo na aquisição de áreas exploratórias *offshore* em rodadas de licitação do *upstream*. Vale destacar a recente turbulência que a Petrobras enfrentou, com uma grave crise financeira e legal. Para superá-la, ela teve, como uma das fontes de parcerias e financiamento, empresas chinesas. Com a busca por abertura, segmentos do setor estão sendo redesenhados em estrutura e organização, como é o caso do mercado de gás natural.

A perspectiva brasileira para os próximos anos é de uma expansão considerável da produção de petróleo e gás, sobretudo em águas ultraprofundas na região da camada pré-sal. Com reservatórios gigantes e óleos mais leves que as demais áreas produtoras no país, o pré-sal brasileiro foi motivo de mudanças regulatórias intensas, devido à possibilidade de alterar a posição geopolítica do país no mercado internacional.

Em paralelo ao setor de petróleo, deve-se destacar a posição singular brasileira com relação aos biocombustíveis, mais especificamente etanol e biodiesel. Com uma grande frota de veículos leves *flex-fuel*, o país adotou a estratégia não apenas de implementar a mistura do etanol na gasolina, mas também de sua venda como concorrente direto (E100). O Brasil é o segundo maior produtor de biocombustíveis, atrás apenas dos Estados Unidos, produzindo etanol a partir da cana-de-açúcar e biodiesel a partir de diversas fontes, sobretudo soja e gorduras animais. Ademais, em centros onde o gás está disponível, uma opção é a conversão de veículos para o consumo de gás natural veicular (GNV).

3.2.3 Políticas e programas

No que concerne à mitigação de emissões, o maior desafio brasileiro é concentrado na área florestal e de uso do solo. Na área de energia, os principais instrumentos de política são os incentivos para a adoção de energias renováveis, incluindo os já mencionados leilões de capacidade voltados para renováveis e os mandatos de mistura de etanol e biodiesel nos combustíveis para transportes.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2027, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), indica as diretrizes para a expansão do sistema de energia no Brasil. Em função da recente capacidade ociosa decorrente dos anos de recessão que se abateram na economia brasileira, a taxa de expansão da produção será pouco significativa nos próximos anos.

Apesar do *mix* relativamente mais limpo, o Brasil tem grandes desafios de manutenção e de avanço a uma transição energética de baixo carbono. No que tange à expansão elétrica, dadas as limitações quanto a novas usinas hidrelétricas de grande porte, outras opções são necessárias. O PDE 2027 destaca esta restrição observando as possibilidades existentes que possam atender a blocos de demanda futura, incluindo a possibilidade de fontes fósseis (por exemplo, gás natural), o que vai contra os objetivos de mitigação de emissões, mas ainda coerente com o objetivo de segurança do abastecimento.

O desafio no setor de transportes é igualmente relevante na medida em que o modal rodoviário é o principal no país, existindo poucas perspectivas de mudanças na infraestrutura que alterem as projeções de crescimento de emissões. Se a substituição de modais é incipiente, a estratégia brasileira se concentra, portanto, na substituição de combustível.⁵ O cenário-base do plano indica que o etanol hidratado (E100) ganhará volume frente à gasolina no consumo de combustíveis líquidos.

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) tem como objetivos: *i*) favorecer o cumprimento dos compromissos do Acordo de Paris; *ii*) expandir os biocombustíveis na matriz, com regularidade no abastecimento; e *iii*) assegurar

5. O PDE considera que até 2027 haverá uma elevação de 10% para 15% da mistura de biodiesel e mantém o nível de mistura atual do etanol na gasolina em 27% (Brasil, 2018).

previsibilidade, induzindo eficiência e redução de emissões na produção, comercialização e no uso de biocombustíveis. A partir dessa política, institui-se mecanismos de descarbonização de compra e venda de certificados entre produtores e distribuidoras de combustíveis.

No entanto, a eletrificação do transporte automotivo, que é o principal indutor de descarbonização do segmento em países desenvolvidos, ainda não é uma tendência perceptível no Brasil. A difusão de carros elétricos no país é limitada por seu elevado preço de aquisição, frente à possibilidade de pagamento de consumidores brasileiros, e pela falta de infraestrutura de recarga. Esse processo de difusão é caracterizado por economias de rede e as políticas públicas serão essenciais para dispará-lo.

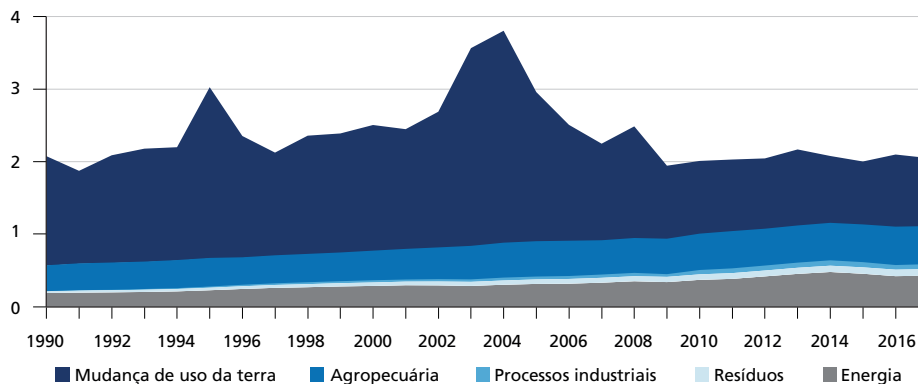
O gráfico 10 apresenta a evolução das emissões brutas brasileiras das diversas fontes agregadas (10A) e as emissões do setor de energia em detalhe (10B), deixando clara a tendência de crescimento. Apesar de relativamente reduzidas, as emissões da geração elétrica, por sua vez, vêm se elevando a partir das limitações hidráulicas. Em paralelo, há o crescimento das emissões do setor de transportes acompanhando *pari passu* o crescimento econômico no país.

No setor industrial, o PDE 2027 projeta um crescimento do consumo energético de 2% ao ano, com destaque ao maior consumo de eletricidade e lixívia com baixas emissões. No setor residencial, a eletricidade se aprofunda como a principal fonte energética em conjunto com o gás liquefeito de petróleo (GLP), com ganhos de eficiência e menores emissões. Lenha e outros têm sua participação reduzida ao longo do período do plano.

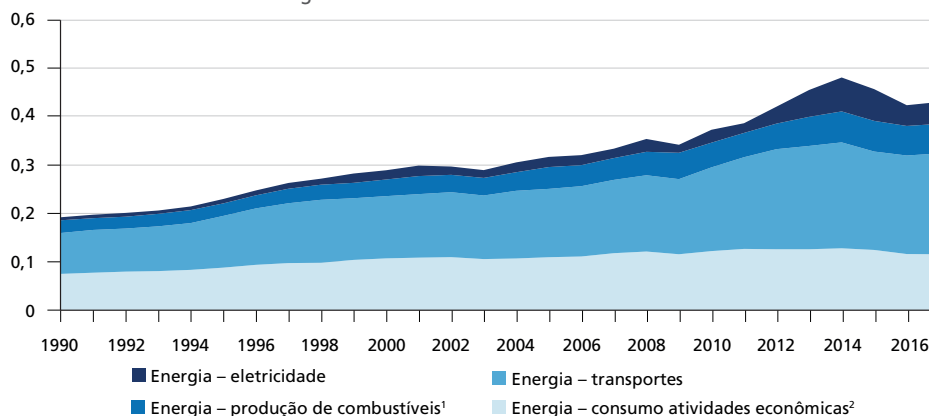
O estabelecimento de agenda de rodadas de licitação para blocos exploratórios de petróleo e gás é parte fundamental da estratégia brasileira de se tornar grande produtor e, sobretudo, exportador de hidrocarbonetos. A política para o gás natural (Gás para Crescer) entrou no rol de políticas de estímulo à produção e consumo deste energético, buscando a reorganização setorial (a partir da saída parcial da Petrobras) e das perspectivas de produção (por exemplo, pré-sal) e importação em termos competitivos (por exemplo, renegociações com a Bolívia e importação de GNL).

GRÁFICO 10
Evolução das emissões brutas brasileiras (1990-2016)

10A – Emissões das diversas fontes agregadas



10B – Emissões do setor de energia



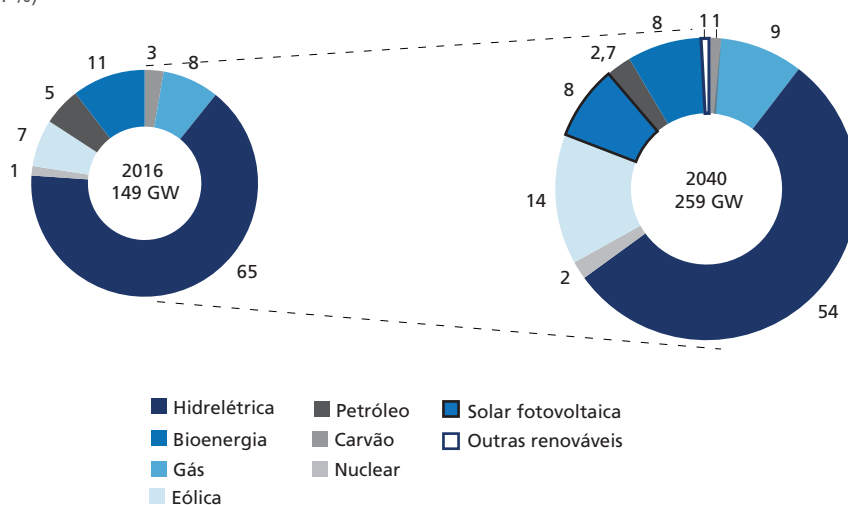
Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).
Elaboração dos autores.

