

# 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 8

### As grandes tendências e cenários para o futuro do setor elétrico

Por Nivalde de Castro e \*Vitor Santos

#### INTRODUÇÃO

O Acordo de Paris, firmado em 2015, visa alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelece, como um dos seus objetivos de longo prazo, o limite do aumento da temperatura média global a níveis abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais. Além disso, o compromisso determina que sejam realizados esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas, em linha com o Relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, apresentado em 2019.

Nessa perspectiva, a neutralidade de carbono em 2050 reúne, hoje, um amplo consenso social em termos globais, dependendo de uma transição energética baseada em três pilares: descarbonização, descentralização e digitalização, muitas vezes designados pelos 3 D's. O resultado das eleições presidenciais dos EUA, se seguir a rota do primeiro mandato, deverá prejudicar as metas firmadas, porém os eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes e intensos, deverão prevalecer sobre os interesses econômicos norte-americanos.

No que diz respeito à descarbonização, a integração e ampliação crescente das fontes renováveis na produção de eletricidade, a promoção de eficiência energética, a eletrificação (verde) crescente da sociedade, a utilização do hidrogênio verde (H2V) e a captura e o armazenamento de carbono são tendência tecnológicas e fatores

determinantes para a descarbonização da economia e da sociedade, pois os padrões de consumo serão alterados.

A geração distribuída e a perda de importância das economias de escala na produção, a mobilidade elétrica, a gestão da demanda de energia elétrica, de forma a introduzir maior flexibilidade no setor elétrico, e o aumento da relevância dos prossumidores são alguns dos aspectos que caracterizam a descentralização do setor elétrico. Finalmente, os veículos elétricos e autônomos, os edifícios inteligentes, o machine learning, o blockchain, o big data analytics, o digital twin e as redes inteligentes são exemplos da relevância da digitalização no setor elétrico.

Deve-se ainda sublinhar duas dimensões adicionais relacionadas às inovações que permitiram impulsionar o processo de transformação que está em curso no setor elétrico:

- I) A inovação organizacional decorrente do processo de liberalização do setor elétrico, que teve início nos 1990 e alterou completamente o quadro de incentivos de funcionamento do setor;
- II) A inovação tecnológica e organizacional, com reflexos ao longo de todos os segmentos da cadeia de valor, que foi absolutamente instrumental para viabilizar a transição energética.

Assim, observa-se que a transição energética terá uma influência decisiva nas tendências de evolução futura do setor elétrico, com reflexos em alterações disruptivas nas tecnologias de produção e nas redes, na organização e nos desenhos de mercado do setor elétrico e no empoderamento do consumidor.

## 1 - UM NOVO PARADIGMA TECNOLÓGICO E ORGANIZACIONAL E O EMPODERAMENTO DOS CONSUMIDORES

No paradigma “clássico” de organização do setor elétrico, a produção remota e centralizada segue a demanda, com base em um fluxo de energia de sentido único, monitorado através de um sistema de comunicações e de automação limitada, ao longo de uma rede passiva na entrega de energia elétrica aos consumidores domésticos e industriais.

Ademais, tendo por base uma estrutura de custos variáveis elevados (custos dos combustíveis) e uma produção centralizada de grande dimensão que assegurava a continuidade e previsibilidade de fornecimento, a produção de energia constituía-se como o fator determinante de flexibilidade perante uma demanda variável e muito pouco flexível. No balanceamento entre a demanda e a oferta de energia, a flexibilidade estava basicamente centrada na gestão da produção.

Contudo, a penetração crescente dos novos recursos de energia renovável, com produção variável e descentralizada em unidades geradoras de pequena dimensão, reduziu a flexibilidade do lado da oferta e suscitou a necessidade de valorizar mecanismos de flexibilidade, incentivando o armazenamento e a gestão da procura. Assim, o setor da energia atravessa um período de mudanças estruturais que sugerem uma visão de futuro bastante diferente do cenário atual, quer para os operadores e agentes do setor, quer para os consumidores.

