

GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico
UFRJ

A resiliência das redes de distribuição de energia elétrica na Europa

Vitor Santos
Nivalde de Castro

TDSE

**Texto de Discussão do Setor Elétrico
Nº 138**

**Abril de 2025
Rio de Janeiro**



TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico N° 138

Estratégias para Resiliência das redes de distribuição de energia elétrica na Europa

Vitor Santos
Nivalde de Castro

ISBN: 978-85-7197-026-7

Abril de 2025

Índice

Introdução	3
1. Eventos climáticos extremos na Europa.....	5
2. A articulação entre as políticas de mitigação e adaptação	10
3. Os eventos climáticos extremos e as especificidades das redes de distribuição de energia elétrica	15
3.1. Os eventos climáticos extremos e as redes de distribuição no contexto da transição energética	15
3.2. Tipologia e definição dos indicadores de impacto nas redes de distribuição	18
3.3. Redes subterrâneas.....	22
3.4. Poda da vegetação	24
3.5. Planeamento de redes e resiliência energética	24
4. Mudanças no quadro das políticas públicas e na regulação europeia suscitadas pela emergência climática.....	26
5. Itália: inovações regulatórias para resiliência das redes elétricas	29
Conclusões e recomendações	34
Bibliografia.....	37

Estratégias para Resiliência das redes de distribuição de energia elétrica na Europa

Vitor Santos¹
Nivalde de Castro²

Introdução

O processo de liberalização do mercado de energia elétrica conduziu à imposição de regras de eficiência muito restritivas às redes de elétricas, que incentivaram as concessionárias distribuidoras à maior eficiência operacional e gerencial, reduzindo custos, mas abrindo possibilidade de risco em relação à redução da qualidade de serviço.

A maior aposta na confiabilidade das redes suscitou a necessidade de corrigir essa distorção, estabelecendo uma regulação por incentivos com base em indicadores de qualidade de serviço do tipo "*cap and floor*". Segundo este tipo de regulação, as distribuidoras eram, de forma simétrica, penalizadas ou premiadas em função do seu desempenho, adotando-se assim a lógica da regulação por incentivos. Os indicadores de referência utilizados passaram a ser a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC).

A confiabilidade e a resiliência dos serviços são conceitos relacionados, mas possuem significados distintos que estão focados em diferentes aspectos do desempenho da rede. A confiabilidade da rede refere-se à capacidade de fornecer energia elétrica de forma contínua e estável sem interrupções ou falhas. Já a resiliência reflete a capacidade para resistir, absorver, recuperar e se adaptar a eventos adversos, como os eventos climáticos extremos (ECEx).

O atual contexto da transição energética indica que é necessário assegurar, simultaneamente, a confiabilidade e a resiliência das redes, em consequência de duas tendências pesadas que têm vindo a se consolidar recentemente:

- i. As expressivas e sentidas alterações climáticas, com maior intensidade e frequência dos ECEx, que geram impactos sistémicos com efeitos multiplicadores em cascata muito transversais; e

¹ Professor Catedrático do ISEG- Instituto Superior de Economia e Gestão – da Universidade de Lisboa

² Professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico

- ii. A eletrificação crescente implica que os riscos das interrupções na oferta de energia podem atingir em cascata todos os setores econômicos e, ainda, o acesso à água, à saúde e ao bem-estar.

A prioridade à resiliência das redes está relacionada a um novo paradigma climático que, do ponto de vista macro, procura articular a mitigação aos impactos do aquecimento global e, do ponto de vista micro, visa estabelecer um novo modelo de regulação, com duas necessidades centrais:

- i. A definição de indicadores para os ECEx de grande impacto para avaliar a responsabilidade das distribuidoras de forma objetiva e imparcial; e
- ii. Inovações regulatórias para estabelecer e consolidar a resiliência dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

As experiências internacionais são sempre muito relevantes na inovação regulatória e, por isso, serão apresentados alguns exemplos dos países membros da União Europeia em relação à resiliência das redes de transmissão e distribuição. Estas experiências são de extrema importância para o setor elétrico brasileiro (SEB), por já ter um histórico qualificado e experiências que apresentam resultados passíveis de avaliação e comparação. Merece ser destacado esta relevância em função dos ECEx que atingiram a área de concessão da região de São Paulo, sob a responsabilidade do Grupo Enel, que está sendo muito criticada, sem considerar o descompasso entre o marco regulatório de contratos firmados há 30 anos e a crise climática.

Nestes termos, o objetivo de elaborar e publicar este estudo sobre as políticas públicas e inovações regulatórias sobre resiliência das redes elétricas é contribuir com o processo em curso de construção de inovações regulatórios de resiliência para o SEB.

A presente análise desenvolve-se em cinco capítulos, além desta introdução e das conclusões. No Capítulo 1, uma breve caracterização dos ECEx na Europa é realizada. No Capítulo 2, estabelece-se a distinção entre políticas de mitigação e adaptação, com a exploração das relações de complementaridade entre estas duas dimensões de intervenção pública. No Capítulo 3, são analisados os ECEx, considerando as especificidades das redes de distribuição de energia elétrica. No Capítulo 4, uma perspectiva sintética sobre o modelo de governança e as políticas públicas decorrentes dos ECEx no âmbito da União Europeia são apresentadas. No Capítulo 5, é realizada uma descrição das inovações regulatórias que têm sido desenvolvidas pelo regulador italiano do setor elétrico. Finalmente, são apresentadas as conclusões e recomendações.

1. Eventos climáticos extremos na Europa

O ritmo de crescimento dos níveis de emissão de CO₂ teve um incremento expressivo a partir da 2^a Guerra Mundial, impulsionado inicialmente pelos chamados 30 Gloriosos Anos de Crescimento, entre 1945 e 1975. Após a virada do milénio, o ritmo de crescimento do consumo de energia, induzido pelo desenvolvimento económico dos países emergentes, se refletiu em um acentuado incremento dos níveis de emissão de CO₂.

Essa tendência pesada suscitou as reações dos movimentos ambientalistas perante uma certa inércia e insensibilidade do Poder Público e em particular do setor elétrico. Porém, ao longo do tempo, e face às crescentes evidências científicas de que o aumento das emissões de CO₂ tem um impacto inquestionável nas alterações climáticas, foi sendo criado um amplo consenso sobre a necessidade de reduzir o nível de emissões de CO₂.

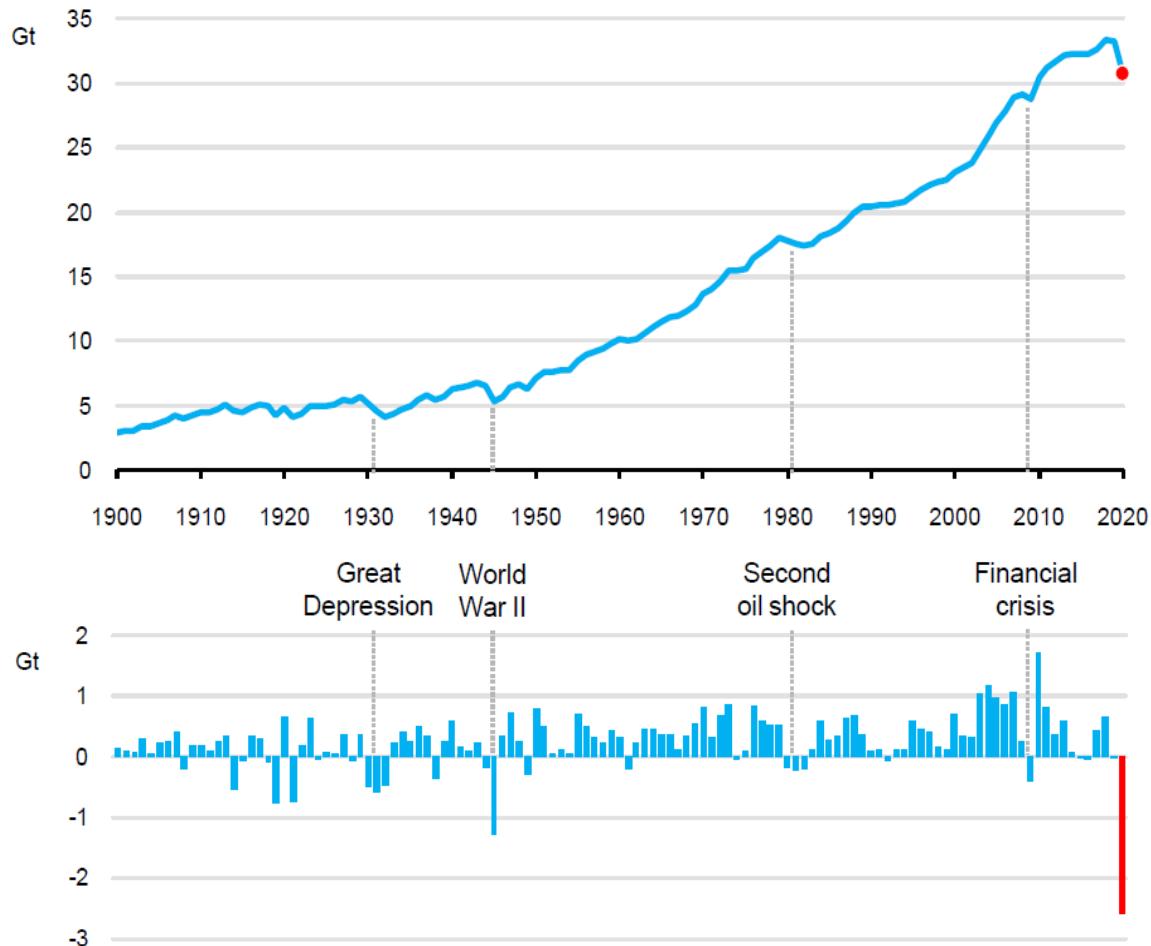
Neste sentido, o Acordo de Paris de 2015 objetivou alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabeleceu, como um dos seus objetivos de longo prazo, o limite do aumento da temperatura média global a níveis abaixo dos 2 °C acima dos níveis pré-industriais. Este acordo determinou ainda que se realizem 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. Em linha com essa perspectiva, a neutralidade carbônica em 2050, estabelecida como meta no Pacto Ecológico Europeu, reúne hoje um amplo consenso e termos globais.

O nível de emissões de CO₂ relacionados com a energia tem mantido uma tendência de crescimento desde o início do Século XX, exibindo apenas decréscimos conjunturais durante a Grande Depressão, a 2^a Guerra Mundial, os Choques Petrolíferos dos anos 1970, a Crise Económica e Financeira de 2007-2009 e, mais recentemente, a pandemia da Covid-19³ (ver Figura 1). As emissões de CO₂ registaram, em termos globais, uma taxa de crescimento média anual de 1,5% entre 2009 e 2019, apesar da inequívoca evidência científica de que possuem um impacto expressivo sobre o aquecimento global.

³ Deve-se sublinhar que, embora o nível de emissões de CO₂ tenha decrescido de 33,4 GtCO₂, em 2019, para 31,5 GtCO₂, em 2020, de acordo com as previsões do Global Energy Review 2021, o nível de emissões de CO₂ poderá ter um acréscimo de 4,8% em 2021, ascendendo a 33 Gt CO₂.