Notas: ¹ Inclui consumo do setor agropecuário, comercial, industrial, público e residencial.

² Inclui emissões fugitivas.

Na área de fontes renováveis, além da celebração de leilões assegurando nova capacidade, o país tem programas quanto ao financiamento diferenciado para fontes renováveis como eólica e solar. Em particular, o financiamento é vantajoso para projetos que apresentem níveis elevados de conteúdo nacional. Como pode-se observar nas projeções do gráfico 11, possivelmente serão essas duas fontes as que serão dominantes na nova capacidade a ser instalada até 2040.

GRÁFICO 11
Evolução da matriz elétrica brasileira (2016-2040)
(Em %)



Fonte: WEO/IEA, 2018.

3.3 China

Entre os países do BRICS, a China se destaca pelo maior ímpeto frente a uma transição energética, com suas iniciativas de grande escala. As décadas de elevado crescimento econômico resultaram em degradação ambiental, afetando a saúde de sua população, em especial nos grandes centros urbanos. Atualmente, a estratégia chinesa associa crescimento econômico mais modesto, em relação ao ritmo do passado, e mitigação do impacto ambiental.

3.3.1 Compromissos com a transição

No Acordo de Paris, a China estabeleceu que suas emissões atingiriam seu pico em 2030, buscando construir rapidamente um sistema energético de baixo carbono por meio de inúmeras frentes, incluindo:

- o controle do consumo total de carvão e avanço em tecnologias de *clean coal*;
- o aumento da participação de geração altamente eficiente de unidades a carvão e redução do consumo unitário de carvão de novas plantas;⁶

6. O plano indica um consumo para 300 g de carvão equivalente por quilowatt-hora. Como comparação, de acordo com a US Energy Information Administration, a média do consumo de carvão das plantas nos Estados Unidos, em 2017, girou em torno de 500 g/kWh.

- a expansão do uso do gás natural, atingindo mais de 10% no consumo de energia primária total até 2020 e desenvolvendo meios de atingir a marca de 30 bilhões de metros cúbicos de produção de *coal-bed methane*;
- a promoção de energia hidrelétrica, com proteção ambiental, ecológica e social das populações mobilizadas;
- o desenvolvimento de energia nuclear de maneira segura e eficiente;
- a ampliação das energias solar e eólica, atingindo 100 GW e 200 GW, respectivamente;⁷
- o desenvolvimento proativo de energia geotérmica, a bioenergia e energia das marés;
- o aperfeiçoamento da recuperação e utilização do gás ventilado e associado em campos de petróleo; e
- a expansão da energia distribuída e construção de *smart grids*.

Até 2030, o país se propôs a reduzir as emissões de dióxido de carbono por unidade do PIB de 60% a 65% relativamente ao nível de 2005, aumentando a participação de combustíveis não fósseis no consumo de energia primária para cerca de 20% e o estoque florestal em 4,5 bilhões de metros cúbicos, também comparativamente a 2005. Na frente de mitigação de CO₂, o país vem avançando, em particular buscando a restrição do consumo de carvão; no entanto, quando consideradas emissões de outros gases de efeito estufa, como CH₄, N₂O e HFCs, o país ainda tem desafios a superar.

3.3.2 Estrutura setorial

O setor elétrico chinês tem expandido a produção a uma taxa média de 10% desde 2000, posicionando o país como o maior gerador de eletricidade mundial desde 2011. Desde as reformas de 2002, que encerraram o monopólio da estatal State Power Corporation (SPC), o setor de geração passou a ser dominado por cinco empresas estatais (China Huaneng Group, China Datang Corporation, China Huadian Corporation, China Guodian Corporation e China Power Investment Corporation), gerando cerca da metade da eletricidade, enquanto o resto é produzido por empresas locais e geradores independentes, com participação de capital estrangeiro de forma limitada (US EIA, 2015). Na transmissão e distribuição, duas empresas se destacam: China Southern Power Grid Company e State Grid Corporation of China. A State Grid opera redes nas regiões norte e central, enquanto a China Southern Power Grid se encarrega do sul. Entre os desenvolvimentos

7. Em 2016, a China tinha 149 GW em capacidade instalada eólica e 78 GW em capacidade solar fotovoltaica (IEA, 2018a).

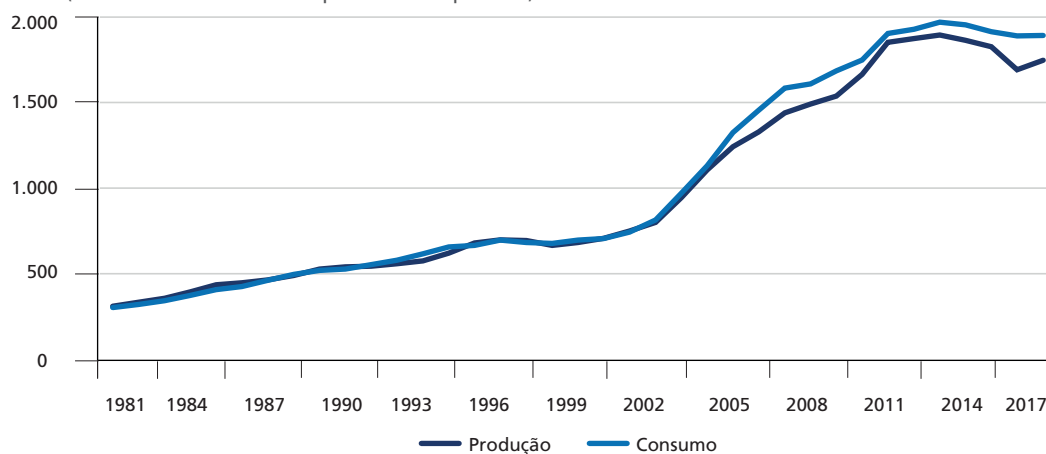
de destaque em redes está a busca por eficiência, tecnologias de redes inteligentes (*smart grids*) e a transmissão de ultra alta tensão (*ultra-high voltage – UHV*).

Como apresentado na seção 2, o carvão é a base do sistema energético chinês, correspondendo a mais da metade de sua energia primária, sendo particularmente importante para a geração de eletricidade. A produção chinesa é dominada por grandes estatais nacionais (por exemplo, Shenhua Group e China National Coal Group) e tem a participação de diversas empresas locais e milhares de pequenas minas ao nível de cidades e vilas. O consumo chinês de carvão acelerou seu ritmo de crescimento no início do século, superando a produção doméstica, apesar de o país ser o maior produtor mundial do energético. Desde 2013, o consumo se estabilizou e iniciou queda recentemente (gráfico 12).

GRÁFICO 12

China: evolução de produção e consumo de carvão

(Em milhões de toneladas equivalentes de petróleo)



Fonte: BP (2018).

Obs.: Consumo exclui Hong Kong.

Esse padrão é relevante, pois, se o comportamento se mantiver, ou ainda, se a queda do consumo se acelerar, o país poderá atingir o pico de emissões muito antes da previsão de 2030. Essa tendência é reflexo de um crescimento econômico menos acelerado, em particular em setores intensivos em carvão (aço e cimento), e da redução do crescimento da demanda de eletricidade, além de regras ambientais mais rígidas em indústrias poluidoras (US EIA, 2015).

No que tange ao setor de petróleo e gás, o país foi o oitavo maior produtor e o segundo maior consumidor mundial em 2017 (BP, 2018), consumindo mais de três vezes o volume que produz, no caso do petróleo, e mais de uma vez e meia, no caso do gás. Ademais, o país apresenta grandes reservas não convencionais a serem ainda exploradas. As grandes estatais Corporação Nacional de Petróleo da China (CNPC), China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) e Sinopec dominam esse setor nacionalmente, na exploração e produção *onshore*, *offshore* e no *downstream*, respectivamente. Todas elas apresentam participação internacional em várias regiões e países, como na África, na América do Norte, no Brasil, na Austrália, no Oriente Médio etc. Além de aquisições e participações, os chineses têm ampliado as operações de financiamento baseado em petróleo em diversos países produtores. Desde 2009, o governo chinês reformou o setor visando à convergência dos preços domésticos dos derivados com os preços internacionais e, assim, resolver os problemas econômicos de suas empresas decorrentes de controle de preços.

A demanda crescente por gás natural criou oportunidades para empresas independentes atuarem nas atividades de GNL e produção não convencional, que são dominadas por três grandes estatais de petróleo. Importantes desenvolvimentos em conexões por gasodutos têm se destacado, em particular a conexão com a Rússia. A China tem conexões com o Central Asian Gas Pipeline (CAGP) (conectando Turcomenistão, Uzbequistão e Cazaquistão) e Myanmar. Na precificação do gás, as reformas buscaram alinhar preços domésticos e internacionais e, ao mesmo tempo, incentivar o consumo de gás em substituição ao carvão.

