

Transição Energética e ESG

Estruturado pelo economista Nivalde de Castro, professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL, desde 1997, este fascículo abordará as diferentes abordagens em curso no país relacionadas à transição energética e as práticas de ESG no setor elétrico.



Capítulo 5

Desafios impostos pela transição energética ao Sistema Interligado Nacional

Por Nivalde de Castro, *Fernando França e *Lillian Monteath

O processo dinâmico e irreversível da transição energética, cujo objetivo estratégico é a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), é um tema que tem, de forma crescente, ocupado o topo e a prioridade das agendas de países, empresas, universidades e das mais variadas organizações sociais. O modus vivendi de emergência climática em que o planeta ingressou, tendo como exemplo o evento climático que ocorreu recentemente no Rio Grande do Sul, reforça a urgência de que sejam redobradas as atenções dos policy makers sobre o comportamento do clima, tópico no qual a evolução da matriz energética desempenha um papel central.

Neste contexto de desafios direcionados para o Setor Elétrico Brasileiro (SEB), o quinto artigo da série sobre transição energética, vinculado à parceria entre o GESEL-UFRJ e a Revista O Setor Elétrico, tem como objetivo central analisar os impactos, desafios e exigências referentes ao sistema de transmissão de energia elétrica, com ênfase nas implicações advindas da transição energética aos seus papéis e requisitos. Se, por um lado, a evolução tecnológica observada na geração, no armazenamento e na distribuição de energia elétrica constitui a base que permite a transição energética, é a transmissão que viabiliza a integração de fontes e dispositivos, preservando a segurança da operação do sistema. Portanto, é essencial que este segmento estratégico do SEB seja analisado.

Neste sentido, a análise deve partir da Rede Básica do Sistema Interligado Nacional (SIN), pela sua dimensão, complexidade e importância para o atendimento da quase totalidade da população

brasileira. A malha principal de transmissão do SIN, que engloba instalações com tensão igual ou superior a 230 kV, tem experimentado uma expressiva evolução desde a implantação e consolidação do modelo regulatório deste segmento, que tem como um de seus pilares a concessão de novas outorgas por meio de processos licitatórios. Destaca-se que o crescimento verificado da rede e os resultados obtidos nos sucessivos leilões, iniciados em 2000, atestam o sucesso do modelo regulatório da transmissão.

Até 1999, a Rede Básica somava cerca de 58.000 km de linhas de transmissão e era constituída por dois sistemas independentes, o Norte/Nordeste e o Sul/Sudeste/Centro-Oeste, que foram integrados por meio do primeiro circuito da interligação Norte-Sul em março daquele ano. De 1999 a dezembro de 2023, o SIN cresceu cerca de 200%, passando a operar 172.000 km de linhas de transmissão e interligar todas as regiões do país, incluindo áreas anteriormente isoladas, como aquelas atendidas a partir de Manaus, Macapá, Porto Velho e Rio Branco.

Parte importante desse crescimento está diretamente vinculada à necessidade de escoar a produção das grandes usinas hidrelétricas situadas na Amazônia, como Jirau, Santo Antônio, Teles Pires e Belo Monte. Recentemente, por sua vez, a expansão do SIN está ocorrendo em razão direta da ampliação da capacidade instalada de fontes eólicas, sobretudo na Região Nordeste, e fotovoltaicas, especialmente nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste. O crescimento tão expressivo dessas fontes renováveis, com impactos diretos no crescimento da rede de transmissão, ocorre através de subsídios cruzados, que recaem sobre os