A inovação tecnológica ao nível da produção de energia elétrica aponta para uma redução significativa da escala econômica dos projetos, viabilizando a produção local de energia a partir de fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica e eólica. Além disso, as redes de energia incorporam cada vez mais inovação (redes inteligentes), sendo mais automatizadas, o que permite melhores níveis de qualidade de serviço, a participação de novos agentes, a oferta de novos serviços e a emergência de novos modelos de negócio.

A inovação afeta também a forma de consumir energia. Os consumidores estavam no fim da linha, tinham uma função passiva e consumiam a eletricidade com tarifas reguladas. Com a crescente abertura do mercado, determinado pela separação das atividades de distribuição e comercialização, os consumidores poderão escolher uma empresa responsável pela comercialização. Além disso, os consumidores, agora vistos como clientes, passarão a ser protagonistas cada vez mais proativos, acumulando as funções de microprodutores e micro armazenadores e utilizando as suas próprias instalações de consumo e produção para prestarem serviços ao sistema e às redes (prossumidores).

A abertura do mercado irá incentivar, também, os

comercializadores a inovarem nas ofertas de serviços e produtos e a desenvolverem estratégias comerciais baseadas na diferenciação do produto. A tendência será o surgimento de serviços integrados, como a venda de eletricidade, gás natural ou combustíveis, a prestação serviços de assistência técnica e aconselhamento, os sistemas de micro e minigeração distribuída e a mobilidade elétrica.

A prestação de serviços de energia aos consumidores residenciais e empresariais é assegurada por uma nova camada de empresas no setor, que podem atuar em conjunto com os comercializadores ou autonomamente. Esses serviços são prestados pelos agregadores, que operam como intermediários entre os pequenos produtores ou consumidores na relação com os operadores de rede, tendo em vista a prestação de serviços à rede e ao sistema.

Ademais, alguns dos novos negócios da internet e dos serviços se estendem à energia, associando a sua gestão a um serviço mais amplo de gestão de informação aos consumidores residenciais ou empresariais. Assim, a nova complexidade que se anuncia no mercado



da energia traz novos desafios, problemas e oportunidades para os consumidores. As empresas que atuam no setor energético são, por isso, chamadas a atuar como intermediárias dessa complexidade, assegurando a satisfação do consumidor e minimizando o esforço necessário para participar do mercado elétrico.

Observa-se que o planejamento e a operação das redes e das infraestruturas de eletricidade incorporam um contexto de maior incerteza neste período de mudanças estruturais no setor energético. Deste modo, a complementaridade e cooperação entre os operadores das redes de transmissão e distribuição é um desafio que assume uma relevância crescente. Deve-se encontrar, também, os meios adequados para incorporar mais energia renovável nas redes, promovendo simultaneamente a eficiência global do sistema elétrico e a segurança de abastecimento de médio prazo.

Em um modelo liberalizado, como o do setor elétrico dos países da União Europeia, as decisões dos consumidores e dos agentes do mercado dependem da consistência e do alinhamento dos sinais econômicos, que são transmitidos nos vários segmentos da cadeia de valor. A regulação setorial, os operadores das redes e os gestores de sistema são centrais na definição desses sinais econômicos aos quais o mercado e os consumidores são expostos. Portanto, deve-se estabelecer metodologias de regulação que induzam comportamentos adequados no sentido da concretização dos objetivos da política energética.

Os desenhos do mercado elétrico e dos instrumentos e mecanismos de regulação devem ser aprimorados ao longo do processo, de forma a proporcionarem um ambiente favorável à concretização do investimento e à incorporação de nova tecnologia e inovação, além de incentivarem o envolvimento dos consumidores no centro das decisões. Deste modo, busca-se assegurar a sustentabilidade econômica e ambiental do setor energético, mantendo, afirmando e estimulando a concorrência no funcionamento dos mercados.