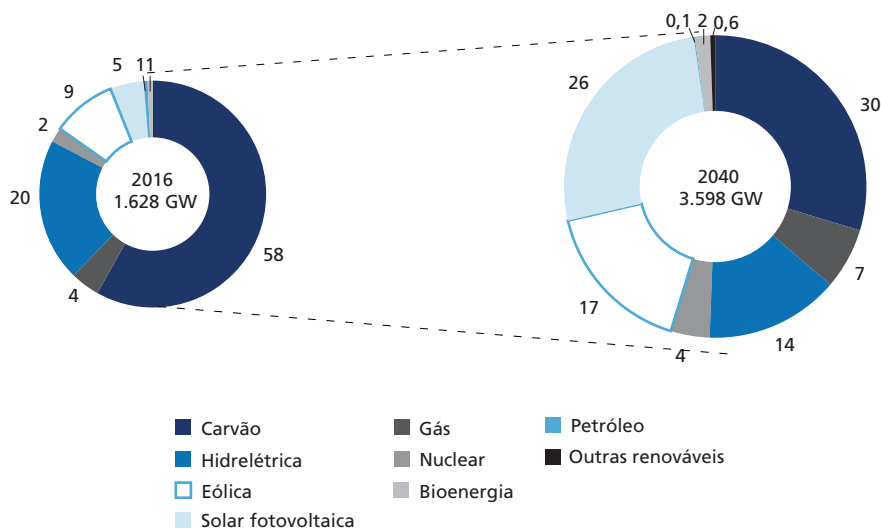
3.3.3 Políticas e programas

Em seu 13º plano quinquenal (2016-2020), a China aborda o setor energético destacando o desenvolvimento de energias renováveis e estabelecendo metas. O plano quinquenal direciona e sintetiza as ações e políticas na área de energia, como: *i*) limitar a produção e consumo do carvão; *ii*) incentivar a substituição do carvão pelo gás no setor industrial e residencial; *iii*) adotar uma mistura de 10% de etanol na gasolina nacionalmente a partir de 2020; e *iv*) avançar na difusão de veículos elétricos no setor de transporte. Essas, entre outras, dão a tônica das transformações que o país visa numa transição de baixo carbono. As principais metas do plano quanto às energias renováveis são: *i*) aumentar a participação de energia não fóssil no consumo total de energia primária para 15% até 2020 e para 20% até 2030; *ii*) aumentar a capacidade instalada

de energia renovável para 680 GW até 2020; *iii*) aumentar a capacidade instalada eólica para 210 GW; *iv*) promover o desenvolvimento de energia eólica *offshore* e oceânica; e *v*) liderar a inovação em tecnologias de energias renováveis.

Nesse último ponto, seu posicionamento é continuar a apoiar o desenvolvimento da indústria de equipamentos de energia renovável, aumentando a participação no mercado global. Assim, o governo chinês explicita que seus planos são de tornar o país líder tecnológico em energias renováveis, carros elétricos, inteligência artificial e robótica.

GRÁFICO 13
China: evolução da matriz elétrica (2016-2040)
(Em %)



Fonte: WEO/IEA, 2018.

Entre as tantas frentes de desenvolvimentos tecnológicos, o plano lista as seguintes áreas prioritárias, conforme descrito a seguir.

- Sistemas de energia inteligentes de alta eficiência: tecnologias para gestão de pico (*peak shaving*), como usinas hidrelétricas de reservatório e reversíveis e unidades a gás para pico; unidades de estocagem; adaptação e flexibilidade aos sistemas elétricos.
- Avanço na eficiência do carvão e carvão limpo (*clean coal*): redução de emissões da geração a carvão; atualização nas unidades existentes; metas de consumo médio de carvão por quilowatt-hora; incentivo às unidades de cogeração.

- Energia renovável: construir 60 GW de hidrelétricas (particularmente no sudoeste do país); desenvolver mercados e rotas de transmissão; orientar o desenvolvimento eólico e solar no norte, nordeste e noroeste e áreas costeiras; desenvolver a geração distribuída nas regiões central, leste e sul.
- Energia nuclear: completar os projetos (Sanmen, Haiyang e Tianwan); desenvolver projetos de demonstração (Fuqing, Fujian e outros); construir várias unidades costeiras e trabalhar em projetos no interior; avançar no desenvolvimento de plantas de reprocessamento; atingir 58 GW (adicionando 30 GW de capacidade em construção); garantir o abastecimento do combustível nuclear.
- Petróleo e gás não convencional: construir bases industriais de GTL (Qinshui, Ordos, Guizhou); acelerar a exploração de *shale gas* (Sichuan, Chongqing, Yunnan, Shaanxi, Guizhou); incentivar a produção de petróleo e áreas betuminosas e *shale*; avançar no desenvolvimento de hidratos de gás natural.
- Transmissão de energia: construir rotas de transmissão elétrica para bases hidrelétricas; desenvolver corredores estratégicos para importação de petróleo; e melhorar as redes de gasodutos.
- Instalações de armazenamento de energia: concluir e avançar em projetos de reservas de petróleo e derivados; construir reservas de gás natural e instalações de armazenamento e transporte de carvão; aumentar a escala das reservas de urânio.
- Principais tecnologias e equipamentos de energia: acelerar pesquisa e desenvolvimento (P&D) para mineração de carvão, petróleo e gás não convencionais e *offshore*; melhorar a qualidade do carvão; e desenvolver geração térmica eficiente (*ultra-supercritical*), energia nuclear de quarta geração, eólicas *offshore*, energia solar térmica, armazenamento de energia em larga escala, energia geotérmica, *smart grids*. Além disso, avançar a indústria de componentes e equipamentos de reatores nucleares de terceira geração; grandes hidrelétricas; caldeiras e motores elétricos eficientes; componentes elétricos e eletrônicos de alta potência; e supercondutores de alta temperatura.

Outra medida de destaque no âmbito da transição é a implementação de um mercado nacional de emissões. Depois de sete projetos-piloto, em 2017, a China lançou o objetivo de criar um mercado nacional de carbono, cujo escopo inclui diversos setores, mas se direciona especialmente ao setor de energia. A base legal para esse mercado está ainda em desenvolvimento.

3.4 Índia

A Índia é o terceiro maior consumidor de energia do mundo (atrás de China e Estados Unidos), mas apresenta o menor consumo *per capita* do BRICS (bem abaixo da média mundial) e dependência por importações de energia, o que a coloca o desafio de conciliar o desenvolvimento econômico e energético com os objetivos de transição.

3.4.1 Compromissos com a transição

Para o Acordo de Paris, a Índia declarou uma meta voluntária de redução até 2030 da intensidade de emissão (emissões/PIB) em 33% a 35%, em relação aos níveis de 2005. Além disso, a meta visa: *i*) atingir cerca de 40% da capacidade instalada de energia elétrica não fóssil acumulada até 2030, com a ajuda da transferência de tecnologia e financiamento internacional (por exemplo, Green Climate Fund); *ii*) sequestrar carbono de 2,5 bilhões a 3 bilhões de toneladas de CO₂eq por meio de florestas até 2030; *iii*) adaptar-se melhor às mudanças climáticas, aumentando os investimentos em programas de desenvolvimento em setores como agricultura, recursos hídricos, região do Himalaia, regiões costeiras, saúde e gestão de desastres; *iv*) mobilizar fundos nacionais e de países desenvolvidos para implementação de ações de mitigação e adaptação; e *v*) construir capacidades, criar estrutura interna e arquitetura internacional para a rápida difusão de tecnologia climática de ponta, a partir de colaboração conjunta de P&D.

Em termos práticos, as iniciativas propostas para atingir tais metas são: *i*) introdução de novas tecnologias limpas e mais eficientes na geração de energia térmica; *ii*) promoção da geração renovável e aumento da participação de combustíveis alternativos no *mix* global de combustíveis; *iii*) redução das emissões do setor de transportes; *iv*) promoção da eficiência energética na economia (indústria, transportes, edifícios e eletrodomésticos); *v*) redução das emissões de resíduos; *vi*) desenvolvimento de infraestrutura resiliente ao clima; *vii*) implementação integral da Missão Índia Verde e outros programas de reflorestamento; e *viii*) planejamento e implementação de ações para melhorar a resiliência climática e reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas.

Nesse contexto, o país estabeleceu o Plano Nacional de Ação sobre Mudanças Climáticas (National Action Plan on Climate Change – NAPCC), no qual descreve oito missões nacionais, algumas no setor energético (subseção 3.4.3), para atingir seus compromissos climáticos. São elas: Missão Solar Nacional, Missão Nacional para Melhoria

da Eficiência Energética, Missão Nacional sobre Habitat Sustentável, Missão Nacional da Água, Missão Nacional para Sustentar o Ecossistema do Himalaia, Missão Nacional por uma Índia Verde, Missão Nacional para Agricultura Sustentável e Missão Nacional de Conhecimento Estratégico para as Alterações Climáticas.

3.4.2 Estrutura setorial

O setor elétrico indiano é altamente baseado em carvão, assim como o da África do Sul e da China, sendo responsável por cerca de um terço das emissões indianas. O setor tem uma parcela considerável de usinas de autoprodução na indústria, muitas vezes não interconectadas com a rede principal. Além disso, ele apresenta participação crescente do setor privado, em particular na geração. A Power Grid Corporation da Índia (POWERGRID) opera as cinco redes elétricas regionais, enquanto as concessionárias estaduais de transmissão (algumas com participação privada) operam a maioria dos segmentos de transmissão e distribuição locais.

O país sofre de grave escassez de eletricidade, em particular em horários de pico, com apagões recorrentes, impondo grandes desafios na busca pelo objetivo de segurança do abastecimento. Perdas na transmissão e distribuição e tarifas relativamente baixas prejudicam a confiabilidade e geram dívidas às empresas do setor (US EIA, 2016). Perdas técnicas e não técnicas em transmissão e distribuição totalizaram 22% em 2017.

Como apresentado na seção 2, grande parte da geração elétrica indiana advém de térmicas a carvão. No setor carvoeiro indiano, a estatal Coal India Limited (CIL) domina com mais de 80% do total da produção de carvão no país, seguida pela também estatal Singareni Collieries Company Limited (SCCL), com cerca de 10%. A produção doméstica é suficiente para atender à demanda do país.