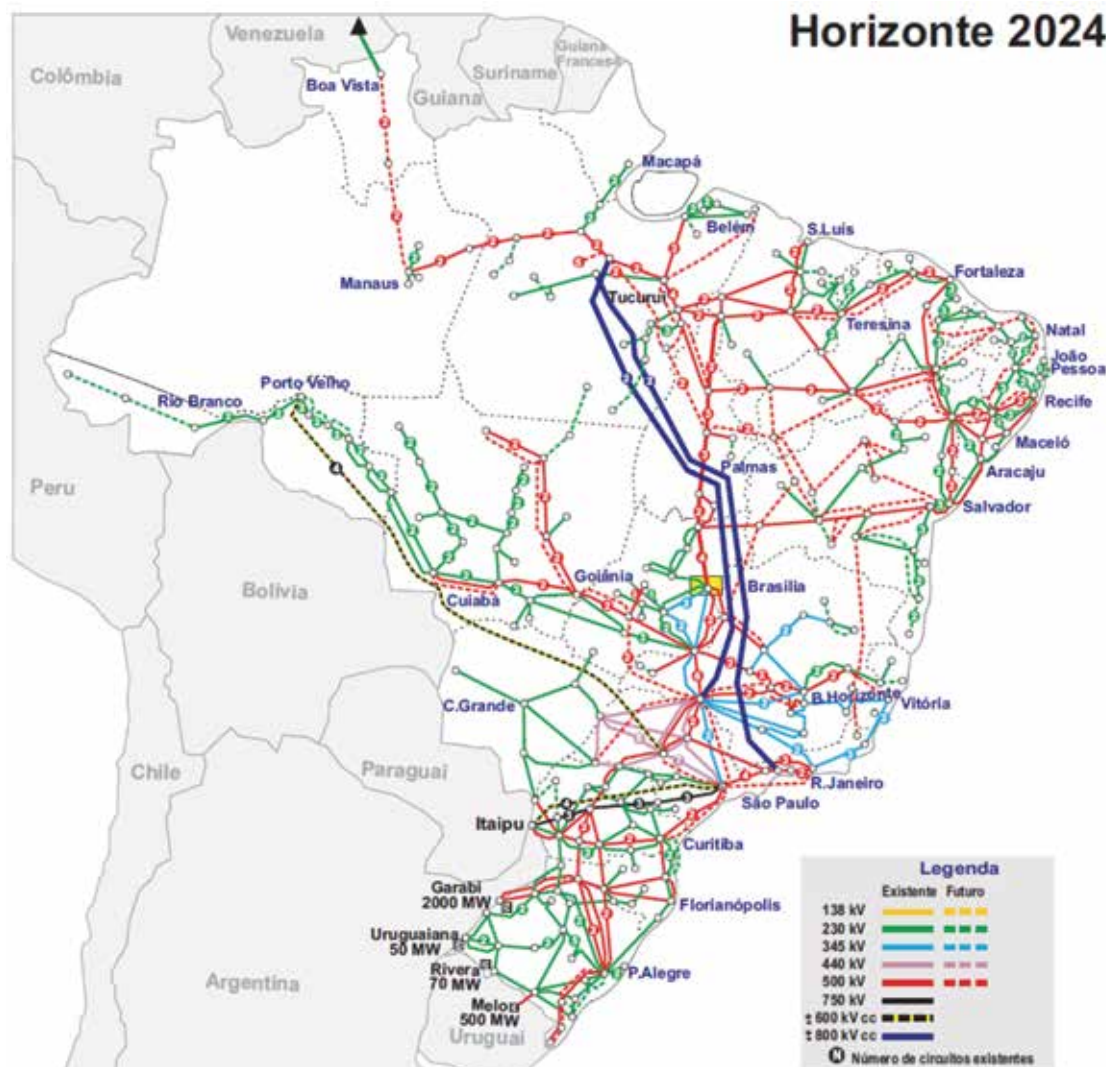


Figura 1 - Configuração do Sistema Interligado Nacional: 2024

Fonte: ONS (2024). Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/qualidade-do-suprimento-paineis.aspx>

consumidores de energia elétrica, em um ritmo descontrolado. Merece ser destacado que as projeções do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) estimam que, em 2028, a Rede Básica deve superar 200.000 km de linhas de transmissão de alta tensão.

A Figura 1 expressa a dinâmica da impressionante evolução do sistema de transmissão no Brasil até 2024, que conseguiu atrair investimentos sob a égide de um novo modelo de contratação baseado em leilões de lotes, vinculados diretamente aos estudos de planejamento.

A Rede Básica do SIN presta serviços essenciais à sociedade brasileira, sendo que um dos mais importantes é garantir a disponibilidade e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica aos milhões de consumidores brasileiros. É a rede de transmissão que permite que a energia elétrica esteja disponível para os consumidores de forma contínua e na quantidade exigida. Implicitamente associado a esse serviço, está a manutenção do equilíbrio dinâmico entre oferta e demanda de energia elétrica em cada instante, condição básica para a manutenção da frequência e da segurança da operação do sistema. Outro serviço fundamental provido pela rede é permitir a utilização dos

recursos energéticos mais baratos disponíveis em cada momento, dado que a ordem de despacho das plantas geradoras de energia elétrica é determinada pelos respectivos custos, dos mais baratos para os mais caros. Esses e outros serviços são, de alguma maneira, impactados pelas transformações que estão sendo impostas pela transição energética.

