O Apagão Ibérico de 28 de Abril de 2025

Síntese Técnica do Relatório Factual da ENTSO-E de 3 de Outubro de 2025

por

João de Jesus Ferreira[1]

Cascais, 10 de Outubro de 2025

[1] ***Engenheiro Conselheiro*** - ***Electrotécnico - Especialista em Energia*** - [MSc. Eng.º (IST)] - O autor escreve, por opção pessoal, de acordo com a antiga ortografia.

0. Prólogo do Autor

O Relatório Factual da ENTSO-E, de 3 de Outubro de 2025, pouco ou nada nos traz de novo, em relação ao que já sabíamos e que foi objecto de vários artigos de minha autoria, nos aspectos mais genéricos.

Este relatório não nos traz quaisquer conclusões sobre as verdadeiras causas do apagão, isto é, qual a razão da perda, quase instantânea, de capacidade de produção em Espanha e que originou toda a instabilidade do sistema eléctrico ibérico.

Não fica claro, neste relatório, que a principal causa deste desastre é a forma indisciplinada e ausente de integração técnica e científica como se desenvolveu a política energética europeia que inundou o sistema electroprodutor com geração renovável intermitente, criando um excesso de capacidade e de produção inadmissível. Veja-se o caso de Portugal com uma capacidade instalada que mais que duplica a procura, na hora de ponta.

De realçar que o grupo de peritos da ENTSO-E não teve acesso a toda a informação que foi solicitada aos operadores de centrais de produção de energia eléctrica. Alguns operadores espanhóis recusaram-se a fornecer os dados solicitados pelo painel de peritos.

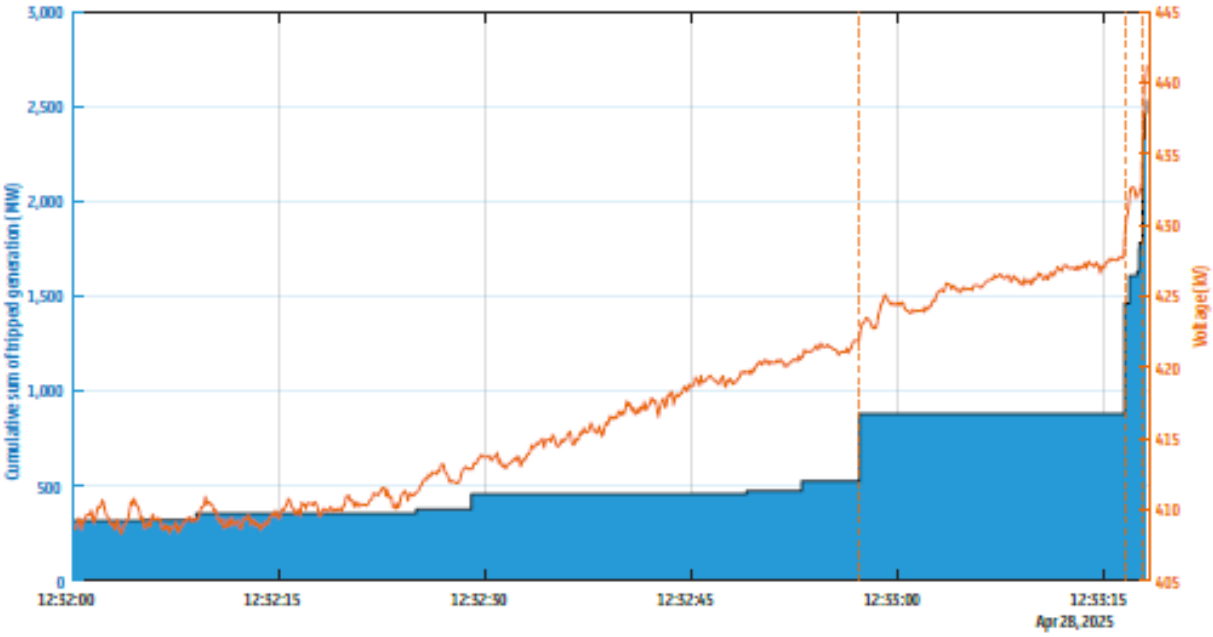

Figura 1 — Soma Cumulativa da Potência Desligada no Sistema Espanhol vs Tensão na Subestação de Carmona (Espanha) a 400 kV. **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

Considero anormal e indesejável as variações, que podem ser mais bem lidas na Figura 5, da página 7. Variações entre 385 kV e os 435 kV (para um valor nominal de 400 kV), são inadmissíveis num rede que se pretende estável. As principais causas destas variações são as entradas e saídas súbitas da produção renovável intermitente, em excesso no sistema electroprodutor português e espanhol.