No petróleo e gás, duas empresas estatais – Oil and Natural Gas Corporation (ONGC) e Oil India Limited (OIL) – detêm a maior parte da atividade de produção e refino no país, sendo a primeira a maior produtora de petróleo (cerca de 68% da produção nacional, incluindo suas *joint ventures*). Empresas privadas estão presentes, no entanto, sem grande participação no *upstream* e com mais de um terço do mercado no refino, e são relevantes no que se refere a cadeia do GNL. Além disso, metade da produção de petróleo é *offshore*. As empresas estatais petrolíferas indianas se internacionalizaram adquirindo participações em reservas e produção na América do Sul, na África, no Sudeste Asiático e

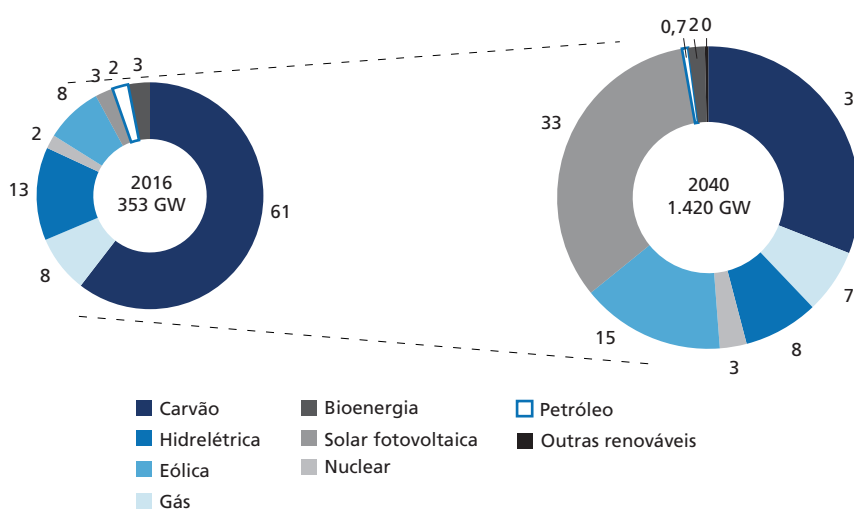
na região do mar Cáspio. Ainda assim, grande parte das importações de petróleo provém do Oriente Médio, onde tais empresas têm acesso limitado (US EIA, 2016).

No *downstream*, o país tem um posicionamento forte no refino de exportação com o intuito de se tornar um *hub* do comércio de derivados de alta qualidade em uma região do mundo cuja concorrência vem aumentando (particularmente pelo peso da capacidade chinesa). As maiores refinarias do país são de propriedade do conglomerado privado Reliance Industries, que, em conjunto com a estatal GAIL, domina também as redes de gasodutos indianas.

3.4.3 Políticas e programas

No 12º plano quinquenal e, em seguida, na Agenda de Ação Triannual, o governo indiano estabeleceu inúmeras diretrizes para o setor energético, que percorrem outros planos e políticas específicas a setores (Índia, 2013; NITI, 2017). É o caso do Plano Nacional de Eletricidade, em que estabeleceu-se uma meta de instalar 175 GW de nova capacidade de renováveis até 2022 (equivalente à metade da capacidade atual do país). Vale destacar a ambiciosa Pandit Jawaharlal Nehru Missão Solar Nacional que, após revisões, prevê a instalação de 100 GW de capacidade solar até 2022, almejando construir liderança indiana no setor.

GRÁFICO 14
Índia: evolução da matriz elétrica (2016-2040)
(Em %)



Fonte: WEO/IEA, 2018.

Para energias renováveis, existem mecanismos diversos de incentivo, como tarifas *feed-in* estaduais, certificados e obrigações de compra de energia renováveis e leilões. Vale notar que os recursos renováveis estão distribuídos de forma heterogênea pelo território indiano, o que reforça a ideia de maior integração dos sistemas regionais.

Já a Missão Nacional para Melhoria da Eficiência Energética foi lançada com o intuito de avançar na eficiência energética de todas as áreas da economia (incluindo energia, transportes, habitação urbana, bens de consumo e indústrias). Diversas medidas foram planejadas, como as relativas à eficiência da iluminação por lâmpadas (por exemplo, LEDs), aos eletrodomésticos eficientes e à eficiência em modais de transportes (Índia, 2013). Além disso, existem esforços na direção de tecnologias de geração térmica supercrítica com carvão.

No setor industrial, o principal instrumento para aumentar a eficiência energética é o mecanismo Perform, Achieve and Trade (PAT), similar aos esquemas de comércio de emissões, que vigora desde 2012. A constatação de que o crescimento econômico exigirá níveis mais altos de consumo de energia coloca a eficiência como um elemento essencial para permitir expansão do acesso à energia, preferencialmente limpa, a preços acessíveis para sua população.

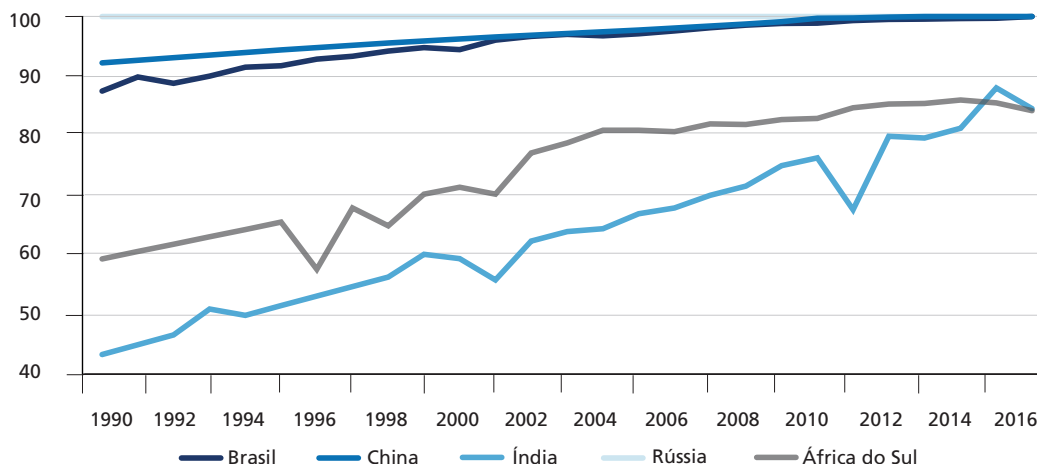
O acesso à energia a partir da eletrificação rural e oferta de outras fontes de energia (GLP) a preços acessíveis é igualmente importante nesse contexto. Em 2005, a Índia iniciou um programa de eletrificação rural que avançou bastante nos pontos de acesso (gráfico 15), mas ainda sendo relativamente deficientes na qualidade deste suprimento (US EIA, 2016). O investimento em fontes renováveis distribuídas (por exemplo, solar fotovoltaica) é visto como uma das possíveis soluções para o problema da eletrificação de populações, comumente isoladas, e para ganhos de eficiência na agricultura.

Programas de incentivo ao uso de GLP e querosene nas zonas rurais também têm sido desenvolvidos para substituir a biomassa tradicional, que é menos eficiente e gera maiores riscos à saúde. No setor de transportes, existem indicações governamentais quanto à promoção de veículos elétricos,⁸ mas ainda há dúvidas quanto ao seu ritmo,

8. Vale destacar a grande penetração de veículos de duas ou três rodas que muito provavelmente no futuro serão os primeiros a se tornarem elétricos.

o mesmo valendo para biocombustíveis⁹ (KPMG, 2017). Padrões de eficiência do consumo de combustíveis para veículos leves foram implementados recentemente, em 2017, com metas progressivas.

GRÁFICO 15
BRICS: evolução do acesso à eletricidade (1990-2016)
(Em %)



Fonte: Sustainable Energy for All (SE4ALL) Database/World Bank.

3.5 Rússia

Entre os países que compõem o BRICS, a Rússia possui menor nível de engajamento quanto à questão de uma transição energética de baixo carbono. Apesar de ser um país cuja base de recursos energéticos é extensa, possibilitando estratégias diversas para os objetivos climáticos, a dominância da produção e do consumo de recursos fósseis na economia russa e o ceticismo de suas lideranças traz desafios para seu reposicionamento frente à agenda de transição.

3.5.1 Compromissos com a transição

Apesar das evidências científicas quanto ao processo de mudanças climáticas, as lideranças políticas russas não se mostram convencidas da necessidade de ação: a Rússia ainda não ratificou o Acordo de Paris. O país depositou sua NDC (ainda como intenção)

9. Regras de mistura de 5% de etanol na gasolina já existem em parte do país.

indicando o objetivo de limitar emissões de 70% a 75% até 2030 (em relação aos níveis de 1990), considerando a capacidade de absorção de suas florestas. Seu escopo trata da economia como um todo, e a cobertura para acompanhamento dessas emissões seria concentrada nos setores de energia, indústria, agricultura, uso do solo e resíduos, sem a necessidade de auxílio por mecanismos internacionais. Os russos consideram implícito nesta NDC que seu crescimento será desacoplado de suas emissões ao longo do tempo. Há, ainda, discussões quanto à elaboração até o final de 2019 de um plano de ação que determinaria uma estratégia de baixo carbono até 2050.