Figura 1

Global energy-related CO₂ emissions and annual change, 1900-2020



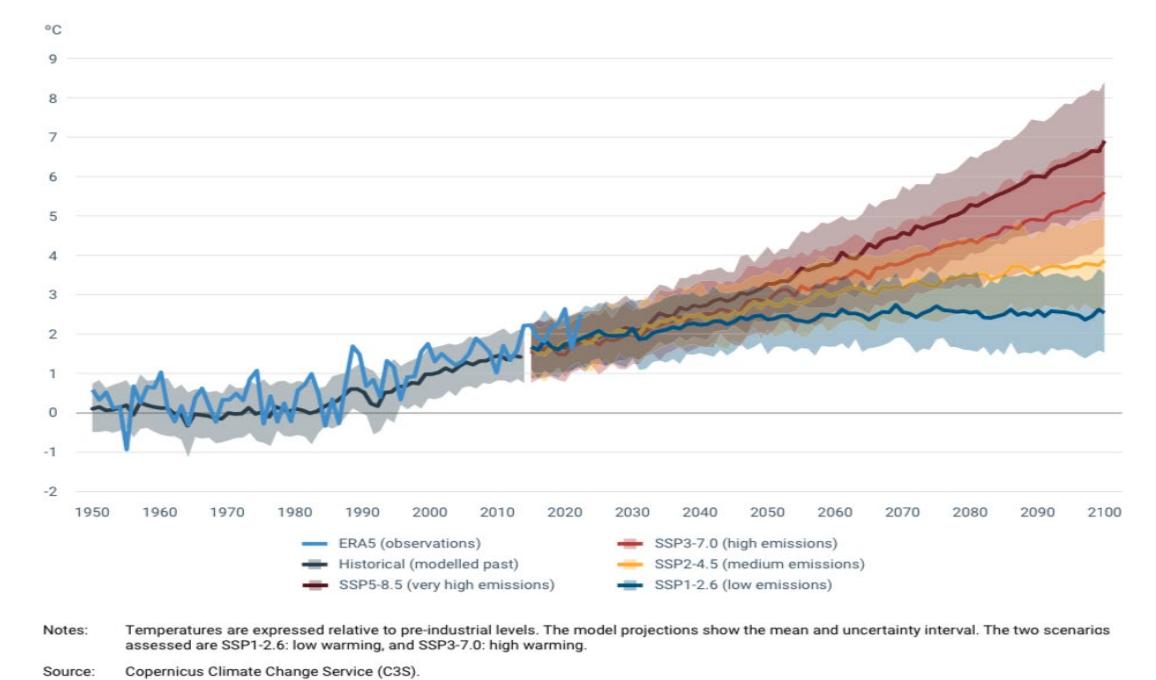
Fonte: IEA (2020).

Os modelos climáticos globais permitem simular a trajetória das emissões de CO₂ e estimar os seus impactos, em diferentes cenários, nas principais variáveis climáticas, como a temperatura, a pressão atmosférica, a humidade, a precipitação, a velocidade do vento e as radiações solares. Com base na evolução dessas variáveis primárias, os modelos climáticos permitem, ainda, analisar os seus impactos em secas, incêndios, afluências hídricas nas bacias hidrográficas, erosão costeira, entre outros.

Na Figura 2, apresentam-se os aumentos da temperatura observados e projetados até 2100 na Europa, considerando vários cenários alternativos. Nota-se que os incrementos de temperatura são expressos em relação aos níveis pré-industriais no período anterior a 1850.

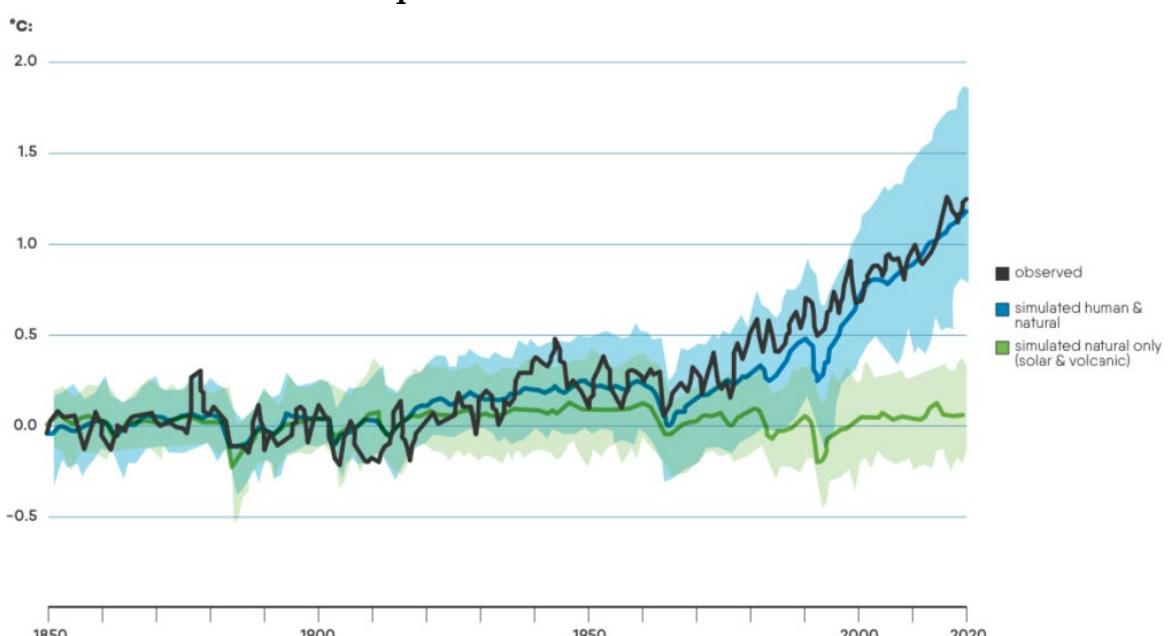
Por sua vez, a Figura 3 distingue as variações da temperatura resultantes de todos os fatores (humanos e naturais) daquelas que são causadas apenas pelos fatores naturais, deixando bem claro que os atuais incrementos de temperatura se devem, quase exclusivamente, aos fatores humanos.

Figura 2 - Evolução (observada e projetada) da temperatura na Europa entre 1950 - 2100



Fonte: EEA (2024).

Figura 3 - Variações nas temperaturas globais determinadas por todos os fatores e as que resultam de fatores naturais

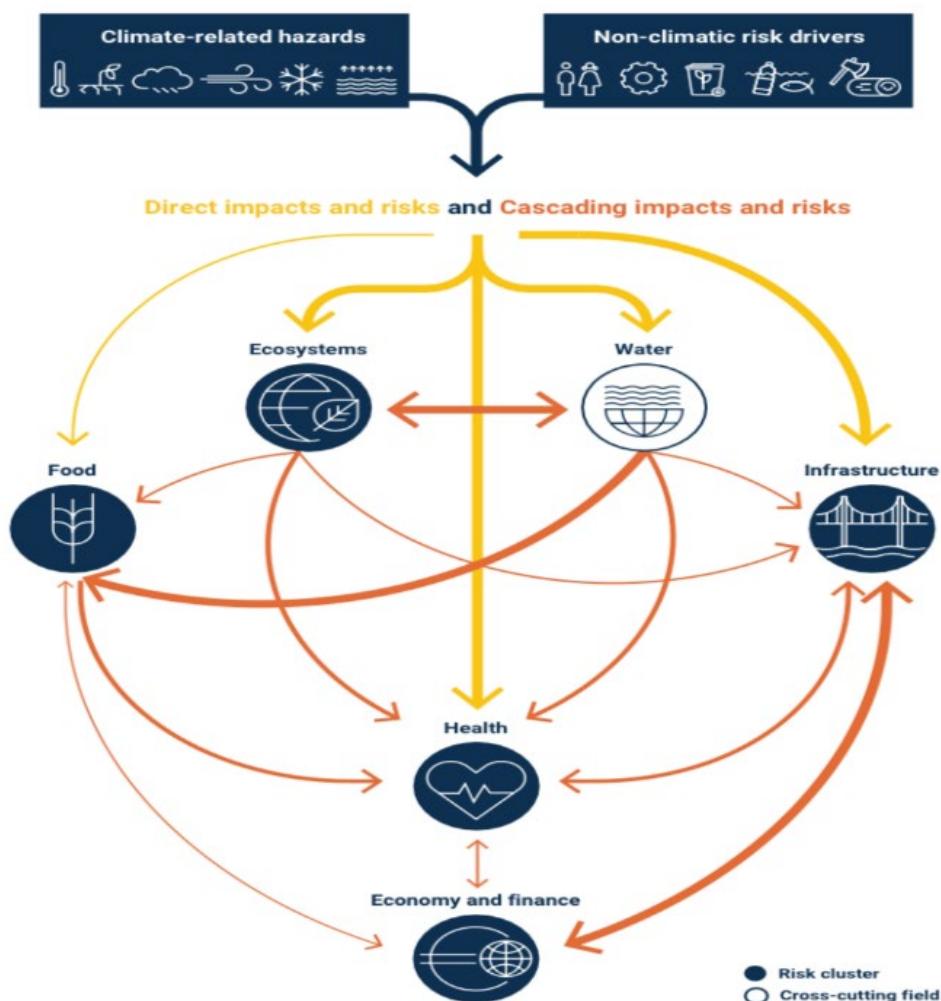


Fonte: IPPC (2024).

Os ECEx, na Europa, têm aumentado em intensidade e se tornando, cada vez mais, fenômenos frequentes. Em 2021, na Alemanha, os níveis de precipitação extrema e inundações provocaram danos superiores a € 54 bilhões e causaram 200 mortes. Em 2023, na Eslovênia, os danos superaram 16% do PIB. Recentemente, chuvas torrenciais em Valência (Espanha) tiveram como consequência mais de 200 mortos e centenas de desaparecidos. Ademais, na Europa, por conta dos recordes de temperatura, em 2022, estimam-se que causaram entre 60.000 e 70.000 mortes prematuras (EEA, 2024).

Na Figura 4, é apresentada uma análise sistemica da *European Environment Agency* (EEA) que permite compreender as ligações entre os fatores de risco e os grupos de risco climáticos avaliados: ecossistemas, água, alimentação, infraestruturas, saúde, economia e finanças.

Figura 4 - Ligações entre os fatores de risco e os grupos de riscos climáticos avaliados



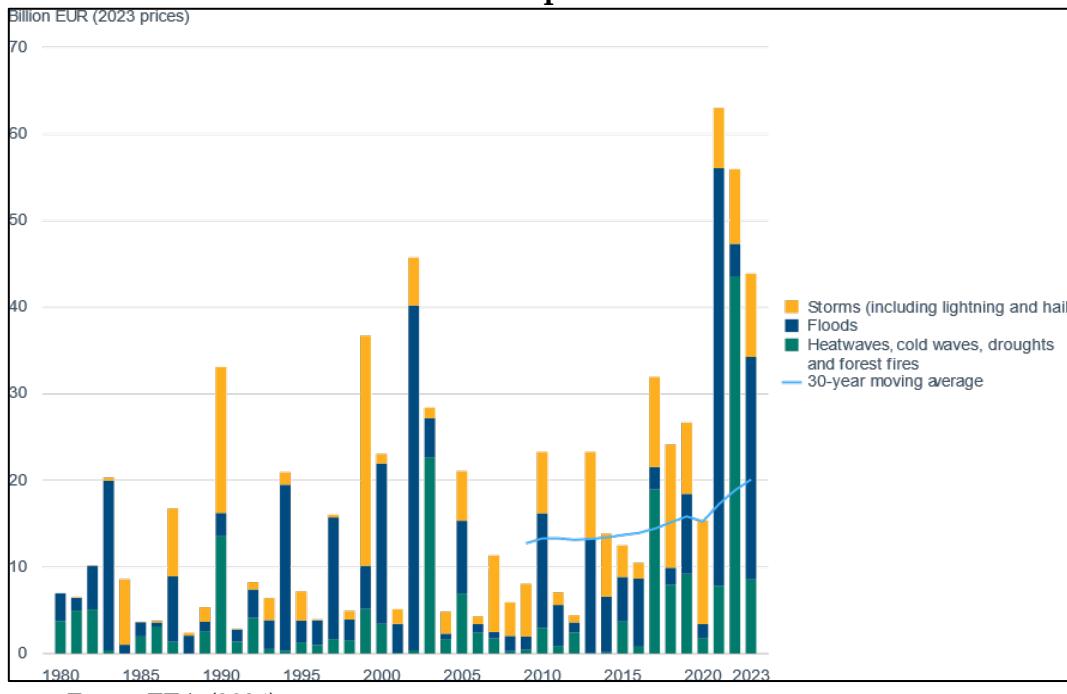
Note: The figure illustrates the interconnections and risk transmission pathways from key climate-related hazards and selected non-climatic risk drivers (on top) via the main climate impacts for five clusters of interrelated risks and the cross-cutting field 'Water'.