A característica central imposta pela transição energética à produção de energia elétrica é, sem dúvida, a expansão da capacidade instalada de fontes renováveis, com destaque crescente para a geração distribuída. O potencial de aproveitamento desses recursos está disponível por praticamente todo espaço geográfico do país, que, pela sua dimensão continental, explica a taxa de crescimento do SIN. Por outro lado, uma característica técnica comum é que a geração renovável resultante não é controlável, sendo possível apenas pelas condições da unidade geradora e disponibilidade de vento e radiação solar.

Dessa forma, o impacto das fontes renováveis sobre a Rede Básica é crescente, pois ela precisa ser dimensionada para atender, ao longo do dia, variações rápidas de geração em múltiplos cenários de operação. Para tanto, é necessário que as interconexões sejam ainda mais capilares, como é largamente observado no SIN. Em suma, considerando a

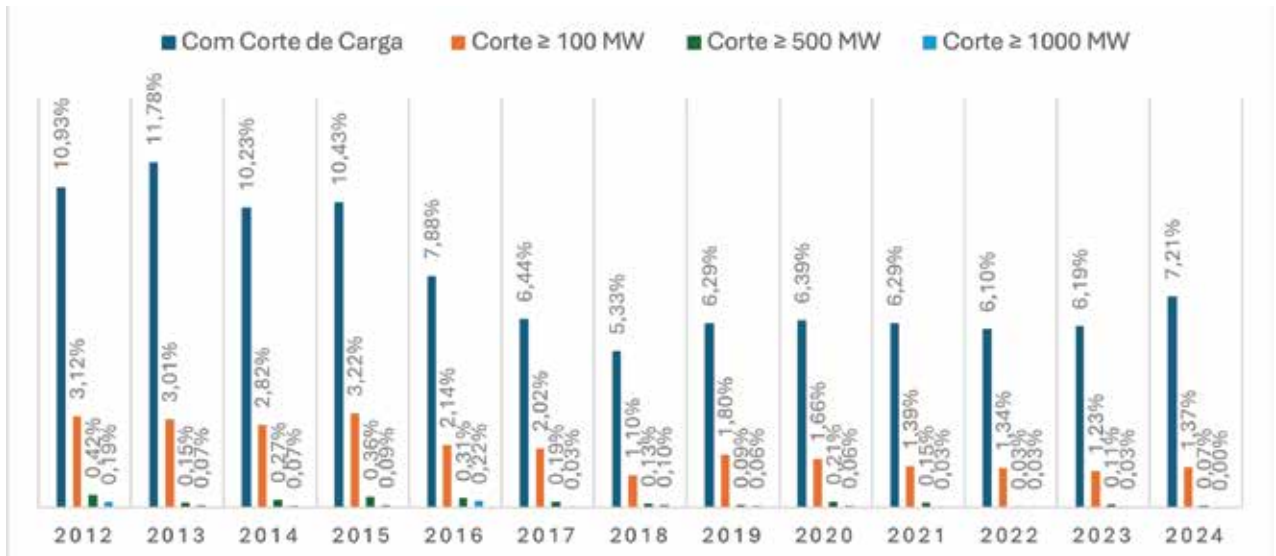


Gráfico 1 - Perturbações com corte de carga na Rede Básica: janeiro de 2012 a abril de 2024 (em %) Fonte: ONS (2024). Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/qualidade-do-suprimento-paineis.aspx>

dimensão continental do SIN, a capilaridade das interconexões implica em investimentos crescentes na expansão da Rede Básica, de modo a garantir condições técnicas que viabilizem o equilíbrio instantâneo entre demanda e oferta.

Além disso, a rede de transmissão deve ser dotada de recursos que proporcionem a adequada flexibilidade operativa para que seja possível lidar com a multiplicidade de condições vivenciadas no dia a dia da operação, decorrente da pulverização dos recursos renováveis. Destaca-se que o requisito de flexibilidade se torna mais e mais relevante com o crescimento da dimensão e da complexidade do SIN, resultado direto da transição energética.