3.5.2 Estrutura setorial

A estrutura do setor elétrico russo é composta por sete sistemas regionais de energia (noroeste, centro, sul, médio Volga, Urais, Sibéria e extremo oriente), com conexões a sistemas de países vizinhos, e, na última década, parte do sistema foi privatizado. A Federal Grid Company, com 70% de seu capital de controle do governo, controla a maior parte da infraestrutura de transmissão e distribuição. Grande parte da geração de energia é por combustíveis fósseis e privada. Já as plantas nucleares e a maioria das hidrelétricas permanecem sob controle estatal, pela Rosatom e RusHydro, respectivamente.

Com relação ao carvão, mais da metade da produção vem da bacia de Kuzbass, no centro da Rússia, e suas exportações têm crescido, em particular para a Ásia. De acordo com a IEA (2018c), em 2017, o país figurava como o terceiro maior exportador do mineral, atrás da Austrália e Indonésia. Quanto à energia nuclear, o país tem diversos reatores em final de vida útil e 60% da capacidade tem mais de trinta anos, que vem sendo seguidamente prolongada (US EIA, 2017).

Em petróleo e gás, o país foi terceiro maior produtor e sexto maior consumidor mundial em 2017 (BP, 2018). O Ártico russo representa a sua fronteira exploratória, e a maior parte da produção de petróleo tem origem na Sibéria Ocidental e nas regiões dos Urais-Volga. O setor é dominado por empresas nacionais, como Rosneft (estatal), Bashneft (foco em refino), Lukoil, Surgutneftegas, Gazprom (estatal), Tatneft, Northgas, Transneft (quase monopolista do transporte por dutos) etc. Nesse campo, o país é conhecido pelas estratégias geopolíticas no mercado internacional executadas por suas grandes empresas. Em relação ao gás, a Gazprom produz mais da metade do gás russo e tem quase o monopólio das exportações, com extensa malha de gasodutos, tendo assim um importante papel nas negociações com a Europa. Sua posição nas

exportações vem sendo alterada pela entrada de novas plantas de GNL. Todavia, um problema importante quanto às emissões na Rússia é o fato de o gás natural, associado à produção de petróleo, ser frequentemente queimado (US EIA, 2017).

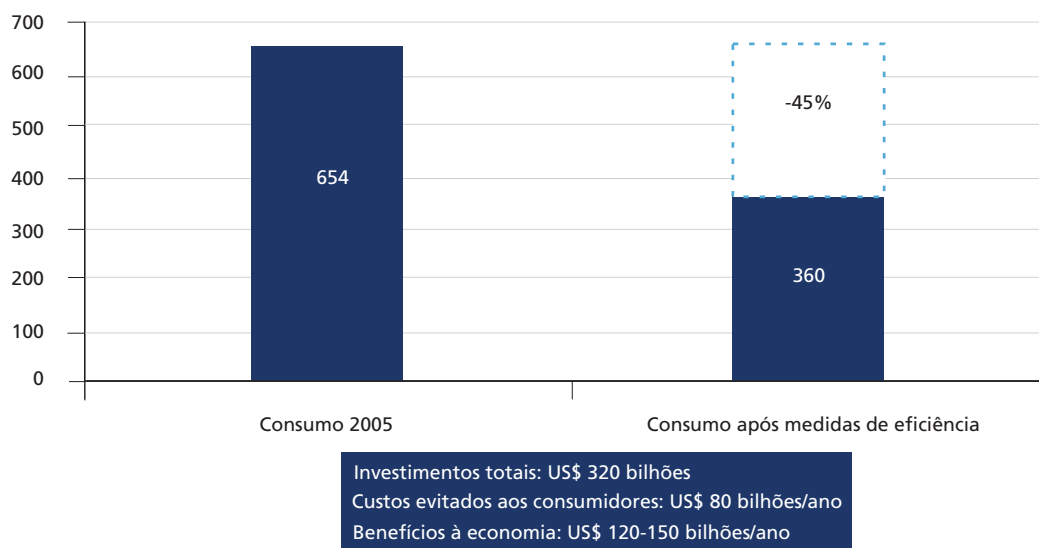
Para os setores residencial e industrial, a participação da bioenergia na geração de energia e calor advém principalmente de resíduos industriais e urbanos. No setor de transportes, o uso de biocombustíveis ainda é limitado, com o etanol participando de uma parcela bastante reduzida nos combustíveis líquidos. O setor energético russo é subsidiado, dando foco principal a clientes residenciais com uma taxa média de subsídios de 19,6% (IRENA, 2017). Em 2014, os subsídios, seja no consumo, seja na produção, chegaram a representar 3,3% do PIB russo, e os relacionados a combustíveis fósseis e eletricidade, por sua vez, têm motivação social.

3.5.3 Políticas e programas

Em seu plano de energia de longo prazo, chamado Energy Strategy 2035, a ideia central é a mudança do desenvolvimento energético baseado em matérias-primas para um desenvolvimento que seja inovador a partir do que chamam de complexo de combustível e energia. Este complexo teria um novo papel na economia do país, buscando condições para o desenvolvimento econômico, incluindo sua diversificação, elevação do nível tecnológico e minimização das limitações de infraestrutura existentes. Em sua estratégia 2035 (assim como na anterior, 2030), são considerados quatro pontos de referência: *i*) segurança energética; *ii*) eficiência energética; *iii*) eficiência energética orçamentária, considerando custos e benefícios do desenvolvimento da infraestrutura; e *iv*) segurança ambiental da indústria de energia; em torno do conceito de desenvolvimento de energia sustentável, que inclui responsabilidade social, segurança ambiental e desenvolvimento inovador.

O plano destaca a necessidade de melhorias no campo da eficiência energética da economia russa e das ineficiências da infraestrutura energética interna para a competitividade em custos dos produtos nacionais. Assume-se uma diminuição de 40% na intensidade elétrica em relação ao PIB e 50% da intensidade energética até 2035 (relativamente ao nível de 2010), contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do país. De acordo com o IFC (2014), o país poderia reduzir em quase metade o seu consumo, o que lhe traria maior competitividade, maiores receitas de exportação de petróleo e gás, redução de gastos públicos e custos ambientais (gráfico 16).

GRÁFICO 16
Potencial de eficiência no consumo energético russo
 (Em Mtep)



Fonte: IFC (2014).

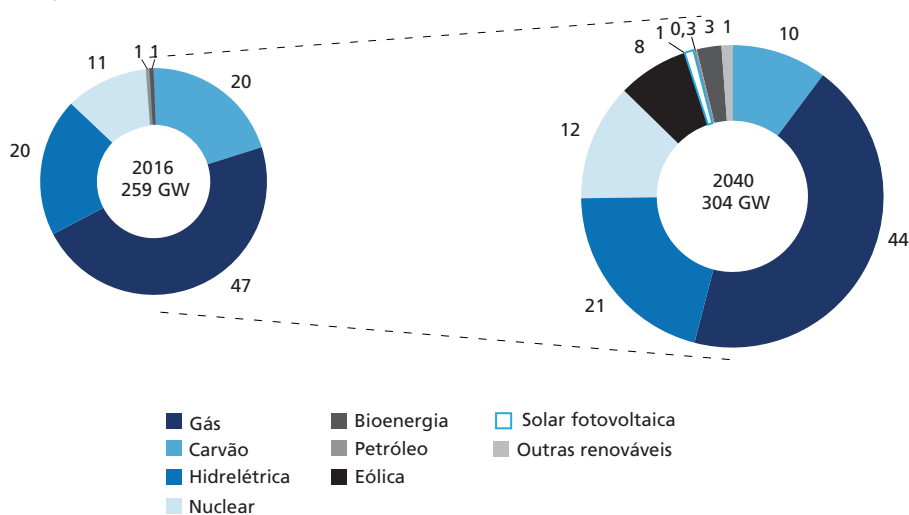
A Rússia continuará sendo um grande ator no mercado de hidrocarbonetos e carvão, buscando aumentar suas exportações. O plano também enfatiza a participação ativa no desenvolvimento dos mercados de eletricidade, reforçando sua posição na indústria global de energia nuclear.

Diversas iniciativas quanto à modernização de unidades geradoras de eletricidade têm sido promovidas, com destaque para o programa de US\$ 200 milhões da EuroSibEnergó para a modernização de 14 GW de capacidade instalada (IRENA, 2017). No que tange à geração nuclear, existem metas federais que preveem uma participação de 45% a 50% na geração total até 2050 e de 70% a 80% até 2100. Para tal, será necessária uma grande renovação do conjunto de reatores: sete novos já estão em construção, uma usina flutuante e outras 26 unidades em estudo (US EIA, 2017).

Ainda existe 78% de potencial hidráulico a ser explorado; no entanto, sua localização se encontra muito longe dos grandes centros consumidores (Sibéria e leste). Quanto aos recursos eólicos, uma estratégia em discussão seria o desenvolvimento de seu potencial na costa do Pacífico para exportação à China. Também são pautas de

discussões a exportação de energia hidrelétrica para o Paquistão; geotérmica para o Japão; e hidrelétrica, eólica e biomassa para a Europa (IRENA, 2017). A Rússia apresenta significativos recursos florestais, sendo grande produtor e exportador de produtos de madeira, e, assim, possui potencial para o uso de seus resíduos para fins energéticos. Na área de biocombustíveis, um programa conjunto entre a companhia privada Corporation of Biotechnology e a estatal RosTechnology busca construir instalações de produção de etanol usando matérias-primas celulósicas.

GRÁFICO 17
Rússia: evolução da matriz elétrica (2016-2040)
(Em %)



Fonte: WEO/IEA, 2018.

Finalmente, apesar de não ser explicitamente uma prioridade nacional, alguns mecanismos de incentivo às renováveis estão presentes, como: *i*) mecanismos de capacidade para o mercado atacadista (unidades superiores a 5 MW); *ii*) tarifas de rede especiais para consumo no varejo (unidades entre 5 MW e 25 MW); e *iii*) sistema de leilões para aquisição de nova capacidade.