Source: EEA.

Fonte: EEA (2024)

Em outra direção, a Figura 5 procura demonstrar que os impactos econômicos negativos das alterações climáticas estão aumentando ao longo dos anos.

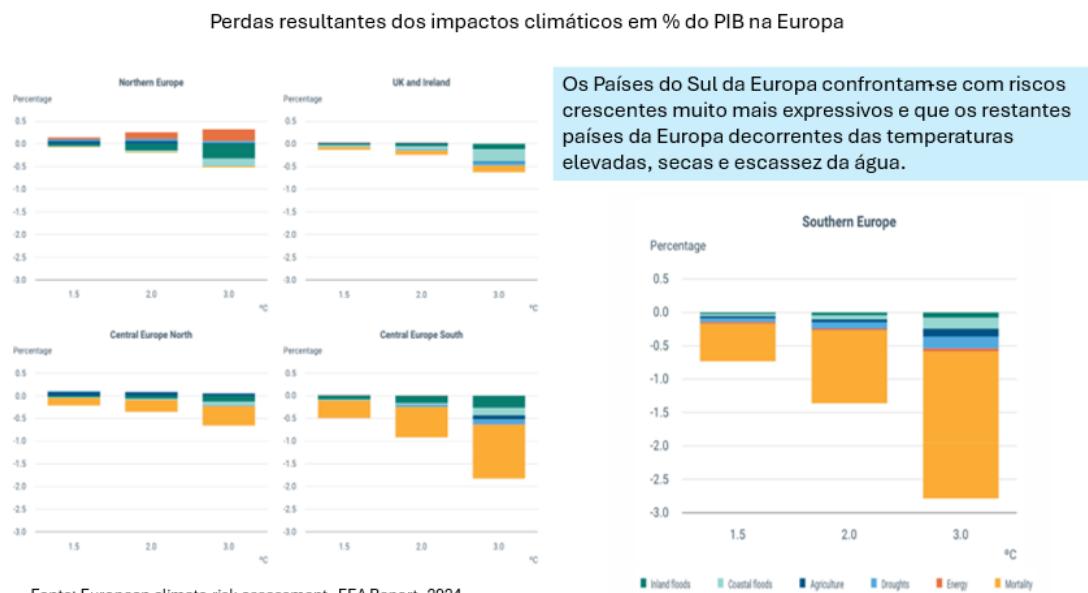
Figura 5 – Perdas econômicas resultantes dos desastres naturais na União Europeia



Fonte: EEA (2024).

A Figura 6 evidencia que existem assimetrias regionais nos impactos das alterações climáticas. Os países do sul da Europa confrontam-se com riscos crescentes muito mais expressivos decorrentes das temperaturas elevadas, secas e escassez da água do que o restante dos países da União Europeia.

Figura 6 - Impactos climáticos assimétricos nas diferentes regiões da Europa



Fonte: EEA (2024)

2. A articulação entre as políticas de mitigação e adaptação

A emergência dos riscos climáticos suscitou, como será desenvolvido no Capítulo 4, a necessidade de mudanças muito expressivas no quadro das políticas públicas, com reflexos relevantes na sua formulação no âmbito da União Europeia, com destaque para as seguintes ações:

- i. Definição de instrumentos de política pública harmonizados, com iniciativas de mitigação (Planos Nacionais de Energia e Clima 2030 na União Europeia) e de adaptação (Estratégia Nacional e Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas). Esses instrumentos de âmbito nacional foram complementados por instrumentos de ação climática da União Europeia.
- ii. Melhoria do conhecimento sobre os riscos climáticos, através de estudos desenvolvidos pela União Europeia e pelos Estados Membros que permitiram aprofundar a informação sobre os riscos climáticos e serviram de base para as políticas de mitigação e adaptação. Um exemplo é o “*European climate risk assessment*”, publicado pela EEA em março de 2024.
- iii. Aprofundamento das políticas de mitigação e, sobretudo, de adaptação, uma vez que a preparação da sociedade e a sua percepção dos riscos, bem como a promoção de políticas, continuam aquém do desejável. Portanto, deve-se privilegiar a coordenação entre as iniciativas da União Europeia e dos Estados Membros.
- iv. Aprimoramento da coordenação entre as diferentes políticas setoriais, como energia, ambiente, recursos hídricos, transportes, indústrias eletrointensivas e outras.

Antes de se analisar, de forma mais detalhada, as grandes orientações da política climática na União Europeia no Capítulo 4, deve ser realizada uma breve incursão no quadro conceitual e metodológico referente à integração da resiliência nas políticas públicas e na regulação setorial em escala global.

O Relatório “*Climate Resilience*”, da International Energy Agency (IEA), indica que, por cada US\$ 1 investido na resiliência climática na infraestrutura ao longo da cadeia de valor do sistema elétrico, são poupanças US\$ 6 nos custos intertemporais do setor elétrico. Isso significa que uma boa articulação entre as iniciativas de mitigação e adaptação pode se transformar em benefícios líquidos em termos de bem-estar, conforme síntese expressa no Quadro 1.

Quadro 1 -Relação de complementaridade entre mitigação e adaptação

	Mitigação	Adaptação
Objetivo	Redução da extensão das mudanças climáticas com reflexos na redução dos custos de adaptação.	Redução do impacto da mudança mesmo que as iniciativas de mitigação sejam eficazes.
Dimensão temporal	Efeitos a longo prazo	Efeitos a curto/médio prazo
Âmbito territorial	Efeitos globais	Efeitos locais
Modelo de governance	Autoridades nacionais com negociações internacionais.	Autoridades locais.

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que as alterações climáticas têm efeitos sistémicos ao longo de toda a cadeia de valor do sistema elétrico, com destaque para os seguintes impactos:

- i. Aumento da procura de energia para arrefecimento (ou aquecimento);
- ii. Redução do potencial hídrico;
- iii. Redução da eficiência das usinas térmicas e das redes elétricas; e
- iv. Impactos dos ECEx nas infraestruturas de rede.

Um tema de grande relevância é a internalização dos riscos climáticos nas decisões de política energética, tendo em vista as questões abaixo.

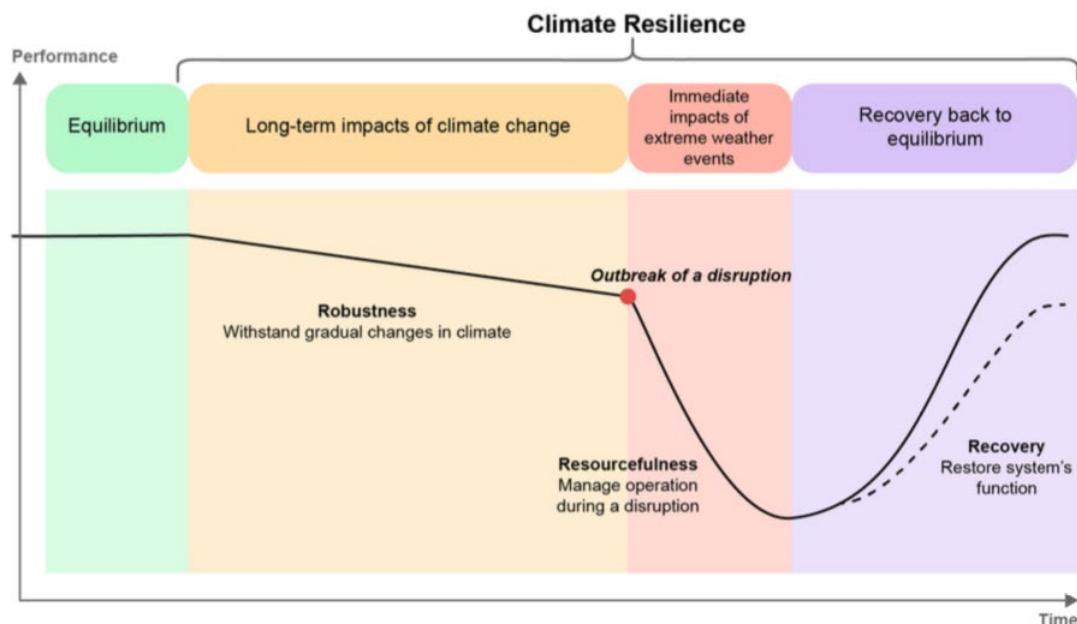
- i. Foco na segurança energética: melhoria da eficiência energética, aposta nos mecanismos de flexibilidade (resposta da demanda e armazenamento), reforço das interligações entre os países da União Europeia, assim como reforço e consolidação das redes inteligentes.
- ii. Internalização dos riscos climáticos nos diferentes instrumentos de política energética: iniciativas de mitigação, planeamento de redes e promoção da inovação, ganhando relevância devido ao longo tempo de vida útil médio das infraestruturas energéticas.

- iii. Valorização da equidade e da justiça social: acesso a serviços energéticos eficientes, habitações com adequado desempenho energético e mitigação da pobreza energética.
- iv. Incentivo à internalização dos riscos climáticos nas decisões de investimento das empresas de energia: conhecimento dos riscos climáticos e uma regulação por incentivos que estimule decisões de investimento focadas na resiliência das redes.
- v. Avaliação *ex ante* das políticas: as decisões devem ser tomadas com base em uma análise custo eficácia, tendo em vista que os objetivos devem ser concretizados com eficácia, mas a custos mínimos, e, sempre que possível, utilizando mecanismos de mercado.

Como já mencionado, a resiliência climática é a capacidade de antecipar, absorver, acomodar e se recuperar de impactos climáticos adversos (IEA, 2021). O quadro conceitual para a resiliência climática está relacionado a três dimensões críticas (IEA, 2021), sintetizado na Figura 7:

- i. Robustez, que é a capacidade de um sistema de energia de suportar mudanças graduais e de longo prazo nos padrões climáticos e continuar operando;
- ii. Flexibilidade, sendo a capacidade de continuar a operação quando ocorrem ECEx; e
- iii. Recuperação, entendida como a capacidade para continuar a operação face a ECEx.

Figura 7 - Quadro conceitual para a resiliência climática



Fonte: IEA (2021).

Os benefícios da resiliência climática e os custos dos ECEx tendem a distribuir-se de forma desigual ao longo da cadeia de valor do setor elétrico. Neste contexto, coloca-se a questão de saber de que modo devem ser atribuídos os benefícios da resiliência e os custos dos ECEx.

Os operadores das redes de distribuição têm, por inerência das suas funções, a responsabilidade e até o interesse em gerir de forma eficiente os seus ativos para proporcionarem aos consumidores serviços adequados. Contudo, existem falhas de mercado que podem impedir estas empresas concessionárias a adotarem medidas adequadas de resiliência (IEA, 2021), com destaque para três situações, explicitadas a seguir.

- i. Enquanto os benefícios dos investimentos em resiliência podem ter um período longo de maturação até serem percebidos pelos consumidores, seus custos devem ser assumidos no curto prazo;
- ii. Nos casos de interrupções de fornecimento em razão de ECEx, as concessionárias de distribuição apenas internalizam uma parcela das externalidades que impactam os consumidores; e
- iii. A circunstância da atividade de distribuição se desenvolve em um contexto de monopólio natural conduz a estas empresas concessionárias, face à ausência de concorrência, não tenham incentivos em investir em níveis adequados que assegurem a resiliência climática.