## 2 - A ELETRIFICAÇÃO COMO VETOR CENTRAL NA DESCARBONIZAÇÃO

A eletrificação é uma opção absolutamente estratégica para a descarbonização da economia e da sociedade. O crescimento da produção renovável baseada nas fontes eólica e solar apresenta vários objetivos, com reflexos em alterações estruturais profundas da economia, com destaque para:

- I) Dar continuidade à descarbonização do setor elétrico, sobretudo nos países onde a geração fóssil tem um peso expressivo na matriz;
- II) Criar condições propícias à descarbonização da indústria eletrointensiva, através da sua eletrificação crescente, até onde for possível, e, complementarmente, da utilização de gases renováveis nos processos industriais em que a eletricidade não é eficiente e,

muitas vezes, sequer exequível;

III) Promover a descarbonização dos sistemas de transporte, através da mobilidade elétrica e da utilização de gases renováveis;

IV) Estimular a renovação energética do parque nacional de edifícios existentes e a descarbonização dos seus consumos de energia, nomeadamente através da eletrificação;

V) Proceder a reindustrialização baseada no desenvolvimento das indústrias verdes e da digitalização, através da metamorfose das matrizes energéticas não renováveis para renováveis.

Essas mutações estruturais suscitam alguns desafios relevantes para o desenvolvimento do setor elétrico. O primeiro deles é que a transição energética exige um esforço de investimento muito expressivo durante as próximas décadas. Para atingir esse objetivo, é preciso criar um ambiente propício ao investimento através de um redesenho do mercado elétrico, bem como proceder a minimização das barreiras à entrada, facilitando, nomeadamente, o licenciamento da geração renovável e das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Um outro tema da maior relevância para assegurar o desenvolvimento da eletrificação passa pela superação das condicionantes associadas à integração das energias renováveis no setor elétrico, nomeadamente os problemas decorrentes da intermitência dessas fontes na gestão de sistema. Nessa direção, será necessário desenvolver políticas públicas e inovações regulatórias, para criar mecanismos de flexibilidade no setor elétrico, através do instrumento de resposta da demanda, dos sistemas de armazenamento de baterias e das usinas hidrelétricas reversíveis.

Além disso, as tarifas da eletricidade devem ser, por suposto, acessíveis aos consumidores domésticos, especialmente os mais vulneráveis, e não deverão colocar em risco a competitividade dos consumidores industriais eletrointensivos.

Por fim, a infraestrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica deve ser ampliada, modernizada e digitalizada, porém com custos eficientes e tendo por base metodologias de planejamento das redes ajustadas aos novos desafios da transição energética.

## 3 - HIDROGÊNIO VERDE, DESENVOLVIMENTO DAS INDÚSTRIAS VERDES E DESCARBONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES “HARD TO ABATE”

A aceleração da transição energética e a descarbonização da economia sugere a necessidade de promover a produção e a incorporação de quantidades crescentes de H<sub>2</sub>V, de forma a viabilizar a substituição expressiva dos combustíveis fósseis nos setores em que a eletrificação não parece ser uma solução eficiente do ponto de vista custo-eficaz e, muitas vezes, não é uma solução tecnicamente viável.

Nesta perspectiva, o hidrogênio é um portador de energia



**SE É SIL,  
PODE CONFIAR.**



**Há 50 anos conectada  
com pequenas e grandes obras.**

Pensou em cabo flexível e de alta qualidade para o seu projeto, use os cabos Flexsil 750 V. Eles são ideais para pequenas e grandes obras da construção civil e atendem as mais rigorosas normas do setor elétrico, oferecendo durabilidade, flexibilidade, segurança e a confiança que o mercado espera de um produto líder.

com elevada intensidade energética e, por isso, poderá ser uma alternativa de substituição dos combustíveis fósseis em algumas atividades industriais hard to abate (refinação, químicas pesadas, produtos siderúrgicos, etc.), impulsionando uma futura onda tecnológica da mobilidade a hidrogênio do transporte rodoviário pesado de passageiros e mercadorias.

Inicialmente, havia uma ambição excessiva muito influenciada pela crença de que o desenvolvimento da produção do hidrogênio poderia replicar o processo de crescimento e de globalização rápido do gás natural liquefeito (GNL). Todavia, ao contrário do H2V, o GNL era muito competitivo em relação ao propano e tinha custos associados ao transporte muito mais baixos do que o hidrogênio.