4 UMA TRANSIÇÃO CONJUNTA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

A transição energética de baixo carbono pressupõe diversos desafios locais que comumente se contrapõem ao modo tradicional de desenvolvimento energético dos países. Neste sentido, iniciativas conjuntas podem gerar oportunidades para superar questões locais, ao mesmo tempo, atendendo objetivos de ordem global.

4.1 Aspectos homogêneos e heterogêneos da dinâmica de transição

Entre os fatores comuns associados a uma transição, a busca por maior eficiência, a construção/modernização de infraestrutura e a adição de capacidade de produção por fontes renováveis são os principais eixos de transformação. Estes criam novos ciclos de investimento, movimentando os mercados financeiros e de trabalho, trazendo nova dinâmica às economias.

As empresas estatais dominantes no contexto do BRICS são um dos principais instrumentos de promoção para uma transição. No entanto, é comum observar diversas empresas fragilizadas do ponto de vista econômico, seja pela aplicação de subsídios explícitos (por exemplo, controle de tarifas ao consumo final) ou por problemas em seus mercados (por exemplo, perdas não técnicas), dificultando a recuperação plena de seus custos. Tais distorções não apenas retiram a capacidade de investimento com capital próprio dessas empresas, como também encarecem seu financiamento por meio de recursos de terceiros.

Com o avanço tecnológico na área renovável e a drástica redução de seus custos, tais tecnologias se tornam opções, independentemente de estratégias climáticas. Porém, há de se ter em conta que a penetração massiva dessas tecnologias impõe condições diferenciadas aos sistemas energéticos. No setor de eletricidade, em particular, as fontes solar e eólica, por suas características variáveis, dependentes de fenômenos naturais, exigem recursos de flexibilidade dos sistemas,¹⁰ que, por sua vez, dependem das características e dos elementos da rede, o que varia de país para país. A disponibilidade de recursos de flexibilidade, como reservatórios hidrelétricos, define os limites sistêmicos para a difusão de energias renováveis.

Em sistemas de energia com demanda crescente e dinâmicos do ponto de vista de construção de infraestruturas (como na China, na Índia, no Brasil e na África do Sul), energias renováveis surgem como soluções econômicas para atender à demanda incremental. Se houver coordenação dos investimentos, sistemas mais flexíveis podem ser construídos em paralelo ao desenvolvimento dessas fontes de baixo carbono. O caso russo contrasta com os demais, pois apresenta infraestrutura energética mais madura,

10. De acordo com IEA (2014), existem quatro fontes de flexibilidade em sistemas elétricos: infraestrutura de rede, geração despachável, armazenamento e integração pelo lado da demanda.

mas com grandes necessidades de renovação, e a promoção de eficiência tende a ser o principal indutor da descarbonização.

4.2 Investimentos para transição

Os fluxos financeiros destinados a temas climáticos vêm crescendo ao longo do tempo e grande parte está orientada a projetos energéticos. Diversos bancos e instituições financeiras já estabeleceram metas quanto ao financiamento destes tipos de projetos e/ou limitaram a provisão de recursos a projetos poluentes. Apesar do momento favorável para investimentos em projetos de baixo carbono, estes ainda não superam o montante financeiro direcionado às fontes fósseis globalmente.

Vale destacar que cerca de 94% do financiamento dos investimentos na área de energia é realizado por meio dos fluxos de caixa das empresas e 42% do capital global investido teve origem de empresas públicas (IEA, 2018b). Para o caso de projetos de energia renovável, a participação privada é maior, e pelo menos 20% dos investimentos já são baseados não nos balanços corporativos, mas em projetos, particularmente em países ocidentais. Neste contexto global de investimentos em energia, a diversificação de modalidades de financiamento (baseadas em projetos) e a participação consorciada privada e pública têm papel fundamental na transformação mais acelerada dos sistemas energéticos.

Como grande locomotiva global de recursos financeiros, a China desponta como o principal investidor e credor do grupo, em boa medida a partir de recursos da esfera pública. Entre os países do BRICS, a Rússia foi o que mais recebeu investimentos diretos chineses (60%), sobretudo no setor mineral.

No Brasil, os chineses realizaram grandes aportes via empresas estatais (por exemplo, State Grid e China Three Gorges) em usinas hidrelétricas e linhas de transmissão, adquirindo ativos de empresas brasileiras e estrangeiras atuantes na área de energia. Na área de óleo e gás, empresas como CNPC e CNOOC também obtiveram participações em blocos a serem explorados. Em 2017, dos projetos chineses confirmados no Brasil, US\$ 6 bilhões eram para o setor elétrico, e US\$ 155 milhões para o de petróleo e gás. No mesmo ano, 69% de todos os investimentos chineses confirmados no país foram para fusões e aquisições (Mergers and Acquisitions – M&A), e apenas 16% para projetos novos (*green field*) (CEBC, 2018).

Certamente, as oportunidades de investimento não se limitam à origem chinesa. Os países do grupo apresentam grandes empresas públicas e privadas internacionalizadas e com experiência nas áreas de engenharia e gestão de empreendimentos energéticos, tendo condições de ampliarem suas atividades para além das fronteiras nacionais.

4.3 Interesses de política externa

Como descrito na seção 3, o BRICS tem desafios distintos tanto na busca por transformar sua economia e sociedade, quanto no desenvolvimento energético nacional. Com exceção da Rússia, esses países têm demonstrado interesse em avançar na pauta da transição, interpretando-a como uma oportunidade não apenas de desenvolver recursos energéticos domésticos, mas de utilizá-la como meio para atender a questões de ordem estratégica industrial/comercial (Brasil, Índia e China) e na promoção do acesso à energia (Índia e África do Sul).

Em todos os casos, e neste caso incluindo a Rússia, existem ações empresariais e políticas que convergem para a adoção de tecnologias de baixo carbono, mesmo que motivadas por outros objetivos (Tavares, 2019). A busca por crescimento e desenvolvimento é uma delas, na medida em que o desenvolvimento de energias renováveis e a promoção de eficiência energética gera potencialmente maior atividade econômica, altera o padrão competitivo nacional e pressupõe a busca por inovações tecnológicas, gerando empregos.

Devido às sanções econômicas impostas pelos Estados Unidos e seguidas pela Europa, a Rússia vem direcionando cada vez mais sua atuação internacional e interesse para a Ásia, sobretudo para superar as restrições de acesso a recursos financeiros e buscar alternativas de investimento sem a intermediação do Ocidente. Movimento similar deve ocorrer a partir da disputa comercial chinesa com os Estados Unidos. Em oposição, o Brasil mostra sinais de redirecionamento de sua política externa, buscando maior alinhamento com o Ocidente. Esse contexto internacional molda as alianças possíveis entre os países do BRICS, mais recentemente com um foco maior em RIC (Rússia, Índia e China). A China é o caso mais emblemático de convergência de interesses comerciais (produção para exportação) e investimento (aquisição ou construção de infraestrutura no exterior) que se associam à transição. A Rússia é o exemplo oposto, dada sua posição consistente e dependente na produção e exportação de recursos fósseis.

O Brasil, apesar dos desalinhamentos, também apresenta posicionamento externo convergente ao tema climático. Na última década, o país se posicionou estrategicamente nos campos de biocombustíveis e geração renovável. No entanto, em sua agenda externa na área de energia, os atos diplomáticos relacionados aos países do BRICS não foram numerosos. De 2000 a 2017, dos atos registrados no tema energia pelo Itamaraty,¹¹ apenas sete (5,4% do total no tema) tinham como contraparte países do BRICS. Não houve nenhum ato com a África do Sul.

O quadro 1 apresenta a descrição dos atos internacionais. Enquanto os atos com China e Rússia estão em vigor, os com a Índia já expiraram. Vale notar que as negociações com os chineses se deram de forma mais ampla, enquanto os indianos e russos trataram de assuntos mais específicos como petróleo e gás, biocombustíveis e energia nuclear.

QUADRO 1

Atos internacionais do Brasil com países do BRICS (2000-2017)

| Contraparte | Documento | Ano | Status | Assunto específico |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|--------------------|
| China | Memorando de entendimento sobre o estabelecimento da subcomissão de energia e recursos minerais da comissão sino-brasileira de alto nível de concertação e cooperação entre o Ministério de Minas e Energia (Brasil) e a Comissão de Desenvolvimento e Reforma do Estado (China) | 2006 | Em vigor | - |
| | Acordo sobre o fortalecimento da cooperação na área de implementação de infraestrutura de construção entre Brasil e China | 2006 | Em vigor | - |
| | Protocolo entre Brasil e China sobre cooperação em energia e mineração | 2009 | Em vigor | - |
| Índia | Memorando de entendimento para cooperação no setor de petróleo e gás natural entre o Ministério de Minas e Energia (Brasil) e o Ministério do Petróleo e Gás Natural (Índia) | 2008 | Expirado | Petróleo e Gás |
| | Memorando de entendimento para cooperação no setor de petróleo e gás natural entre o Ministério de Minas e Energia (Brasil) e o Ministério do Petróleo e Gás Natural (Índia) | 2008 | Expirado | Petróleo e Gás |
| | Memorando de entendimento entre Brasil e Índia em cooperação na área de biotecnologia | 2012 | Expirado | Biocombustíveis |
| Rússia | Memorando de entendimento entre a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e a Corporação Estatal de Energia Atômica (ROSATOM) sobre cooperação no campo do uso da energia nuclear para fins pacíficos | 2009 | Em vigor | Nuclear |

Fonte: Itamaraty. Disponível em: <<https://concordia.itamaraty.gov.br/>>.