Recentemente em Espanha foi dado um novo alerta para a possibilidade de um novo apagão, dada a instabilidade no controlo da tensão. Um recente artigo do El Economista (10/01/2025) alerta para novos problemas para o controlo de tensão da rede eléctrica, e refere os pontos-chave que realçam o risco de um novo apagão em Espanha:

1. Problema Técnico Central: Controlo de Tensão

    - A empresa gestora da rede espanhola, Red Eléctrica de España (REE), alertou formalmente a Comissão Nacional dos Mercados e da Concorrência (CNMC) para o risco de "apagões" ou cortes de energia.
    - A causa raiz identificada são dificuldades graves no controlo da tensão em pontos críticos da rede, especificamente em certas subestações.

2. Origem do Problema: Transição Energética

    - O problema é agravado pelo encerramento acelerado de centrais térmicas convencionais (carvão e gás) e pela elevada penetração de energias renováveis intermitentes e não despacháveis, como a solar e eólica.
    - Porquê? As centrais térmicas, para além de produzirem energia (potência activa), fornecem serviços essenciais de estabilidade da rede, incluindo o fornecimento ou absorção de potência reactiva, crucial para manter os níveis de tensão estáveis. Muitos parques renováveis, por outro lado, ainda não estão equipados ou a operar com sistemas que lhes permitam prestar este suporte de forma fiável e constante.

1. Introdução

No dia 28 de Abril de 2025, pelas 12h33 (CEST), os sistemas eléctricos de Portugal e Espanha sofreram o mais grave apagão registado no sistema europeu em mais de duas décadas. O incidente afectou a totalidade da Península Ibérica e teve repercussões limitadas numa pequena zona de França junto à fronteira. A investigação foi conduzida por um Painel de Peritos, constituído no âmbito do Regulamento (UE) 2017/1485 e da metodologia de Classificação de Incidentes (ICS). O relatório factual, publicado a 3 de Outubro de 2025, constitui a primeira descrição técnica e objectiva do sucedido, antecedendo um relatório final que incluirá análise de causas profundas e recomendações.

O objectivo deste artigo técnico é apresentar, de forma estruturada, as condições de rede que precederam o incidente, a sequência cronológica dos acontecimentos, o processo de restabelecimento, e as observações iniciais de interesse para os operadores e decisores, isto é, uma síntese técnica do relatório factual da ENTSO-E de 3 de Outubro de 2025.

2. Condições de Rede e de Mercado Antes do Incidente

Durante a manhã de 28 de Abril verificou-se uma elevada penetração de geração renovável, em especial solar fotovoltaica e eólica, que levou a preços reduzidos no mercado diário e a elevados volumes de exportação do sistema espanhol — até aproximadamente 5 GW. A operação da rede apresentou tensões elevadas nalguns nós de 400 kV, embora sem ultrapassagens sustentadas de limites operativos até às 12h30. Registaram-se, porém, oscilações locais e inter-área entre as 12h03 e as 12h22 que necessitaram de acções operacionais para atenuação.