Hoje, contudo, prevalece a opinião de que, pelo menos no curto e médio prazo, o H2V deve ser produzido e consumido nos polos industriais onde estão instalados os offtakers, de modo a consolidar uma posição competitiva para a exportação de produtos verdes, como, por exemplo, os fertilizantes verdes, bem como os combustíveis renováveis ou o aço verde.

O relatório anual sobre os desenvolvimentos do H2V, publicado recentemente pela Agência Internacional de Energia (AIE), permite concluir que houve uma evolução muito favorável em 2023 e com expectativas muito positivas para 2024 em todos os níveis, como dinamização do investimento, inovação com reflexos na redução do gap de custos com o hidrogênio de base fóssil, políticas de dinamização da procura de forma a viabilizar a oferta, avanços no reconhecimento mútuo das certificações, entre outros.

A América Latina e, em particular, o Brasil são destaque no relatório da AIE, que sublinha as vantagens competitivas do hidrogênio brasileiro, ressaltando o elevado potencial da produção renovável nacional e, ainda, a circunstância de o país dispor de um setor industrial moderno, bem dimensionado e competitivo à escala global, que já está tomando decisões estratégicas no desenvolvimento do H2V. Por fim, o relatório destaca dois clusters em que o Brasil tem uma inequívoca vantagem competitiva: a substituição das importações de fertilizantes e, assim como na China, a exportação de aço verde.

#### 4 - IMPACTOS MUITO EXPRESSIVOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SETOR ELÉTRICO

Os cenários atualmente existentes apontam para impactos muito expressivos das alterações climáticas, com reflexos em uma maior intensidade e frequência dos eventos climáticos extremos, como os temporais intensos, as secas frequentes, os incêndios rurais de grande magnitude, as ondas de calor e a erosão costeira. Os riscos mais relevantes no setor elétrico refletem-se no aumento da procura de energia para arrefecimento das temperaturas, na redução do potencial hídrico e da eficiência das térmicas e das redes e, ainda, nos impactos dos eventos climáticos extremos nas infraestruturas de

geração e, sobretudo, nas redes de transmissão e distribuição.

Além disso, o risco de interrupções na oferta de energia pode atingir, em cascata e com efeitos multiplicadores muito transversais, a grande maioria dos setores econômicos e condicionam, ainda, a segurança alimentar e energética, o acesso à água, a estabilidade econômica, social e financeira e a saúde. As publicações de estudos mais recentes têm contribuído para melhorar o conhecimento sobre os riscos climáticos por parte da sociedade e das entidades públicas, facilitando, assim, a formulação de políticas de mitigação e adaptação mais consistentes e fundamentadas.

Entretanto, ainda é necessário melhorar a coordenação entre as diferentes políticas setoriais, como energia, meio-ambiente, recursos hídricos, transportes, indústrias eletrointensivas, entre outras. Deste modo, deve-se, com urgência, internalizar os riscos climáticos nas decisões de política energética em diversos níveis:

- I) No que diz respeito à segurança energética, é importante buscar a melhoria da eficiência energética, desenvolver mecanismos de flexibilidade (demand-side response e armazenamento), reforçar as interligações entre os países e consolidar as redes inteligentes;
- II) Os riscos climáticos devem ser internalizados nos diferentes instrumentos de política energética, com iniciativas de mitigação, planeamento de redes e promoção da inovação, ganhando destaque em decorrência do longo tempo de vida útil médio das infraestruturas energéticas;
- III) Valorização da equidade e da justiça social, visando o acesso a serviços energéticos eficientes e a habitações com adequado desempenho energético, assim como a mitigação da pobreza energética, que tenderá a se agravar com as alterações climáticas;
- IV) Incentivo à internalização dos riscos climáticos nas decisões de investimento das empresas de energia, com o conhecimento dos riscos climáticos e uma regulação por incentivos que estimule decisões de investimento focadas na resiliência das redes.