4.4 Experiências de cooperação

Na área de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), o BRICS tem estruturado cooperações por diversos meios, sejam eles informais ou formais, pontuais ou em plataformas. Na plataforma de infraestruturas de pesquisa BRICS GRAIN,¹² dos

11. Atos internacionais correspondem a tratados, acordos, memorandos de entendimento, ajustes complementares, convenções ou protocolos que criem normas e regulamentos. Disponível em: <<https://concordia.itamaraty.gov.br/>>.

12. Disponível em: <<https://brics-grain.org/>>.

vingte centros associados, quatro são da área de energia (dois no Brasil, um na China e um na Rússia). Em 2015, o BRICS firmou um memorando de entendimento sobre a cooperação em CT&I, estabelecendo como prioridades: segurança alimentar e agricultura sustentável; desastres naturais; novas energias e renováveis; eficiência energética; nanotecnologia; computação de alto desempenho; pesquisa básica; pesquisa e exploração espacial; aeronáutica, astronomia e observação da terra; medicina e biotecnologia; biomedicina e ciências da vida (engenharia biomédica, bioinformática, biomateriais); recursos hídricos e tratamento da poluição; zonas de alta tecnologia/parques de ciência e incubadoras; tecnologia da informação e comunicação; tecnologias de carvão limpo; gás natural e gases não convencionais; ciências oceânicas e polares; e tecnologias geoespaciais e suas aplicações.

A partir desse memorando, o BRICS STI Framework Programme¹³ foi estabelecido, com o objetivo de apoiar pesquisas nestas áreas prioritárias a partir de chamadas por projetos conjuntos. Em sua segunda chamada de projetos (2017), dos 462 projetos inscritos, 73 (15,8%) foram do tema de energia e eficiência. Dos projetos de cooperação russos com o BRICS mapeados até 2020 pela United Nations Industrial Development Organization (UNIDO),¹⁴ os destacados para energia são seis: um tratando do estabelecimento do BRICS Energy Association, outro acerca de centro de pesquisa em energia e eficiência e os demais relacionados a plantas térmicas a carvão e gás.

Parcerias técnicas e de investimento entre estatais têm sido desenvolvidas. Entre elas, pode-se destacar a cooperação entre Eletrobras e State Grid no âmbito de transmissão de *ultrahigh voltage* (UHV) e da Eletrosul com as chinesas Shanghai Electric e Zhejiang Energy para transmissão e subestações no sul do Brasil. Na área financeira, o estabelecimento do New Development Bank (NDB) é uma das principais fontes de cooperação para dar suporte a projetos de transição. Em sua estratégia 2017-2021, o banco estabelece como prioridade financiar o que chama de infraestrutura sustentável,¹⁵ com uma alocação de dois terços de seus compromissos de financiamento (NDB, 2017). Em 2016, essa meta foi superada, com 78% do financiamento (US\$ 1,56 bilhão) aprovado para projetos de infraestrutura sustentável, quase todos em energia renovável.

13. Disponível em: <<http://brics-sti.org>>.

14. Disponível em: <http://www.unido.ru/upload/files/b/brics_roadmap.pdf>.

15. O NDB define infraestrutura sustentável como aquela que incorpora critérios econômicos, ambientais e sociais em sua concepção e implementação.

4.5 Oportunidades de cooperação

Como fica claro nesta seção, a interação e cooperação entre o BRICS pode se dar de diversas formas. Desde os fóruns de discussão política até as estratégias empresariais e de ação da sociedade civil, existem possibilidades para avanços conjuntos. Na área de energia, algumas dessas possibilidades têm destaque, são elas: *i*) parcerias em P&D para eficiência energética, renováveis e inovações em tecnologias transversais (por exemplo, redes e estocagem); *ii*) parcerias técnicas e de investimentos através de estatais; *iii*) programas de financiamento e investimentos diretos entre os países; e *iv*) compartilhamento de boas práticas de políticas de desenvolvimento energético (por exemplo, renováveis e acesso). Obviamente, estas não esgotariam as possibilidades existentes de cooperação, mas, a partir do diagnóstico desenvolvido ao longo deste texto, seriam aquelas com maior potencial transformador.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os principais elementos da transição energética de baixo carbono em países do BRICS. Com estruturas energéticas e socioeconômicas diversas, os países adotaram estratégias distintas para promover a transição, a partir de seus objetivos climáticos subjacentes.

Como exposto na seção 2, não há uma estratégia única para obtenção de melhores resultados na redução das emissões de carbono: ao longo do tempo, os países apresentaram resultados bastante heterogêneos. Os determinantes da dinâmica dos sistemas energéticos no passado eram voltados a propiciar abastecimento seguro de energia que não comprometesse o crescimento econômico. Os compromissos ambientais adicionaram novos desafios, que progressivamente ganharam prioridade na política energética. As estratégias orientadas a uma transição dessa natureza podem envolver a expansão e manutenção concentrada em fontes de baixo carbono, a substituição de fontes fósseis e a poupança energética (Tavares, 2019).

A partir de suas estruturas energéticas e organização setorial, descritas na seção 3, é possível entender em grande medida o posicionamento desses países e seus limites ao estabelecer metas e contribuições para a diplomacia do clima. Na maioria dos casos analisados, a dependência por combustíveis fósseis está conectada à infraestrutura física, à estrutura econômica e aos laços socioinstitucionais que foram constituídos em torno deste regime energético.

A tarefa de transformar sistemas energéticos é complexa e o desafio é torná-la coerente com o desenvolvimento econômico e social. Desafios como o da eficiência e universalização do acesso a fontes energéticas modernas, seguras e limpas são objetivos com os quais a agenda da transição é convergente. O avanço nos níveis de investimentos e o desenvolvimento de novas tecnologias são, sem dúvida, outras fontes de interesse neste campo, e a legitimidade associada às questões do clima, por sua vez, traz consigo motivos para avançar neste tipo de estratégia.

Quando tratamos de um grupo de países, como o BRICS, que busca coesão política, parcerias econômicas e maiores laços socioculturais, as estratégias conjuntas podem oferecer maiores ganhos que as autárquicas. Considerando que os objetivos climáticos transcendem fronteiras geográficas, ao combinarmos estratégias nacionais é possível vislumbrar resultados ainda mais promissores para o futuro. A seção 4 apontou as iniciativas de cooperação em temas de transição energética em países do BRICS, e percebemos que a interação foi mais relevante em fluxos de investimento e de financiamento, apresentando a China como país promotor. Na área técnica, a área de eficiência energética avançou mais. Ao considerar os dados de acordos internacionais brasileiros na área de energia, percebe-se a sub-representação dos países do BRICS. Neste sentido, o estreitamento das relações do BRICS em torno da agenda da transição – seja por cooperações técnicas e de pesquisa, estratégias de investimento, parcerias entre empresas e o próprio diálogo – é uma via promissora para a diplomacia brasileira.

REFERÊNCIAS

ÁFRICA DO SUL. Departamento de Energia. **Annual report 2016/2017**. Petroria: Statistics South Africa, 2017a.

_____. Departamento de Transporte. **Green transport Strategy (2017-2050)**. Pretoria: [s.n.], Aug. 2017b.

_____. Departamento de Energia. **Integrated resource plan 2018**. Petroria: [s.n.], Aug. 2018.

BP – BRITISH PETROLEUM. **BP statistical review of world energy**. London: BP, 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Brasília: MME/EPE, 2018.

CEBC – CONSELHO EMPRESARIAL BRASIL-CHINA. **Investimentos chineses no Brasil 2017**. Rio de Janeiro: CEBC, ago. 2018.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear power reactors in the world**. Vienna: IAEA, 2018.

IEA – INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2014**. Paris: IEA, 2014.

_____. **World energy balances 2018**. Paris: IEA, 2018a.

_____. **World energy investment 2018**. Paris: IEA; OECD, 2018b.

_____. **Coal information 2018: overview**. Paris: IEA; OECD, 2018c.

_____. **World energy balances 2018**. Paris: IEA, 2018d.

IFC – INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. **Energy efficiency in Russia: untapped reserves**. Washington: World Bank; IFC, 2014.

ÍNDIA. **Twelfth five year plan (2012/2017)**. New Delhi: Planning Commission, 2013. v. 2.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: synthesis report summary for policymakers**. Geneva: IPCC, 2014.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Remap 2030: renewable energy prospects for the Russian Federation**. Abu Dhabi: IRENA, 2017.

KPMG. **Transition of the energy sector in India: creating a vision for the future**. Zugo: ENRich 2017, Nov. 2017.

NDB – NEW DEVELOPMENT BANK. **NDB's general strategy: 2017-2021**. Shanghai: NDB, 2017.

NITI– NATIONAL INSTITUTION FOR TRANSFORMING INDIA. **India: three year action agenda – 2017-18 to 2019-20**. New Delhi: NITI Aayog, 2017.

TAVARES, F. **Política energética em um contexto de transição: a construção de um regime de baixo carbono**. 2019. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

US EIA – US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **China: international energy data and analysis**. [s.l.]: [s.n.], 2015.