Esse conjunto de circunstâncias justificam que as agências reguladoras e outras entidades públicas tenham de desenvolver iniciativas visando a superação das falhas de mercado. Frente a essa situação, o relatório “*Climate Resilience*”, publicado pela IEA, propõe uma aplicação, passo a passo, de medidas para melhorar a resiliência climática dos sistemas elétricos, que consiste em seis etapas (IEA, 2021):

i. “Avaliar os riscos e impactos das alterações climáticas

Uma avaliação abrangente dos riscos e impactos climáticos proporciona uma base científica sólida para o desenvolvimento de estratégias e planos para a resiliência climática.

ii. Integrar a resiliência climática como um elemento central dos planos e regulamentos energéticos e climáticos

A integração da resiliência climática nas estratégias e planos nacionais envia um sinal forte aos serviços públicos e aos investidores para construírem um sistema elétrico resiliente às alterações climáticas.

No entanto, o atual nível de compromisso e progresso varia consideravelmente entre países. Apenas 24% dos países membros da IEA desenvolveram planos concretos para a resiliência climática de todos os seus sistemas eléctricos no âmbito de estratégias nacionais de adaptação.

iii. Identificar medidas de resiliência com boa relação custo-eficácia

Os planos e orientações para aumentar a resiliência às alterações climáticas podem ajudar os serviços públicos a identificar as medidas com melhor relação custo-eficácia na fase de planeamento. Incentivam as empresas de serviços públicos a considerar todas as medidas de resiliência disponíveis ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo e a estimar a sua relação custo-eficácia com base na estimativa de sinergias com outros objetivos empresariais e compromissos.

iv. Criar incentivos apropriados para os serviços públicos

Embora os serviços públicos tenham um interesse direto em proteger os seus ativos contra os efeitos adversos das alterações climáticas, os incentivos apropriados podem encorajar o investimento atempado em sistemas eléctricos resilientes. Um mecanismo de incentivo, como a fixação de tarifas com base no desempenho, catalisa o investimento em sistemas eléctricos resilientes.

v. Implementar medidas de resiliência

O reforço do sistema físico, a operação avançada do sistema, uma melhor coordenação dos esforços de recuperação e o reforço de capacidades aumentam a resiliência climática dos sistemas eléctricos.

vi. Avaliar a eficácia e ajustar as medidas de resiliência

Ajustar as medidas de resiliência com base em um sistema de avaliação e consulta das partes interessadas permite a melhoria constante das iniciativas adotadas”.

3. Os eventos climáticos extremos e as especificidades das redes de distribuição de energia elétrica

Neste capítulo, busca-se sistematizar um conjunto de temas relacionados com os efeitos dos ECEx frente às especificidades das redes de distribuição.

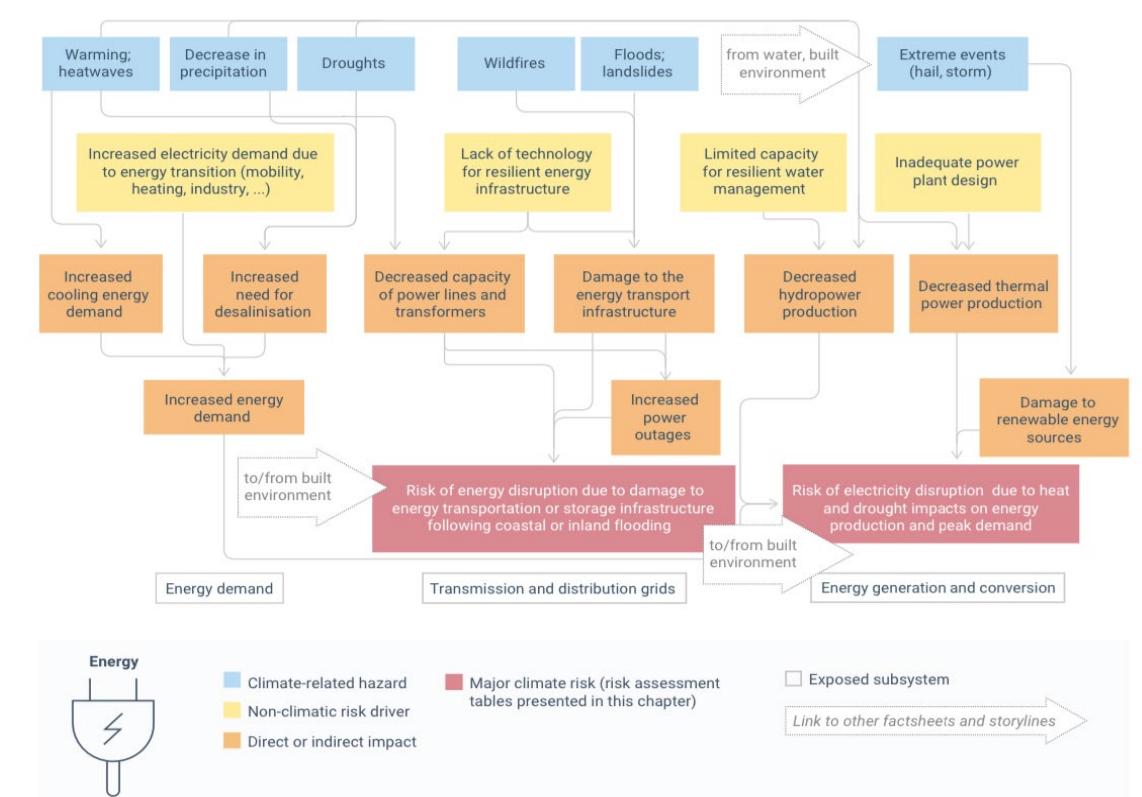
3.1. Os eventos climáticos extremos e as redes de distribuição no contexto da transição energética

Os ECEx podem ter efeitos não só nas redes de transmissão e distribuição, mas também nas infraestruturas de geração (especialmente nas fontes renováveis), nas infraestruturas de armazenamento, entre outras (ver Figura 8). A intermitência das fontes renováveis e a geração descentralizada colocam desafios adicionais diante dos ECEx.

Os ECEx tornam necessária uma ampla mobilização de recursos, como por exemplo, o acionamento de geradores de emergência para consumos prioritários ou críticos, que pode se beneficiar em muito da cooperação das distribuidoras das áreas de concessão contíguas à região onde ocorrem os ECEx.

Assim, os planos de contingência devem considerar e valorizar a cooperação entre os diferentes agentes da cadeia de valor do setor elétrico.

Figura 8 - Avaliação dos riscos climáticos no setor elétrico



Fonte: EEA (2024)

O futuro da distribuição de energia elétrica será muito marcado pela transição energética e pelas novas tendências relacionadas com os comportamentos sociais e econômicos conforme indicado pela Figura 9. Entre estas novas tendências merecem ser destacadas as seguintes:

- i. Foco na resiliência e na confiabilidade, em um contexto marcado pelo aumento dos ECEx, por ameaças cibernéticas e pelo crescimento da dependência da eletricidade transversal em toda a economia e sociedade;
- ii. Crescimento da demanda de energia elétrica, em um contexto de integração crescente das fontes renováveis e de novos desafios para a segurança energética; e
- iii. A descentralização da produção e o empoderamento do consumidor irão tornar ainda mais desafiador o papel das distribuidoras.

Figura 9 – As novas prioridades da distribuição em frente à transição energética



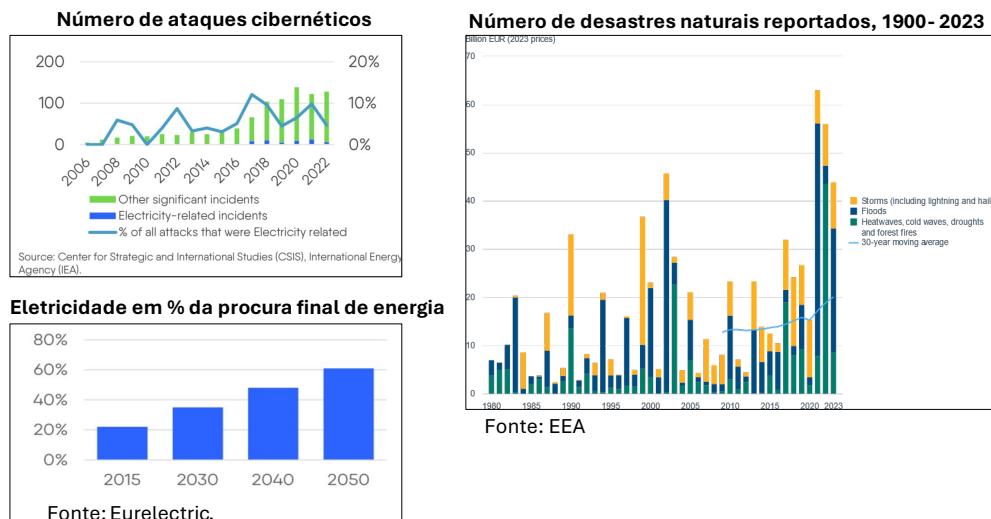
Fonte: EY e Eurelectric (2024).

O peso da eletricidade na procura final de energia deve passar, na Europa, de 15% em 2015 para 60% em 2050. Este aumento significa que os impactos dos ECEx do segmento da distribuição de energia elétrica sobre a economia poderão quaduplicar na sua expressividade (ver Figura 10).

A difusão das fontes renováveis na União Europeia também deve aumentar, passando de 50% em 2020 para 84% em 2050, com cerca de 70% ligada à rede de distribuição (ver Figura 11). Ademais, os desafios relacionados à segurança energética decorrentes dessa situação serão amplificados em razão dos impactos dos ECEx.

Figura 10 - Resiliência e confiabilidade das redes de distribuição

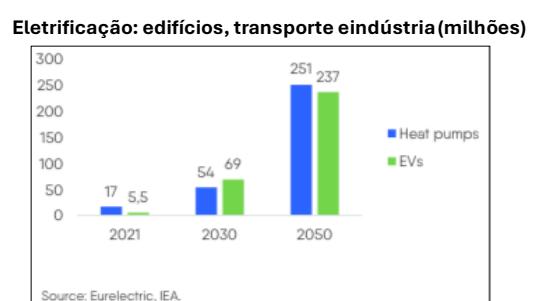
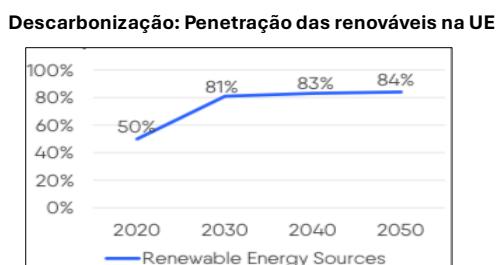
Resiliência e Confiabilidade



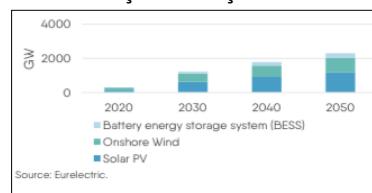
Fonte: Eurelectric (2022).

Figura 11 - Eletrificação crescente e a descentralização da produção

Crescimento da procura de eletricidade



Descentralização: Geração distribuída na UE



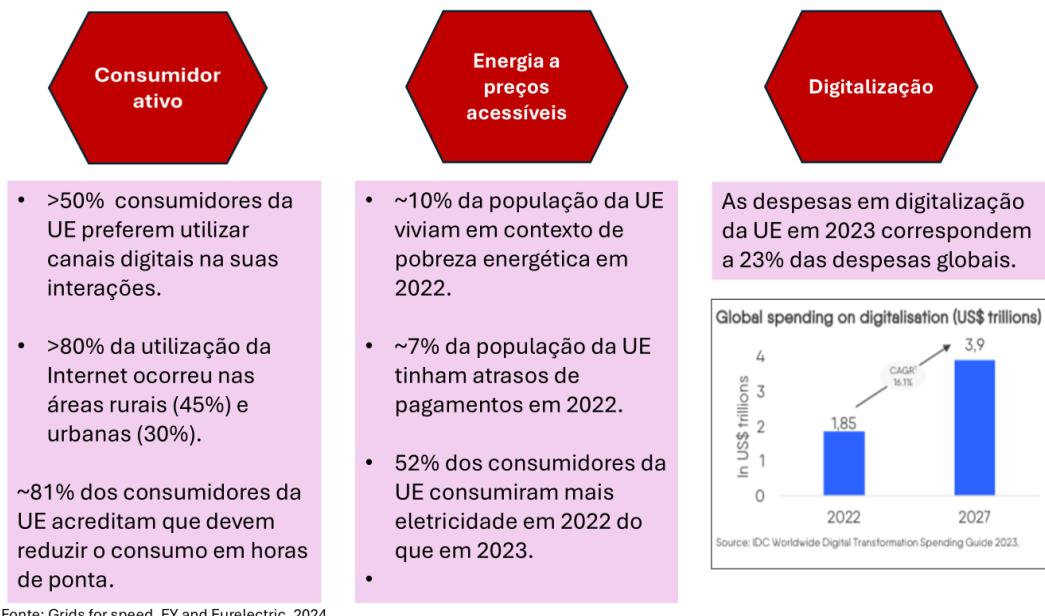
Cerca de 70% da geração renovável será ligada à rede de distribuição.