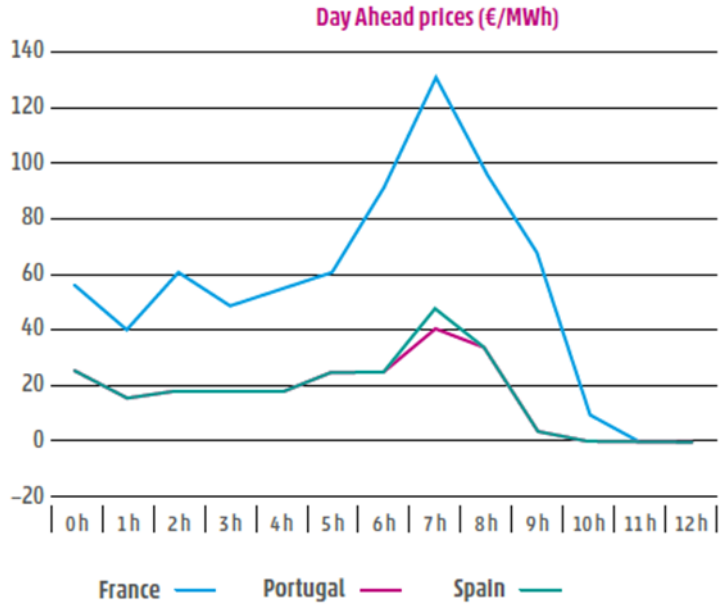

Figura 2 — Preços de mercado diário em Espanha, Portugal e França (28 Abril). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

Resumindo, na manhã de 28 de Abril verificou-se:

- Elevada penetração de produção renovável (solar e eólica), com exportações espanholas que atingiram 5 GW.
- Preços quase nulos no mercado diário espanhol, evidenciando excesso de geração renovável face à procura.
- Tensões elevadas na rede de 400 kV, ainda que sem ultrapassagens críticas até às 12h30.
- Oscilações locais e inter-área entre 12h03 e 12h22, mitigadas por medidas de operação, mas que contribuíram para pressões adicionais na tensão.

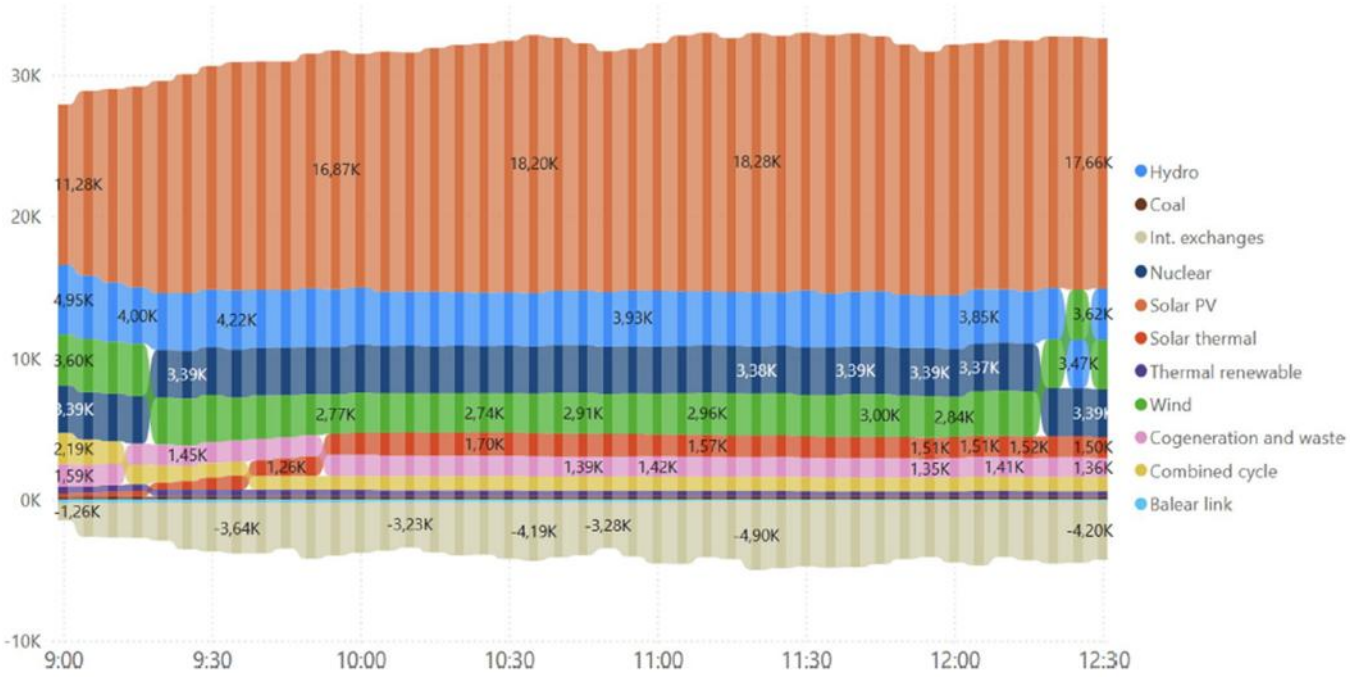

Figura 3 — Mix de geração em Espanha (renováveis vs convencionais). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