_____. **India: international energy data and analysis**. [s.l.]: [s.n.], 2016.

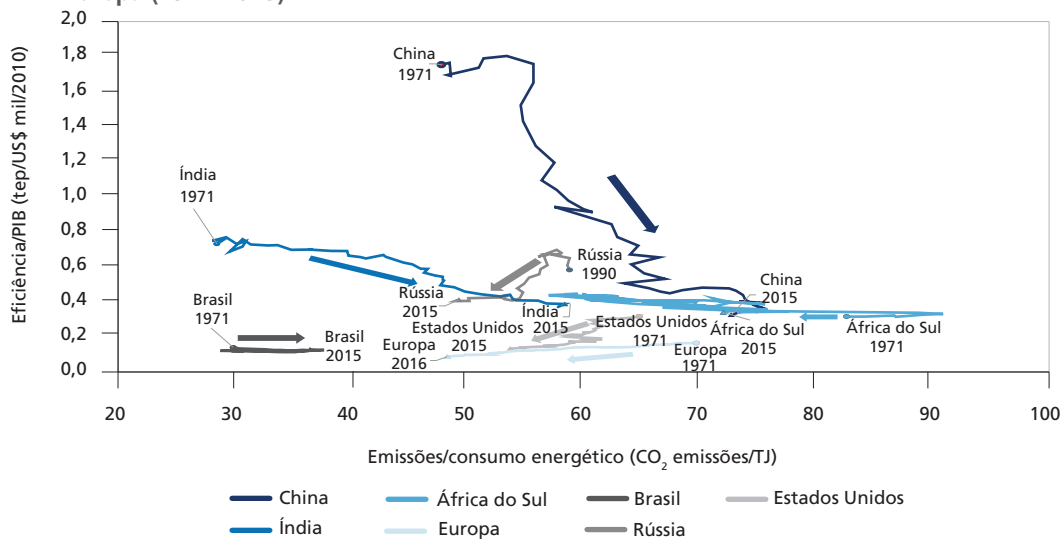
_____. **Russia: international energy data and analysis**. [s.l.]: [s.n.], 2017.

VAZQUEZ, M. *et al.* **Financing the transition to renewable energy in the European Union, Latin America and the Caribbean**. Hamburg: EU-LAC Foundation, Aug. 2018.

APÊNDICE

GRÁFICO A.1

Eficiência e processo de (des)carbonização no BRICS, nos Estados Unidos e na Europa (1971-2015)

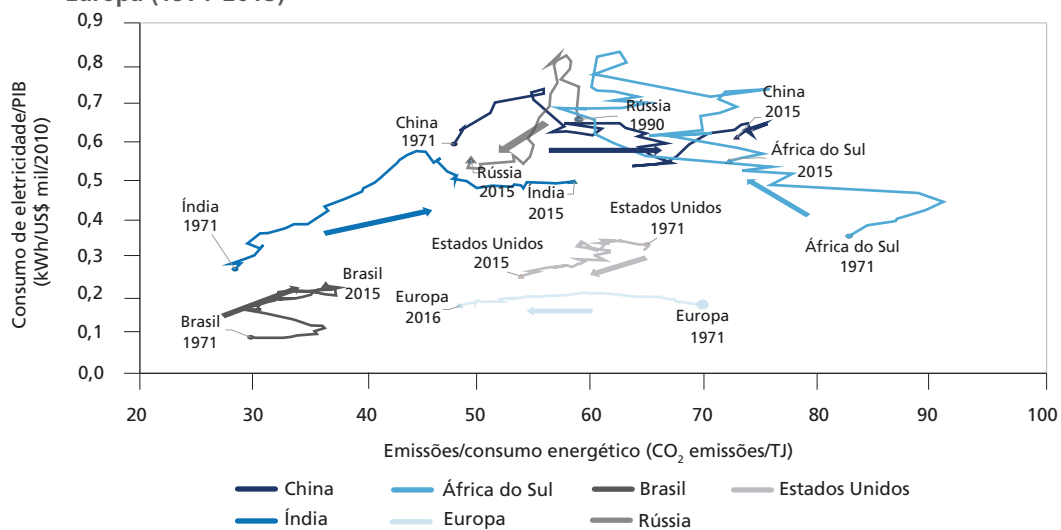


Fonte: International Energy Agency (IEA) World Indicators Database.

Obs.: BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul; e PIB – produto interno bruto.

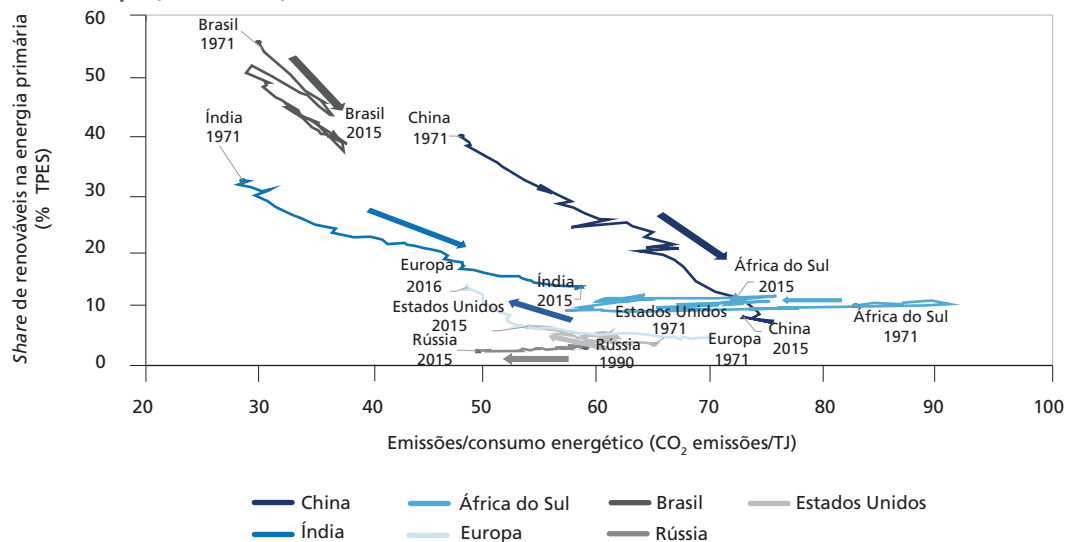
GRÁFICO A.2

Eletricidade e processo de (des)carbonização no BRICS, nos Estados Unidos e na Europa (1971-2015)



Fonte: IEA World Indicators Database.

GRÁFICO A.3
Renováveis¹ e processo de (des)carbonização no BRICS, nos Estados Unidos e na Europa (1971-2015)

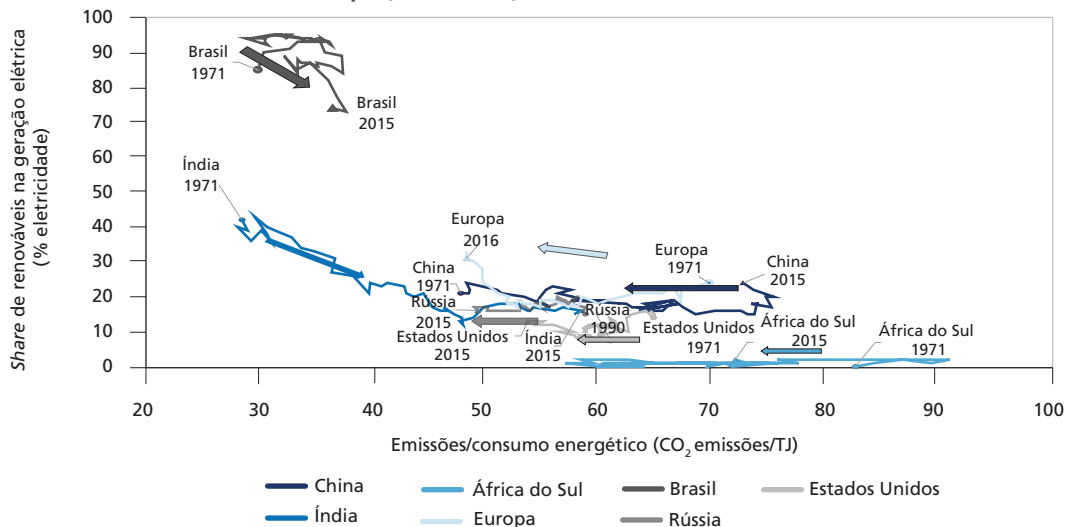


Fonte: IEA World Indicators Database.

Nota: ¹ Inclui hidráulica, geotérmica, solar fotovoltaica, térmica, ondas, maré, oceanos, eólica, resíduos, bioenergia sólida, líquida e gasosa.

Obs.: TPES – total primary energy supply.

GRÁFICO A.4
Renováveis na eletricidade¹ e processo de (des)carbonização no BRICS, nos Estados Unidos e na Europa (1971-2015)



Fonte: IEA World Indicators Database.

Nota: ¹ Inclui hidráulica, geotérmica, solar fotovoltaica, térmica, ondas, marés, oceânica, eólica, resíduos urbanos, bioenergia sólida, líquida e gasosa.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Assessoria de Imprensa e Comunicação

EDITORIAL

Coordenação

Reginaldo da Silva Domingos

Supervisão

Carlos Henrique Santos Vianna

Revisão

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Lis Silva Hall

Mariana Silva de Lima

Marlon Magno Abreu de Carvalho

Vivian Barros Volotão Santos

Bárbara Coutinho Ornellas (estagiária)

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha (estagiária)

Laysa Martins Barbosa Lima (estagiária)

Editores

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

Vinícius Arruda de Souza (estagiário)

Capa

Danielle de Oliveira Ayres

Flaviane Dias de Sant'ana

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em adobe garamond pro 12/16 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em offset 90g/m² (miolo)
Cartão supremo 250g/m² (capa)
Rio de Janeiro-RJ

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

ISSN 1415-4765



9 771415 476001