Fonte: Eurelectric (2022).

Destaca-se que os desafios para a distribuição decorrentes da geração distribuída e do papel mais ativo dos consumidores (ver Figura 12), acumulando as funções de consumo, produção e armazenamento, também serão amplificados pela cada vez maior intensidade e frequência dos ECEx.

Figura 12 – Empoderamento do consumidor

Empoderamento do consumidor



Fonte: Grids for speed, EY and Eurelectric, 2024

Fonte: Eurelectric (2022).

Em suma, vive-se em um contexto em que é necessário assegurar, simultaneamente, a confiabilidade e a resiliência das redes, em consequência de duas tendências consistentes e complexas que se consolidaram recentemente:

- i. Impactos muito expressivos das alterações climáticas, com maior intensidade e frequência dos ECEx, que geram impactos sistêmicos com efeitos multiplicadores em cascata muito transversais; e
- ii. A eletrificação crescente implica que os riscos das interrupções na oferta de energia podem atingir em cascata todos os setores econômicos e, ainda, o acesso à água, à saúde e ao bem-estar.

3.2. Tipologia e definição dos indicadores de impacto nas redes de distribuição

A inclusão dos ECEx nos Regulamentos da Qualidade de Serviço (RQS) teve uma evolução semelhante nos vários países da União Europeia, devido ao trabalho de cooperação muito intensivo existente entre os reguladores europeus.

Durante muitos anos, os operadores das redes de transmissão e distribuição europeus, perante eventos de impacto muito expressivo, recorreram, naturalmente, à isenção de responsabilidade das compensações devidas aos consumidores, utilizando o conceito jurídico de “força maior”. Esse conceito não é específico do setor elétrico e, pelo contrário, se aplica transversalmente a todas as atividades que sejam sujeitas a impactos.

Havia uma tendência compreensível, da parte das concessionárias de distribuição, para invocarem, de forma generalizada, a força maior, mesmo quando tal opção não era aplicável. De modo a minimizar a utilização indevida da força maior, a ERSE (regulador da energia português) estabeleceu, no RQS, que a invocação dos casos fortuitos ou de força maior só era aplicável quando os eventos reuniam *“simultaneamente as condições de exterioridade, imprevisibilidade e irresistibilidade face às boas práticas ou às regras técnicas aplicáveis e obrigatórias”*. Essa iniciativa da ERSE acompanhou uma tendência europeia que visava delimitar as situações em que o conceito de força maior era aplicável ao setor elétrico.

A natureza abstrata e transversal da “força maior” suscitou um debate jurídico e, devido à sua falta de adaptação às especificidades do setor elétrico, não permitiu estabelecer bases sólidas e consistentes que possibilissem isentar de responsabilidade, com objetividade, as distribuidoras (operadores de rede elétrica), quando tal fazia todo o sentido. Por isso, o conceito de “evento excepcional” tem sido adotado por todos os reguladores europeus, embora com diferenciações entre os diversos países que exigem um esforço adicional de harmonização. Na avaliação dos eventos excepcionais, podem ser utilizados métodos estatísticos ou outros critérios, tais como o número de consumidores que são afetados pelas interrupções de fornecimento ou a duração dessas interrupções.

A definição de eventos excepcionais no âmbito dos países da União Europeia não está harmonizada e registam-se diversas diferenças nas suas definições⁴. A título ilustrativo, o RQS da ERSE estabelece, desde 2014, que podem ser considerados eventos excepcionais aqueles reúnem, cumulativamente, as seguintes características:

- i. Baixa probabilidade de ocorrência ou das suas consequências;
- ii. Provoquem uma significativa diminuição da qualidade do serviço prestado;
- iii. Não seja razoável, em termos económicos, que os operadores de redes e comercializadores evitem a totalidade das suas consequências; e

⁴ Ver CEER (2022).

- iv. Os próprios e as suas consequências não sejam imputáveis aos operadores de redes e comercializadores.

No setor elétrico português, uma vez classificado como evento excepcional, permite-se:

- i. Determinar o impacto específico do evento nos indicadores de qualidade de serviço;
- ii. Expurgar os indicadores de qualidade de serviço do impacto desse evento para efeitos de comparação com os respetivos padrões ou nos estudos de *benchmarking* internacional; e
- iii. Que não sejam pagas compensações pelo descumprimento de padrões ou obrigações individuais de qualidade de serviço.

Ademais, o RQS da ERSE estabelece, detalhadamente, os procedimentos metodológicos que devem ser adotados no processo de avaliação.

Neste sentido, é pertinente analisar o 7º Relatório de *Benchmarking* sobre a Qualidade de Serviço, do Conselho Europeu dos Reguladores de Energia (CEER), no qual se compara o desempenho dos diferentes países europeus, considerando os indicadores de continuidade de serviço com e sem a exclusão dos eventos excepcionais (CEER, 2022). A análise de desempenho dos 38 países avaliados é efetuada, naturalmente, com base nos indicadores de continuidade de serviço depurados do impacto dos eventos excepcionais.

O RQS da ERSE introduziu, em 2014, o conceito de Incidente de Grande Impacto, definindo-o como todo o incidente que, independentemente da sua causa, origine uma ou mais interrupções de que resultem uma energia não fornecida ou não distribuída superior 50 MWh. É preciso considerar que Portugal é um país de pequena dimensão, cuja produção anual se situa nos 50 TWh. Todos os incidentes de grande impacto devem ser objeto de um relatório a ser enviado à ERSE, que deve ser elaborado de acordo com uma metodologia processual bem definida no regulamento.

Destaca-se que a classificação de Incidente de Grande Impacto, por si só, não significa que os operadores de rede de distribuição possam ficar isentos da responsabilidade de pagar compensações. Esta isenção só acontece quando, a partir do processo de avaliação, é possível concluir que o evento e as suas consequências não são imputáveis aos operadores de redes.

Nos casos de Itália e Espanha (Barcelona e Ilhas Baleares), há uma obrigatoriedade interacional da distribuidora de energia elétrica com outras instâncias,

como, por exemplo, Corpo de Bombeiro e Unidades Médicas, para uma recuperação das redes elétricas mais célere, através de uma espécie de comitê de guerra, que é acionado automaticamente.

O Quadro 2 apresenta-se uma síntese sobre compensações para seleção de países.

Quadro 2 - Compensações aos consumidores no caso de eventos excepcionais

País	Descumprimento de padrões ou obrigações individuais de qualidade do serviço
Alemanha	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Áustria	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Bélgica	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Bósnia Herzegovina	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Espanha	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Estônia	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
França	Os eventos excepcionais não ocasionam compensação quando afetam mais de 20% dos consumidores finais abastecidos pela rede de distribuição.
Finlândia	Não há compensações no caso de eventos excepcionais ocasionados por força maior.
Grécia	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Holanda	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Irlanda	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Luxemburgo	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Noruega	Não há compensações no caso de eventos excepcionais ocasionados por força maior.
Portugal	Não há compensações no caso de eventos excepcionais.
Reino Unido	Não há compensações no caso de eventos excepcionais ocasionados por força maior. No caso de haver compensações, estas serão menos elevadas do que condições normais e iniciam-se 24 horas após a interrupção.
Suécia	Não há compensações no caso de eventos excepcionais ocasionados por força maior. Mesmo neste caso, as compensações podem ser parciais.

Fonte: Elaboração própria, a partir de CEER (2022).

Os procedimentos adotados nos países da União Europeia em relação às compensações por descumprimento de padrões ou obrigações individuais de qualidade de serviço são muito distintas⁵.

⁵ Há vários países europeus, incluindo Áustria, Alemanha e Irlanda, que não preveem a atribuição de compensações aos consumidores em qualquer situação. Ver CEER (2022).

É preciso deixar bem claro que, na maioria dos países, o reconhecimento de um evento excepcional pressupõe que, tal como acontece em Portugal, “*o evento e as suas consequências não sejam imputáveis aos operadores de redes e comercializadores*” (CEER, 2022).

Neste contexto, o Quadro 2, acima, permite a conclusão de que, na maioria dos países europeus, os regulamentos **não preveem que as distribuidoras compensem os consumidores pelos danos causados pelos eventos excepcionais**. Mesmo nos países que admitem a possibilidade de existirem compensações individuais aos consumidores, os regulamentos tendem a ser muito restritivos no reconhecimento dessa possibilidade ou definem níveis de compensações mais baixos e prazos mais longos, após o evento, a partir dos quais as compensações se iniciam.

3.3. Redes subterrâneas

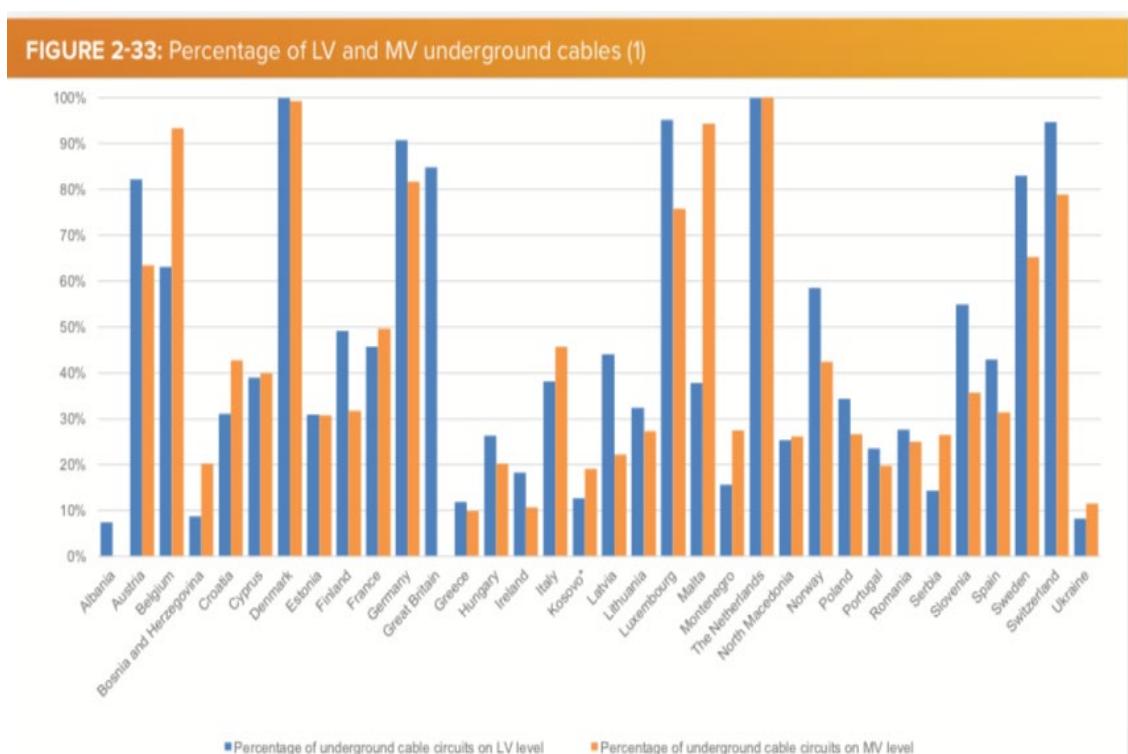
A Figura 13 permite confirmar algumas tendências bem conhecidas sobre o impacto comparado das redes elétricas aéreas e subterrâneas, sendo elas:

- i. Os países mais desenvolvidos da União Europeia tendem a registar uma percentagem mais elevada de redes subterrâneas;
- ii. A baixa tensão desenvolve-se em espaço urbano (*last mile*) e, por isso, tendem a apresentar uma percentagem mais elevada de cabos subterrâneos; e
- iii. Ambas as soluções têm vantagens e desvantagens.