#### 5 - TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E O DISTRIBUIDOR DO FUTURO

As distribuidoras tradicionalmente possuem as funções de realizar a operação e manutenção da rede, considerando os objetivos de acesso às redes, segurança de abastecimento, qualidade do serviço, gestão das perdas e acesso transparente à informação, e planejar a sua expansão. Além disso, existem temas relevantes que podem ser invocados, como a segurança de abastecimento e o fato de a energia elétrica ser um bem público essencial com um peso social incontornável, nomeadamente nas seguintes dimensões:

- I) Proteção dos consumidores mais vulneráveis;
- II) Garantia do acesso universal a uma energia segura e com preços módicos;
- III) Mitigação dos impactos negativos da pobreza energética;



+20 ANOS

INOVANDO EM CONEXÕES ELÉTRICAS

KATRO

KDP

KPB

KARP

KATIL

KLOK

# A SOLUÇÃO COMPLETA EM CONEXÕES PARA REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO

## KPB

### O perfurante universal

Única solução para a conexão de cabos rígidos ou flexíveis no ramal de entrada do cliente, em qualquer configuração. Com o KPB não há mais a necessidade de se identificar o lado do conector para se realizar a conexão.

15/25/35 kV

ANEEL  
Agência Nacional de Energia Elétrica  
Ministério de Minas e Energia

enel unesp

## KARP

### Conector de Perfuração para Redes Protegidas de Média Tensão

Sem necessidade de remoção e recomposição da cobertura do condutor. Permite a conexão em linha Viva. Conector de perfuração para as tensões de 15kV, 25kV e 35kV.

## KLOK

Terminal bimetalico e reutilizável com efeito mola, para equipamentos da distribuição sem necessidade de ferramenta especial para aplicação.

## KATIL

Conexão em iluminação pública  
Conexão de luminárias utilizadas em iluminação pública à rede de distribuição de energia elétrica.

## KDP

Conexão da Rede Secundária ao Ramal de Ligação com 4 derivações - Versão Econômica  
Conexão definitiva e ponto de aterramento temporário oferecendo maior facilidade na aplicação.

## KATRO

Conexão da Rede Secundária ao Ramal de Ligação com 4 derivações  
Conexão definitiva e reutilizável mais ponto de aterramento temporário.



KRJ Ind. e Com. Ltda.

Rua Guaranésia, 811/815 - Vila Maria - CEP 02112-001  
São Paulo, SP - Brasil | Tel: +55 (11) 2971-2300



KRJ.COM.BR

IV) Mais recentemente, a consolidação da resiliência das redes face aos eventos climáticos extremos.

Destaca-se que a transição energética está relacionada a uma mudança de paradigma tecnológico e organizacional nas atividades de um operador da rede de distribuição. A título ilustrativo, mencionam-se os seguintes exemplos: a integração crescente das renováveis na produção de eletricidade, a geração distribuída, a mobilidade elétrica, a resposta da demanda e a relevância crescente do armazenamento, o que introduz maior flexibilidade no setor elétrico e aumenta a relevância dos prossumidores.

Contudo, o avanço das reformas em curso visando a aceleração da transição energética, com impacto direto e indireto nas redes de distribuição, possibilita a criação de mecanismos de flexibilidade e prestação de serviços ancilares, a promoção da digitalização das redes (roll-out dos medidores inteligentes e investimento nas redes inteligentes), o desenvolvimento de inovações regulatórias baseadas em projetos-piloto, entre outros.

Neste último caso, verificam-se atividades que saem do campo mais estrito das atribuições das distribuidoras, porém estas podem desenvolver iniciativas vistas como de interesse público, já que permitem superar uma falha de mercado, ou seja, situações em que não exista oferta de agentes privados ou, mesmo que esta exista, atividades que possam apresentar um mercado insuficientemente competitivo.

O peso crescente da energia injetada nas redes de distribuição (renováveis, cogeração e geração distribuída) origina a inversão dos fluxos, o que torna mais exigente a operação, além de um reforço da cooperação entre as distribuidoras e as transmissoras.