Nessa mesma linha analítica, outra questão que ganha destaque, à medida que avança a transição energética, é a resiliência do SIN. Considerando a distribuição dos recursos, a natureza não despachável das novas fontes e o crescimento da interconexão, é necessário que a Rede Básica seja capaz de absorver impactos decorrentes de perturbações nas instalações de transmissão ou em grandes blocos de geração com mínimas consequências para os consumidores, retornando rapidamente a uma condição segura de funcionamento.

Sobre esse aspecto, a título de exemplo da sua magnitude, são registradas tipicamente mais de 3.000 perturbações no SIN anualmente, das mais variadas naturezas, das quais cerca de 6% a 7% resultam em algum tipo de corte de carga. O gráfico acima ilustra o desempenho da rede no que diz respeito ao requisito de confiabilidade, discriminando o percentual de perturbações que resultaram em qualquer corte

de carga, em corte superiores a 100 MW, a 500 MW e a 1.000 MW. O resultado de 2024 é o acumulado entre janeiro e maio. Trata-se de um indicador importante para avaliar a qualidade do serviço da transmissão, particularmente com a disseminação dos recursos energéticos distribuídos.

Observa-se que a transição energética em curso estabelece desafios novos ao segmento de transmissão que se somam àqueles intrínsecos ao tamanho e, sobretudo, à idade da Rede Básica do SIN. Dentre o que se pode considerar e classificar como novos, destaca-se o desafio imposto pela diferença de requisito de prazo para a implantação de instalações de transmissão e aquele necessário para a integração de unidades geradoras eólicas e fotovoltaicas. Deste modo, há um evidente descompasso entre o crescimento da capacidade instalada de plantas eólicas e solares e a expansão das linhas de transmissão.

A metodologia e o desenho da expansão do sistema de transmissão requer complexos estudos de planejamento, com base em premissas de crescimento da demanda e da geração e em avaliações de natureza socioambientais, seguidos por estudos para a definição das características técnicas das novas instalações. Esses estudos, conduzidos pela Empresa de Planejamento Energético (EPE), com a colaboração técnica do ONS e de empresas transmissoras, são consolidados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), configurando editais, que são colocados em consulta pública para a posterior realização de leilões de ativos de transmissão. Após o leilão, e cumpridas as etapas de qualificação do vencedor e homologação de resultados, ocorre a assinatura do contrato

Linha **CLAMPER** Front

Proteção contra surtos elétricos nos modelos:



VARISTOR



SPARK GAP



CENTELHADOR
A GÁS



Diversas combinações de proteção para atender à sua necessidade*

Tensão máxima de operação contínua:	de 75V a 680V
Corrente máxima de descarga @ 8/20 μ s:	de 15kA a 100kA
Corrente de impulso @ 10/350 μ s:	de 12,5kA a 50kA

*Consulte as combinações de modelos existentes.



www.clamper.com.br
(31) 3689.9500



de concessão de 30 anos, o qual estabelece o prazo para a entrada em operação das novas instalações. Todo esse processo resulta em longos intervalos entre a identificação da necessidade de expandir o sistema de transmissão e a efetiva entrada em operação das linhas, tipicamente superando sete anos.

Por sua vez, a implantação de centrais eólicas e fotovoltaicas ocorre em prazos bem menores, podendo chegar a dois anos, dependendo do porte do projeto. A disparidade entre as velocidades de implantação de ativos de geração e de transmissão tem se mostrado desafiadora em todos os locais do mundo em que a transição energética avança. No caso brasileiro, tendo em vista as características de distâncias envolvidas e distribuição espacial das fontes, o desafio de viabilizar a rede de transmissão no prazo requerido pela transição energética se torna particularmente importante.

Outro aspecto a destacar, que demanda a atenção de todos que atuam no segmento de transmissão, é o fato de que a adequação da Rede Básica aos requisitos derivados da transição energética ocorre simultaneamente com o tratamento de dois eventos de impacto crescente no sistema: a ampliação da quantidade de equipamentos em final de vida útil, consequência do natural envelhecimento da rede, e o encerramento do prazo de concessão de instalações que foram licitadas a partir de 1999.

O primeiro tema, que foi objeto de avaliação regulatória conduzida pela ANEEL, apresenta basicamente o desafio de se proceder às devidas substituições de equipamentos sem que haja comprometimento da segurança da operação do SIN. Por outro lado, o final dos prazos de concessão ainda requer um esforço para a construção do respectivo arcabouço regulatório, particularmente referente à regulamentação do Decreto nº 11.314/2022, prevista na Agenda Regulatória 2024/2025 da ANEEL. Sobre esse tema, destaca-se a sua relevância de uma definição regulatória consistente, dado que já está no horizonte o vencimento de nove concessões até 2030 e de mais 119 até 2040, representando milhares de quilômetros de linhas de transmissão. Diante dessa perspectiva, é importante que sejam equacionados aspectos como isonomia e transparência de informações, para que o assunto não se torne crítico.