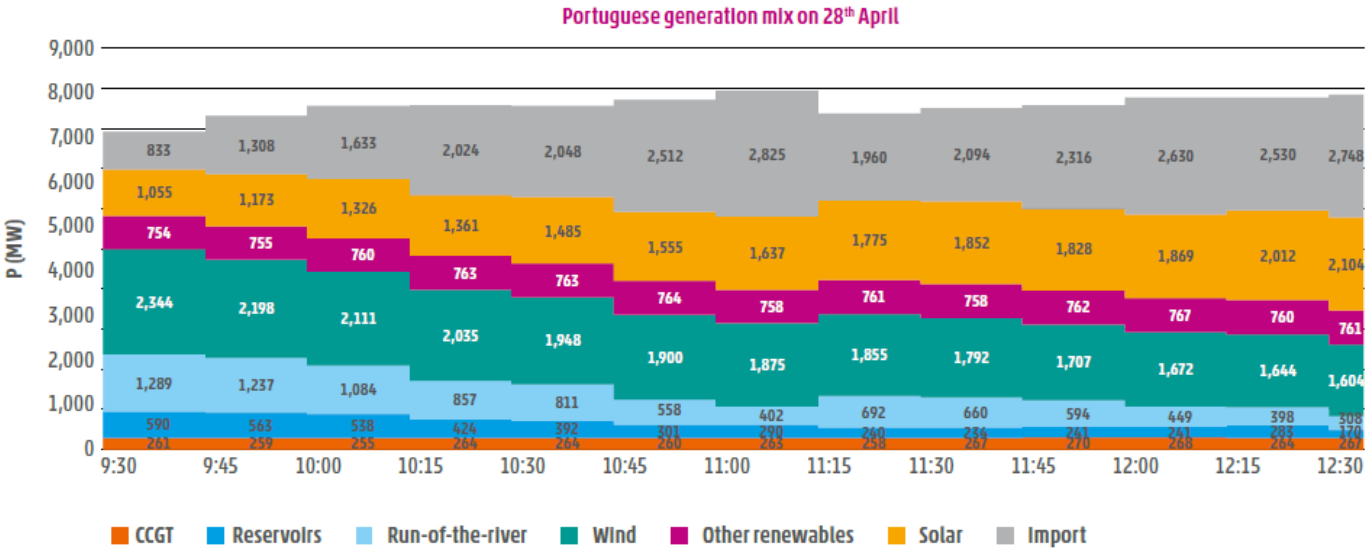

Figura 4 — Mix de geração em Portugal (renováveis vs convencionais). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

As análises de adequação e segurança realizadas pelos Centros Regionais de Coordenação (RCC) não detectaram problemas de operação relevantes antes do evento, e a rede era considerada segura (critério N-1) [2].