## 6. SEGURANÇA CIBERNÉTICA

As tendências recentes de desenvolvimento do setor elétrico, muito marcadas pela transição energética e pela descarbonização da economia, indicam que a segurança cibernética será uma dimensão crítica com relevância crescente nas próximas décadas. O desenvolvimento das redes e da contagem inteligente, a importância crescente da produção descentralizada e da geração distribuída, a difusão da mobilidade elétrica na prestação de serviços de sistema e a valorização da gestão flexível da demanda irão contribuir para o avanço da digitalização e da automação do setor elétrico, que tenderão a se acentuar com a emergência das comunicações 5G.

O aparecimento de novos agentes, como, por exemplo, as comunidades de energia, os agregadores, os prestadores de serviços de flexibilidade e os prossumidores, contribui para um aumento expressivo no número de participantes no mercado, muitos deles sem competências especializadas na cibersegurança ou na certificação dos equipamentos e dos sistemas de informação.

Finalmente, a evidência empírica sugere que os ataques cibernéticos no setor elétrico são cada vez mais frequentes e causam

danos mais expressivos, o que é uma consequência incontornável da digitalização. Naturalmente, os ataques cibernéticos não põem em causa a tendência pesada de longo prazo, mas indicam a necessidade de atuações adequadas que minimizem os riscos relacionados.

## CONCLUSÕES

A dinâmica de desenvolvimento futura do setor elétrico será, certamente, muito influenciada pela transição energética, que envolve os seguintes vetores:

- I) A inovação organizacional decorrente do processo de liberalização do setor elétrico, com início nos 1990 e que alterou completamente o quadro de incentivos e desenhos de mercado do funcionamento do setor;
- II) As preocupações com a sustentabilidade ambiental e, especialmente, com os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub> nas alterações climáticas;
- III) A integração das novas fontes renováveis no sistema elétrico, visando a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, acabou por se refletir em mudanças profundas no funcionamento elétrico, com a descentralização, a flexibilização da demanda e a digitalização intensiva do setor;
- IV) As inovações tecnológica, organizacional e regulatória, com reflexos ao longo de todos os segmentos da cadeia de valor, foram absolutamente instrumentais para viabilizar a transição energética.

Em um modelo de mercado liberalizado, como o do setor elétrico, as decisões dos consumidores e dos agentes do mercado dependem da consistência e do alinhamento dos sinais econômicos que são transmitidos nos vários segmentos da cadeia de valor. A regulação setorial, os operadores das redes e os gestores de sistema são centrais na definição dos sinais econômicos aos quais o mercado e os consumidores são expostos. Portanto, deve-se empregar metodologias de regulação que induzam comportamentos adequados no sentido da concretização dos objetivos da política energética.

Além disso, os desenhos do mercado elétrico e dos instrumentos e mecanismos de regulação devem ser aprimorados ao longo do processo, de modo a proporcionar um ambiente favorável à concretização do investimento e à incorporação de novas tecnologias e inovação, além de incentivar o envolvimento dos consumidores no centro das decisões, assegurando a sustentabilidade econômica e ambiental do setor energético e afirmando a concorrência no funcionamento dos mercados, sempre considerando a busca pela modicidade tarifária.

---

\*Vitor Santos é Professor Catedrático do ISEG- Instituto Superior de Economia e Gestão – da Universidade de Lisboa



Olá, eu sou o

**Cobe,**

seu assistente  
de confiança

Integrado com o **ChatGPT**, o representante virtual da Cobrecom, o **COBE**, vem com tudo para tirar todas as suas dúvidas, seja você eletricista, lojista ou consumidor.

## Fale com o COBE via texto ou áudio no WhatsApp!



Atendimento ao cliente



Conteúdos técnicos: aplicação de produtos, indicação de produtos de acordo com a instalação e dúvidas técnicas



Avaliação de atendimentos



FAQ/dúvidas frequentes



Materiais de marketing: livros, tabela do eletricista e catálogos



Rastreamento de pedidos



Boletos: 1ª via e verificação da autenticidade



Busca e indicação de representantes por localização

## Tudo isso e muito mais!

**cobrecom**



Escaneie  
o QR Code  
e fale com ele!



@cobrecom