Apesar das limitações, a qualidade de serviço das redes subterrâneas é geralmente superior às redes aéreas, uma vez que apresenta uma menor frequência de interrupções, uma maior resiliência a condições climáticas adversas e uma menor necessidade de reparos corretivos.

Como se pode verificar, no Quadro 3, a opção entre a percentagem das linhas aéreas e subterrâneas envolve sempre uma ponderação multidimensional entre o custo unitário das redes subterrâneas, que pode ser oito vezes superior ao das redes aéreas, a qualidade de serviço, o impacto na paisagem e os problemas eventualmente decorrentes da exposição humana continuada aos campos eletromagnéticos. Ou seja, a escolha entre redes subterrâneas e aéreas dependerá sempre de uma análise de custo benefício, que deverá considerar os diferentes aspectos envolvidos.

Figura 13 - Percentagem de redes de baixa e média tensão subterrâneas



Fonte: CEER (2022).

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens das redes subterrâneas na melhoria da qualidade de serviço

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> Maior confiabilidade, tendo em vista que as redes estão menos expostas a condições climáticas extremas, a danos causados por veículos ou a quedas de árvores sobre os cabos; Maior estabilidade da temperatura do solo em comparação ao ambiente externo, o que ajuda a manter a eficiência e a durabilidade dos cabos, reduzindo falhas relacionadas a sobreaquecimento; Menor impacto negativo na paisagem urbana; e Menor exposição humana continuada aos campos eletromagnéticos, com eventuais impactos na saúde pública. 	<ul style="list-style-type: none"> Custos mais elevados; Tempo de instalação mais elevado; Vulnerabilidade a inundações; e Dificuldade na expansão e nas alterações na arquitetura das redes.

Fonte: CEER (2022).

3.4. Poda da vegetação

As faixas de gestão junto às redes elétricas na Europa são áreas sujeitas a um controle estratégico que envolve as entidades do governo federal relacionadas com a gestão florestal e ambiental, as distribuidoras e os municípios. A definição de uma divisão de trabalho adequada e eficiente é um tema que, em geral, envolve alguma complexidade.

A distribuidora de energia elétrica tem a responsabilidade de realizar a manutenção e garantir a conservação das linhas elétricas, com base em uma inspeção regular e metódica, adequando o monitoramento do cumprimento das distâncias de segurança dentro da zona de proteção. Sempre que as inspeções regulares identifiquem um descumprimento nas distâncias de segurança das linhas elétricas em relação à vegetação, as distribuidoras devem notificar os proprietários e os municípios.

Os países mediterrânicos (Portugal e Espanha) possuem boas práticas visando a prevenção de incêndios, enquanto França e Alemanha utilizam inteligência artificial e sensores para o monitoramento remoto das faixas junto à rede elétrica.

A inovação tecnológica na previsão dos riscos de incêndio, nomeadamente através da inteligência artificial, a utilização de cabos e torres mais resistentes a altas temperaturas e a ventos com maior intensidade, a utilização de boas práticas e a harmonização regulamentar são medidas positivas para uma resposta mais eficaz e eficiente aos ECEx.

3.5. Planeamento de redes e resiliência energética

Os planos de investimento em redes têm procedimentos relativamente normalizados nos países da União Europeia. No caso da transmissão, os países devem elaborar planos decenais com revisões bianuais, de acordo com o estabelecido no artigo 51º da Diretiva (EU) 2019/944.

Por outro lado, o nº 3 do artigo 32º da Diretiva (EU) 2019/944 estabelece que o desenvolvimento de uma rede de distribuição deve se basear em um plano transparente, a ser publicado pelos operadores da rede, ao menos de dois em dois anos, e apresentado à entidade reguladora. Esse plano de desenvolvimento da rede deve proporcionar transparência aos serviços de flexibilidade, a médio e longo prazo, que são necessários e estabelecer os investimentos previstos para os cinco a 10 anos seguintes.

A Comissão Europeia promove um planejamento integrado para melhorar a segurança e a capacidade de resposta das redes elétricas. Medidas incluem a expansão de infraestruturas de transmissão transfronteiriças, permitindo maior interconexão e resiliência. Esse esforço também visa facilitar a integração de energias renováveis e melhorar a resposta a ameaças, como ciberataques e desastres naturais.

Nessa direção, o Plano de Ação para Redes da União Europeia enfatiza o desenvolvimento rápido e sustentável de infraestruturas elétricas, também incentivando análises de risco transnacionais e a interoperabilidade entre operadores de sistemas de transmissão e distribuição. Outro elemento essencial do Plano é a previsão de condições climáticas extremas, como eventos espaciais e inundações, para mitigar impactos e reduzir o tempo de recuperação após interrupções.

Por sua vez, o Regulamento de Preparação para Riscos da União Europeia (2019/941) estabelece que os Estados-Membros devem integrar análises de risco climático em seus planos nacionais de energia. No âmbito de Portugal, o regulamento da qualidade de serviço da ERSE prevê que os operadores de redes devem apresentar planos de melhoria das redes, devidamente calendarizados e orçamentados, baseados em uma análise de custo benefício.

4. Mudanças no quadro das políticas públicas e na regulação europeia suscitadas pela emergência climática

A União Europeia tem uma estrutura funcional dividida entre áreas de políticas de domínio europeu, nas quais o interesse do bloco justifica uma abordagem coletiva e liderada pelas entidades políticas europeias, e áreas de domínio nacional, nas quais os governos dos Estados-Membros possuem maior independência e iniciativa jurídica.

O desenho do mercado elétrico europeu e a governança das políticas de segurança energética e climáticas, incluindo as políticas e os planos nacionais de adaptação climática, fazem parte do domínio europeu. A *EU Climate Law*, de 2021, demanda das instituições europeias e dos Estados-Membros um esforço coletivo, entre outras obrigações, para melhorar a capacidade europeia de adaptação às mudanças climáticas, reforçar a relativa resiliência, reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas e garantir a segurança energética, sendo esta a outra face da moeda da transição energética.

A União Europeia dispõe de uma grande quantidade e variedade de fundos públicos, subordinados, por exemplo, aos quadros fiscais europeus do *Multiannual Financial Framework*, da *Recovery and Resilience Facility* e dos *EU ETS funds*. Porém, as propostas de projetos, políticas e medidas nacionais que requerem recursos desses fundos europeus permanecem, sobretudo, na competência dos Estados-Membros.

Neste sentido, pode-se identificar quatro leis europeias e dois documentos de estratégias e planos europeus relevantes sobre o melhoramento da resiliência das redes elétricas de distribuição aos ECEx, resumidos a seguir:

- i. **Estratégia de Adaptação, Forging a Climate-Resilient Europe**, de 2021, junto com o seu documento de avaliação de impactos, que enfatizou, entre outros pontos, a importância de se investir em infraestruturas resilientes e “*climate-proof*” segundo orientações técnicas, a fim de se beneficiarem dos relevantes fundos europeus⁶. Outro ponto importante é a prestação de apoio às outras nações, seja através de instrumentos de cooperação e trocas de experiências, seja através de uma maior

⁶ A Comissão Europeia e o Banco Europeu de Investimentos têm uma parceria, chamada em inglês de [*Joint Assistance to Support Projects in European Regions \(JASPER\)*](#), para oferecer gratuitamente aos Estados-Membros consultoria técnica e suporte administrativo, com a finalidade de preparar e avaliar projetos financiados com fundos de coesão europeus, incluindo projetos de infraestrutura de redes. Tal parceria também inclui suporte nas análises de riscos, vulnerabilidades e de resiliência às mudanças climáticas dos projetos.

- mobilização de fontes internacionais de financiamento para fins de adaptação climática.
- ii. **Regulação de Preparação a Riscos do Setor Elétrico**, de 2019, que criou um quadro legal e de planejamento comum entre as nações europeias, a fim de prevenir e gerir os riscos de potenciais crises de fornecimento de eletricidade de grande escala e impacto.
 - iii. **Diretiva Resiliência de Entidades Críticas**, de 2022, que requer que os Estados-Membros realizem uma análise de riscos extensiva e identifiquem entidades críticas no mercado interno comum europeu, como redes elétricas e outras infraestruturas que fornecem serviços fundamentais.
 - iv. **Regulação de Governança da União de Energia**, de 2018, que requer que os Estados-Membros relatem, às instituições europeias, suas políticas e medidas nacionais de adaptação climática, nos Planos Integrados Nacionais de Energia e Clima, possibilitando a realização de recomendações e a garantia de harmonização e coerência dessas políticas e medidas ao nível europeu.
 - v. **Regulação EU Sustainable Taxonomy**, de 2020, que inclui uma série de critérios técnicos para identificar investimentos privados sustentáveis, mesmo no caso de investimentos em redes elétricas de distribuição e transmissão que não se beneficiem de fundos europeus. Alguns desses critérios são estabelecidos para garantir o objetivo de adaptação climática e requerem, por exemplo, análises robustas de riscos climáticos e a identificação de medidas de adaptação climática.
 - vi. **Novo European Climate Adaptation Plan**, proposto pela presidente da Comissão Europeia, Ursula Von der Leyen, que tem as finalidades de melhorar a preparação da União Europeia aos impactos das mudanças climáticas e entender a necessidade de legislação futura nesta área.

Tendo em vista este conjunto de política energética consistente e qualificada consolidado pela União Europeia, o quadro político do bloco referente à resiliência das redes elétricas indica a necessidade política de:

- i. Assegurar exercícios periódicos de análise de riscos pelos atores relevantes;
- ii. Promover um bom planejamento e coordenação entre esses atores;
- iii. Fornecer orientações e critérios técnicos atualizados sobre medidas de adaptação climática; e

iv. Mobilizar fundos públicos, condicionados às orientações e aos critérios técnicos.

Essas ações são importantes para permitir que as empresas do setor elétrico tenham acesso aos recursos necessários de forma mais rápida, garantindo um bom nível de segurança do fornecimento de energia elétrica, inclusive perante os ECEx, ao mesmo tempo em que procuram evitar o repasse integral de custos elevados aos consumidores finais.

Porém, o quadro político europeu deve ser complementado por inovações regulatórias, a fim de permitir a flexibilidade necessária, como por exemplo, através de *sandboxes* tarifários, e evitar custos elevados aos consumidores. Nesta direção, em particular, será analisado, a seguir, o importante exemplo italiano de inovação regulatória europeia no campo temática da resiliência das redes elétricas.

5. Itália: inovações regulatórias para resiliência das redes elétricas

Diferentemente do quadro das instâncias da União Europeia em que, tal como analisado anteriormente, existe uma grande proatividade no que diz respeito aos modelos de governança e às políticas públicas sobre a resiliência das redes elétricas, parece existir, em geral, uma menor proatividade dos reguladores dos diferentes Estados-Membros em relação ao tema.

Na União Europeia, a regulação da energia elétrica é exercida em dois níveis distintos, mas complementares: a Agência Europeia de Cooperação dos Reguladores de Energia (ACER) e os reguladores nacionais.