Por fim, e já na fase de conclusão deste tema tão relevante, a transição energética em curso constitui uma empreitada inédita na história da Idade Moderna por sua dimensão e potencial impacto transformador. Neste sentido, investimentos maciços têm sido realizados no desenvolvimento tecnológico e na construção da infraestrutura necessária, tanto do lado da produção (novas fontes, incluindo armazenamento) como do lado do consumo (transporte, aquecimento, indústria, etc.) para viabilizar essa transformação. O Brasil, mesmo contando com uma matriz elétrica essencialmente renovável, tem experimentado, na última década, um crescimento expressivo

da integração de fontes que usam vento e irradiação solar para gerar energia elétrica.

Destaca-se que a análise aqui desenvolvida chama atenção para a importância do segmento de transmissão na viabilização do processo de transição energética, na condição de prestador de serviços essenciais para a segurança e economicidade do atendimento das necessidades de energia elétrica do consumidor brasileiro. É essencial aprofundar e tratar os novos requisitos e desafios para a prestação desses serviços, impostos pela expansão crescente dos recursos renováveis e das novas tecnologias derivadas, como os recursos energéticos distribuídos, tema que foi analisado no capítulo quatro desta série.

Por fim, a transição energética impõe que soluções inovadoras sejam adotadas no sistema de transmissão, de modo a preservar o seu papel viabilizador da disponibilidade, confiabilidade e eficiência do SEB, reforçando características como flexibilidade operativa e resiliência frente a perturbações no SIN. O conhecimento e a experiência acumulados ao longo do desenvolvimento do SEB permitem a conclusão de que os desafios impostos serão superados, possibilitando ao país explorar o diferencial competitivo de dispor de uma matriz elétrica limpa, diversificada e de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro, Nivalde José de; Brandão, Roberto (2024). *A transição energética e a necessidade crescente de armazenamento de energia elétrica*. Artigo publicado na Revista Setor Elétrico. Abril de 2024, n. 202, pp. 10-14. Disponível em: https://issuu.com/revistaosetoreletrico/docs/ose_202_finalsite?fr=xKAE9_zU1NQ&utm_campaign=hv_revista_ose_-_nova_edicao_202&utm_medium=email&utm_source=RD+Station. Acesso em: 16 de abril de 2024.

Castro, Nivalde José de; Leal, Luiza Masseno (2024). *Transição Energética e Mobilidade Elétrica*. Disponível em: https://issuu.com/revistaosetoreletrico/docs/ose_201_finalsimples?fr=xKAE9_zU1NQ&utm_campaign=hv_revista_ose_-_nova_edicao_201&utm_medium=email&utm_source=RD+Station. Acesso em: 21 de março de 2024.

Castro, Nivalde; Gonçalves, Leonardo (2024). *Os Recursos Energéticos Distribuídos na Modernização do Setor Elétrico Brasileiro*. Artigo publicado na Revista O Setor Elétrico. Edição Maio-Junho de 2024, n. 203, pp. 12-18. Disponível em: https://www.osetoreletrico.com.br/wpcontent/uploads/2024/05/OSE_203_Final_SITE-1.pdf.

Silveira, Maria Alzira Noli (2024). O Valor da Rede, material apresentado pelo ONS no Energy Solutions Show.

*Fernando França é consultor do GESEL-UFRJ

*Lillian Monteath é pesquisadora plena do Gesel-UFRJ

MAXBAR

BARRAMENTOS BLINDADOS

LANÇAMENTO MAXBAR

**BARRAMENTO BLACK
CARBON** com pintura
especial a base de Grafeno.

Preparado para ambientes industriais e da construção civil com atmosfera agressiva e adequado a arquitetura do seu empreendimento.

Sempre em busca da alta tecnologia, segurança e respeito ao meio ambiente.

JUNTOS ENERGIZANDO

O MUNDO



✉ comercial@maxbarramentos.com.br

☎ (11)4308-5075 / (11)4308-5085

🌐 www.maxbarramentos.com.br