A ACER, em linha com o Regulamento (CE) nº 173/2009, que define a sua base jurídica, age em questões europeias *cross-border* de relevância ligadas às infraestruturas, à comercialização de energia e à segurança de suprimento, atravessando as fronteiras internas e externas da União Europeia. A ACER também coordena o trabalho das autoridades regulatórias nacionais e regionais dos Estados-Membros, em temas que envolvam dois ou mais países. Finalmente, a ACER é uma plataforma de partilha e debate das boas práticas regulatórias a nível europeu e global. De acordo com as suas competências, a ACER tem exercido um trabalho relevante na dinamização e no desenvolvimento dos temas relacionados à resiliência das redes.

A Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), regulador nacional italiano, desde sempre se destacou na liderança das inovações regulatórias em temas relacionados com a qualidade de serviço. Por isso, não é surpreendente que a ARERA também tenha se posicionado à frente na introdução da regulação da resiliência na União Europeia.

O processo de liberalização conduziu à imposição de regras de eficiência muito restritivas nas redes de distribuição, que incentivaram uma redução de custos em detrimento da qualidade de serviço. A aposta na confiabilidade das redes suscitou a necessidade de corrigir essa distorção, estabelecendo uma regulação por incentivos com base em indicadores de qualidade de serviço do tipo "*cap and floor*". De acordo com este tipo de regulação, as distribuidoras eram, de forma simétrica, penalizadas ou premiadas em razão do seu desempenho, a partir dos indicadores de referência DEC e FEC.

A confiabilidade e a resiliência são conceitos relacionados, mas possuem significados distintos que estão focados em diferentes aspectos do desempenho da rede. A confiabilidade da rede refere-se à capacidade de fornecer energia elétrica de forma contínua e estável, sem interrupções ou falhas.

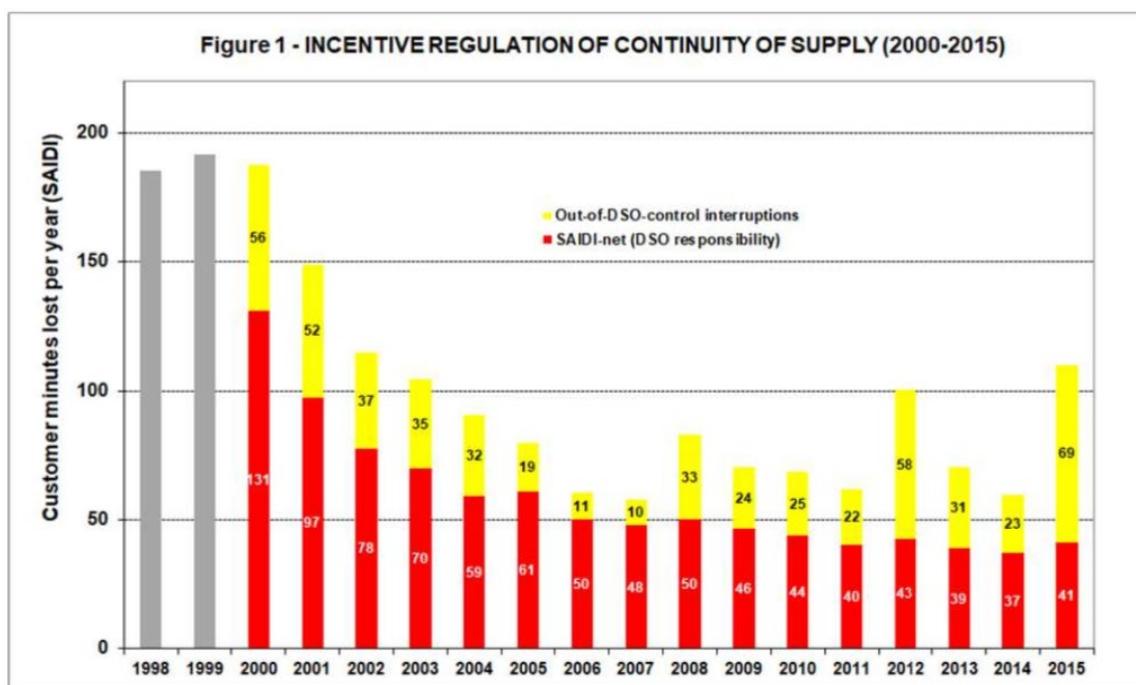
A resiliência, por sua vez, reflete a capacidade para resistir, absorver, recuperar e se adaptar a eventos adversos, como os ECEx.

Atualmente, é necessário assegurar, simultaneamente, a confiabilidade e a resiliência das redes, como consequência de duas fortes tendências, consolidadas recentemente:

- i. Impactos muito expressivos das alterações climáticas, com maior intensidade e frequência dos ECEx, que geram impactos sistêmicos com efeitos multiplicadores em cascata muito transversais; e
- ii. A eletrificação crescente implica que os riscos de interrupção da oferta de energia podem atingir em cascata todos os setores econômicos e, ainda, o acesso à água, à saúde e ao bem-estar.

Neste contexto, a agência reguladora italiana adotou, em 2000, em linha com muitos outros reguladores europeus, um mecanismo de regulação por incentivos para melhorar os indicadores de continuidade (DEC e FEC). Os indicadores de continuidade passaram a expurgar os eventos classificados como fora do controle das distribuidoras, nomeadamente os ECEx, em sua maioria. Como se pode verificar na Figura 14, os indicadores de continuidade expurgados em decorrência dos ECEx tiveram uma evolução decrescente (barra vermelha), o que reflete uma melhoria na qualidade do serviço. Por outro lado, as interrupções decorrentes dos ECEx mantiveram-se com valores elevados.

Figura 14 – Desempenho da regulação por incentivos dos indicadores de continuidade de serviço entre 2000 e 2015



Fonte: Schiavo *et al.* (2019).

A partir de 2012, ECEx no norte da Itália provocaram diversas interrupções de longa duração, que causaram grande repercussão negativa (ver Figura 15).

Diversos tipos de ECEx foram qualificados e especificados pelo regulador italiano, como alagamentos, *wet snow*, ondas de calor, períodos de secas prolongadas, tempestades de vento e queda de árvores de grande porte. Essa classificação, elaborada em coordenação com a transmissora Terna e com outras distribuidoras interconectadas, em que o grupo Enel tem uma posição muito relevante⁷, deve ser anualmente publicada pelas empresas nos seus próprios websites e encaminhadas ao regulador e às administrações locais.

Neste contexto, a ARERA estabeleceu um novo mecanismo de regulação por incentivos no período regulatório de 2016-2023, com destaque para três dimensões complementares⁸:

- i. Melhoria no planejamento das redes, a partir da qual o plano de investimentos na rede de distribuição⁹ deve incluir, obrigatoriamente, um plano de resiliência¹⁰ que aumente e seja fundamentado em uma análise de custo benefício. Os benefícios da resiliência devem ser estimados pelas distribuidoras, sendo avaliada a partir de valores estabelecidos pelo regulador para interrupções evitadas (€ 12/kWh não fornecidos para consumidores residenciais e € 54/kWh não fornecidos para consumidores comerciais e industriais) e da duração das interrupções em casos de ECEx, de mais de 16 horas em rede aérea e 8 horas em rede subterrânea.
- ii. Regulação por incentivo que prevê prêmios ou penalizações para as distribuidoras, em conformidade com o desempenho na execução do plano de resiliência. O incentivo total máximo foi estimado em € 92 milhões em três anos, o que envolve um custo de menos de € 1 por consumidor por ano, dado que Itália tem 37,2 milhões de unidades consumidoras; e

⁷ A Enel controla 86% da energia distribuída na Itália, apesar de existirem cerca de 125 operadores da rede de distribuição, dos quais apenas 10 servem mais de 100.000 consumidores.

⁸ Sobre este assunto, ver Schiavo *et al.* (2019).

⁹ Como já referido anteriormente, no caso da distribuição, o nº 3 do artigo 32º da Diretiva (EU) 2019/944 estabelece que o desenvolvimento de uma rede de distribuição deve prever um plano transparente, a ser publicado pelos operadores de redes de distribuição, pelo menos de dois em dois anos, e apresentado à entidade reguladora.

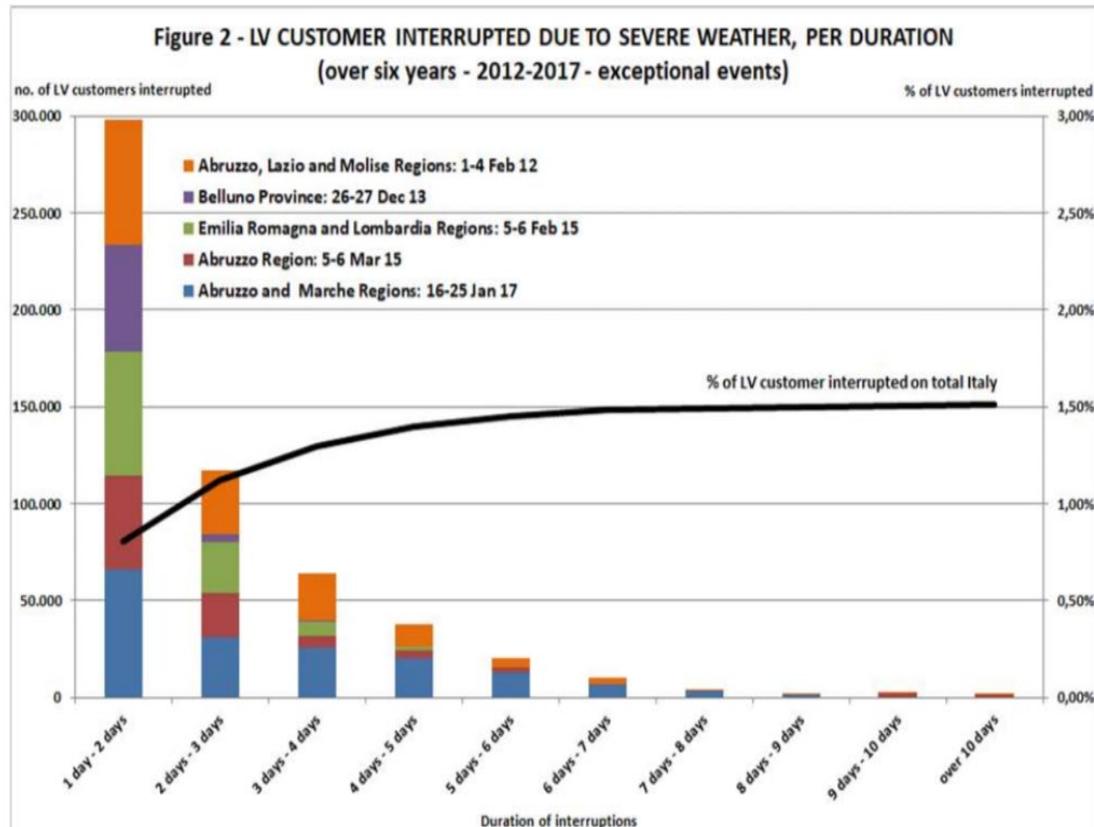
¹⁰ Um exemplo de plano de resiliência disponível foi publicado pela Enel-distribuzione. em junho de 2021. Disponível em: https://www.e-distribuzione.it/content/dam/e-distribuzione/documenti/e-distribuzione/Piano_Resilienza_E_distribuzione_2022_2024.pdf.

- iii. Incentivo ao restabelecimento mais rápido do fornecimento de energia elétrica em casos de interrupção prolongada, prevendo compensações a pagar pelas distribuidoras aos consumidores para interrupções de mais de 72 horas (até 10 dias). As compensações são pagas mesmo se a causa da interrupção for de força maior.

A ARERA estabeleceu medidas de incentivo adicionais posteriormente ao pacote de 2016, dentre as quais se destacam:

- i. Prêmio por disponibilidade de recursos antes da emissão do alerta meteorológico;
- ii. Prêmio pela capacidade de mobilizar e organizar recursos para desimpedir vias e transporte aquático;
- iii. Incentivo a uma melhor coordenação com instituições responsáveis por gerenciamento de crises; e
- iv. Incentivo a medidas qualificadas para redução de risco, prontidão, resposta e recuperação.

Figura 15 - Interrupções de fornecimento devido a ECEx



Fonte: Schiavo *et al.* (2019).

Em paralelo às iniciativas da ARERA, o governo italiano obteve, em 2021-2022, importante aporte de recursos financeiros europeus através do *Recovery and Resilience Facility*, de € 500 milhões, dos quais € 350 milhões forem destinados a promover projetos de intervenção nas redes elétricas de distribuição. O aporte foi destinado a melhorar a resiliência de, pelo menos, 4.000 kms de rede elétrica frente aos ECEx e, assim, reduzir a probabilidade de interrupções prolongadas. Em junho de 2022, o governo italiano publicou um aviso público solicitando a apresentação de projetos relevantes, cujos vencedores foram anunciados em dezembro de 2022.

Conclusões e recomendações

A necessidade cada vez mais premente da resiliência das redes de distribuição de energia elétrica deriva diretamente da configuração de um novo paradigma ambiental com mais intensos e frequentes Eventos Climáticos Extremos (ECEx).

Do ponto de vista mais geral, deve-se buscar instrumentos e ações de interação das concessionárias de distribuição com as instituições do poder local e, com base em planos de contingência, realizar investimentos para suportar e mitigar os efeitos das alterações climáticas.

Do ponto de vista mais específico deve-se estabelecer um novo modelo de regulação, com duas preocupações centrais. A primeira é a definição de indicadores para a classificação dos ECEx, de modo a poder avaliar a responsabilidade das distribuidoras de forma objetiva e imparcial. A segunda é a necessidade de uma regulação que estabeleça e consolide a resiliência dos sistemas de distribuição

Nota-se que a emergência dos riscos climáticos teve reflexos muito expressivos na formulação das políticas públicas da União Europeia. Portanto é importante se estabelecer uma articulação adequada entre as iniciativas de mitigação (efeitos a longo prazo) e as ações de mitigação (efeitos a curto e médio prazo), aprofundar o conhecimento sobre os riscos climáticos e aprimorar a coordenação entre as diferentes políticas setoriais, como energia, ambiente, recursos hídricos, transportes, indústrias eletrointensivas, entre outras.

Além disso, os riscos climáticos devem ser internalizados nas decisões de política energética, considerando os seguintes fatores:

- i. O foco na segurança energética envolve a melhoria da eficiência energética, a aposta nos mecanismos de flexibilidade (resposta da demanda e armazenamento), assim como o reforço e a consolidação das redes inteligentes.
- ii. Os riscos climáticos devem ser internalizados nos diferentes instrumentos de política energética, através de iniciativas de mitigação, planejamento de redes e promoção da inovação. Esta situação tem uma relevância acrescida devido ao longo tempo de vida útil médio das infraestruturas energéticas.
- iii. Deve-se valorizar a equidade e a justiça social, por meio do acesso a serviços energéticos eficientes e a habitações com adequado desempenho energético e da mitigação da pobreza energética.

- iv. Incentivo à internalização dos riscos climáticos nas decisões de investimento das empresas de energia, através do conhecimento dos riscos climáticos e de uma regulação por incentivos que estimule decisões de investimento focadas na resiliência das redes.
- v. As decisões devem ser tomadas com base uma qualificada Análise Custo Eficácia realizada *ex ante*. Assim os objetivos devem ser concretizados com eficácia, mas a custos mínimos e, sempre que possível, utilizando mecanismos de mercado.

Por outro lado, de forma minimizar a utilização indevida da justificativa de “força maior” por parte das concessionárias, evitando a subestimação da qualidade dos serviços, é necessário proceder a uma clara e objetiva definição dos ECEx como sendo ocorrências que reúnam, simultaneamente, as condições de exterioridade, imprevisibilidade e irresistibilidade face às boas práticas ou às regras técnicas aplicáveis e obrigatórias.

Destaca-se que, com base no pressuposto de que o ECEx e as suas consequências não sejam imputáveis às distribuidoras responsáveis pela operação das redes e comercializadores, na maioria dos países europeus, os regulamentos não preveem que as distribuidoras compensem os consumidores pelos danos causados pelos eventos excepcionais. Mesmo nos países que admitem a possibilidade de existirem compensações individuais aos consumidores, os regulamentos tendem a ser muito restritivos ou definem níveis de compensações mais baixos e prazos mais longos, após o evento, a partir do qual as compensações se iniciam.

A opção entre as redes aéreas e subterrâneas envolve sempre uma ponderação multidimensional entre o custo unitário das redes subterrâneas, a qualidade do serviço, o impacto na paisagem e os problemas eventualmente decorrentes da exposição humana continuada aos campos eletromagnéticos. Portanto, a escolha entre redes subterrâneas e aéreas dependerá sempre de uma análise de custo benefício, que deverá ponderar os diferentes aspectos apresentados.

Os ECEx podem ter efeitos tanto nas redes de transmissão e distribuição como nas infraestruturas de geração (nomeadamente nas fontes renováveis), de armazenamento, entre outras. Deste modo, torna-se necessária uma ampla mobilização de recursos, que pode se beneficiar com a cooperação entre as distribuidoras das áreas de concessão contíguas à região onde ocorrem os ECEx. Assim, os planos de contingência devem considerar e valorizar a cooperação entre os diferentes agentes da cadeia de valor do setor elétrico.

Na Europa, as faixas de gestão das redes elétricas são áreas sujeitas a um controle estratégico que envolve as entidades do governo federal relacionadas com a gestão florestal e ambiental, as distribuidoras e os municípios. A definição de uma divisão de trabalho adequada e eficiente é um tema que, em geral, envolve alguma complexidade e acima de tudo uma não interferência política, situação que a Enel de São Paulo enfrentou nos ECEx de fins de 2023 e 2024. A distribuidora tem a responsabilidade de realizar a manutenção e garantir a conservação das linhas elétricas, com base em uma inspeção regular e metódica, adequando o monitoramento do cumprimento das distâncias de segurança dentro da zona de proteção.

Por fim, a emergência climática sugere a necessidade de introduzir instrumentos regulatórios específicos para endereçar os impactos resultantes dos ECEx. Neste sentido, existem boas práticas regulatórias internacionais, como é o caso da regulação por incentivos introduzida pelo regulador de energia italiano, a ARERA, no período regulatório de 2016-2023, com destaque para três dimensões complementares:

- i. Melhoria no planejamento das redes, a partir da qual o plano de investimentos na rede de distribuição deve incluir, obrigatoriamente, um plano de resiliência fundamentado em uma análise de custo benefício;
- ii. Regulação por incentivo que prevê prêmios ou penalizações para as distribuidoras, em conformidade com o desempenho na execução do plano de resiliência; e
- iii. Incentivo ao restabelecimento mais rápido em casos de interrupção prolongada, prevendo compensações a pagar pelas distribuidoras aos consumidores e outras medidas, como prêmios por disponibilidade de recursos antes da emissão do alerta meteorológico.

Embora a evidência empírica sugira que existe um benefício líquido intertemporal associado aos investimentos em resiliência, comprehende-se que os reguladores procurem que a convergência para a resiliência ocorra de maneira progressiva e gradual, de modo a não onerar excessivamente os consumidores. Nesta perspectiva, a resiliência é um ponto de chegada, para o qual se deve definir uma estratégia clara diante dos cada vez mais frequentes e intensos ECEx.

Bibliografia

- ADELAT (2024), Association of Latin American Electricity Distributors. A Resiliência dos Sistema de Distribuição Elétrica: Recomendações para um novo paradigma regulatório. Disponível em: <https://adelat.com/wp-content/uploads/2023/06/DSO-Brief-A-resiliencia-dos-sistemas-de-distribuicao-eletrica.pdf>.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica 92024). Nota técnica nº. 101/2024-STD-SMA-SFF-SFT/ANEEL.
- Ashrafi, H. et al. (2023). Electricity sector resilience in response to extreme weather and climate-related events: Tools and datasets. *The Electricity Journal*, vol. 36.
- Banco Mundial (2019). Stronger Power: Improving Power Sector Resilience to Natural Hazards. Disponível em:
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/200771560790885170/pdf/Stronger-Power-Improving-Power-Sector-Resilience--to-Natural-Hazards.pdf>.
- Castro, N. et al. (2024). A resiliência das redes de distribuição de energia elétrica. Broadcast Energia. Disponível em:
<https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/47598156>.
- CEER, Council of European Energy Regulators (2022). 7th CEER-ECRB Benchmarking Report on the quality of electricity and gas supply. Disponível em: <https://www.ceer.eu/wp-content/uploads/2024/04/7th-Benchmarking-Report-2022.pdf>.
- EEA, European Environment Agency (2024). European climate risk assessment. Report 01/2024, march. Disponível em:
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>.
- Eurelectric (2022). The coming storm: building electricity resilience to extreme weather, Eurelectric/EPRI. Disponível em:
<https://resilience.eurelectric.org/wp-content/uploads/2024/09/the-coming-storm.pdf>.
- EPRI (2023a). Climate-Informed Planning and Adaptation for Power Sector Resilience. Disponível em:
<https://www.epri.com/research/products/3002026317>.
- EPRI (2023b). Climate Vulnerability Considerations for the Power Sector: Transmission and Distribution Infrastructure. Disponível em:
<https://www.epri.com/research/sectors/readi/research-results/3002026315>.

EY; Eurelectric (2024). Grids for speed. Disponível em:
https://powersummit2024.eurelectric.org/wp-content/uploads/2024/07/Grids-for-Speed_Report_FINAL_Clean.pdf.

IEA, International Energy Agency (2020). Global Energy Review 2020. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e802f6a-0b30-4714-abb1-46f21a7a9530/Global_Energy_Review_2020.pdf.

IEA, International Energy Agency (2021). Climate Resilience. Electricity Security 2021. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/62c056f7-deed-4e3a-9a1f-a3ca8cc83813/Climate_Resilience.pdf.

Schiavo, L. *et al* (2019). Regulatory incentives for improving the resilience of electricity distribution grids in Italy, 25th International Conference on Electricity Distribution. Disponível em: <https://www.cired-repository.org/server/api/core/bitstreams/11baa975-40da-4508-a96cd3af9983f994/content>.

União Europeia. Diretiva (EU) 2019/944. Relativa a regras comuns para o mercado interno da eletricidade. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>.

União Europeia. Regulamento (UE) 2019/941. Relativo à preparação para riscos no setor da eletricidade. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0941>.

Toda a produção acadêmica e científica do GESEL está disponível no site do Grupo, que também mantém uma intensa relação com o setor através das redes sociais Facebook e Twitter.

Destaca-se ainda a publicação diária do IFE - Informativo Eletrônico do Setor Elétrico, editado desde 1998 e distribuído para mais de 10.000 usuários, onde são apresentados resumos das principais informações, estudos e dados sobre o setor elétrico do Brasil e exterior, podendo ser feita inscrição gratuita em <http://cadastro-ife.gesel.ie.ufrj.br>

GESEL – Destacado think tank do setor elétrico brasileiro, fundado em 1997, desenvolve estudos buscando contribuir com o aperfeiçoamento do modelo de estruturação e funcionamento do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Além das pesquisas, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e livros – em grande parte associados a projetos realizados no âmbito do Programa de P&D da Aneel – ministra cursos de qualificação para as instituições e agentes do setor e realiza eventos – work shops, seminários, visitas e reuniões técnicas – no Brasil e no exterior. Ao nível acadêmico é responsável pela área de energia elétrica do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ

ISBN: 978-85-7197-026-7

SITE: gesel.ie.ufrj.br

LINKEDIN: linkedin.com/company/gesel-grupo-de-estudos-do-setor-elétrico-ufrj

INSTAGRAM: instagram.com/geselufrj

FACEBOOK: facebook.com/geselufrj

TWITTER: twitter.com/geselufrj



ENDEREÇO:

UFRJ - Instituto de Economia.
Campus da Praia Vermelha.

Av. Pasteur 250, sala 226 - Urca.
Rio de Janeiro, RJ - Brasil.
CEP: 22290-240