Evolução da tensão na rede de 400 kV em Espanha

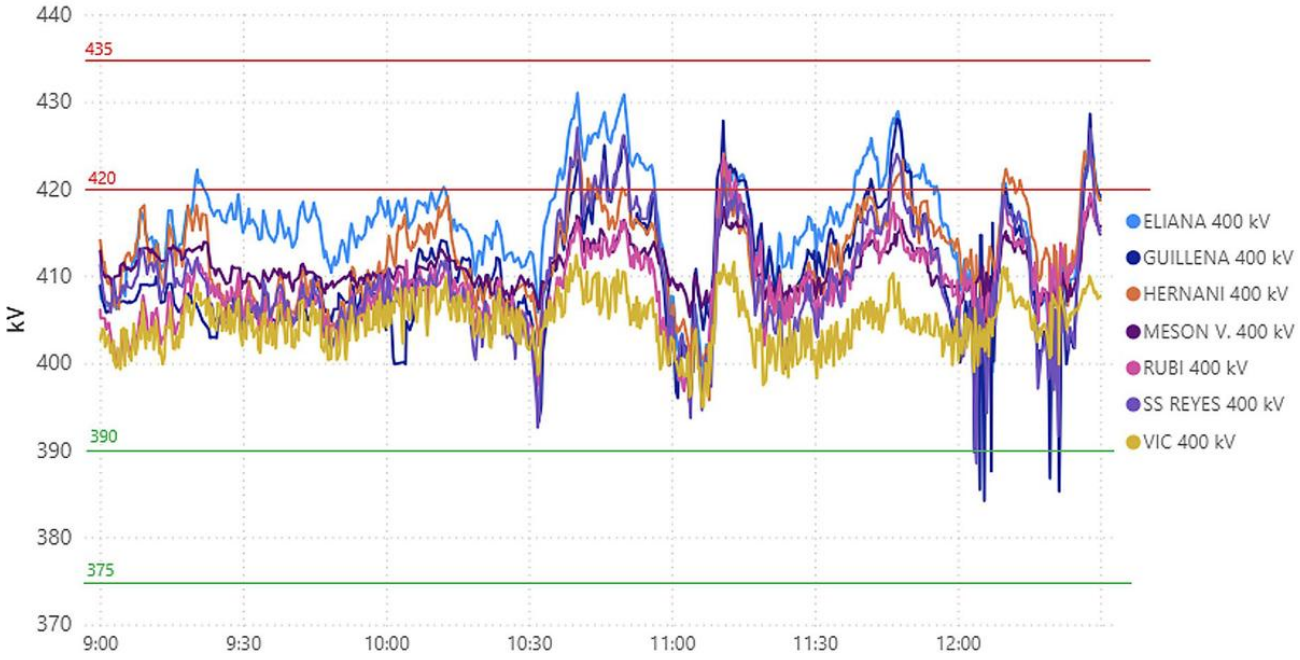

Figura 5 – Evolução das tensões em subestações de 400 kV (09h00–12h30). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

Na fase que antecedeu o incidente, as medidas de controlo de tensão compreenderam a execução de sucessivas manobras topológicas (ligação e desligação de linhas e de reactores shunt [3]) em várias zonas da rede. Estas intervenções, da responsabilidade dos

[2] O **Critério N-1** é um princípio fundamental de engenharia e planejamento de sistemas eléctricos. Este estabelece que uma rede de transmissão ou distribuição deve ser capaz de suportar a saída de serviço não planeada de um único componente crítico (como uma linha de transmissão, um transformador ou um gerador) em um determinado momento, sem violar os limites operacionais do sistema e sem causar interrupções no fornecimento de energia aos consumidores.

Em termos práticos, isso significa que, após uma contingência simples, a rede deve permanecer estável, com tensões e frequências dentro dos limites seguros, e nenhum outro equipamento pode ser sobrecarregado além de sua capacidade nominal. A satisfação deste critério é um indicador de que a rede possui robustez e resiliência adequadas para lidar com falhas imprevistas comuns, sendo considerada operacionalmente "segura". O nome deriva da capacidade do sistema com N componentes operacionais de continuar funcionando adequadamente mesmo após a perda de um deles (estado N-1).

[3] Um reactor shunt é um componente eléctrico de natureza indutiva, ligado em derivação (paralelo) entre um condutor e a terra, cuja função principal é compensar o efeito capacitivo das linhas de transporte de energia de muito alta tensão.

Em condições de pouca carga ou de vazio, as linhas longas comportam-se como um condensador, “gerando” potência reactiva capacitiva que eleva a tensão nos terminais. Os reactores shunt absorvem esta potência reactiva indesejada, permitindo controlar e estabilizar os níveis de tensão na rede e mitigar sobretensões. A sua ligação e desligação constituem uma acção comum de gestão técnica do sistema por parte do Operador da Rede de Transporte (TSO).

TSOs, tiveram como objectivo a regulação da distribuição de potência reactiva e a atenuação de sobretensões locais, acabando, contudo, por induzir variações significativas nas impedâncias da rede a nível regional.

2.1 Oscilações detectadas

Foram detectadas duas principais ocorrências de oscilações de interesse: uma oscilação local com frequência dominante de 0,63 Hz entre 12h03 e 12h08, e uma oscilação inter-área com frequência dominante de 0,21 Hz entre 12h19 e 12h22. As acções correctivas tomadas pelos operadores (redução de exportações, acoplagem de linhas, alterações do modo de operação da ligação HVDC) mitigaram temporariamente a amplitude, mas contribuíram para alterações de tensão no sistema ibérico.

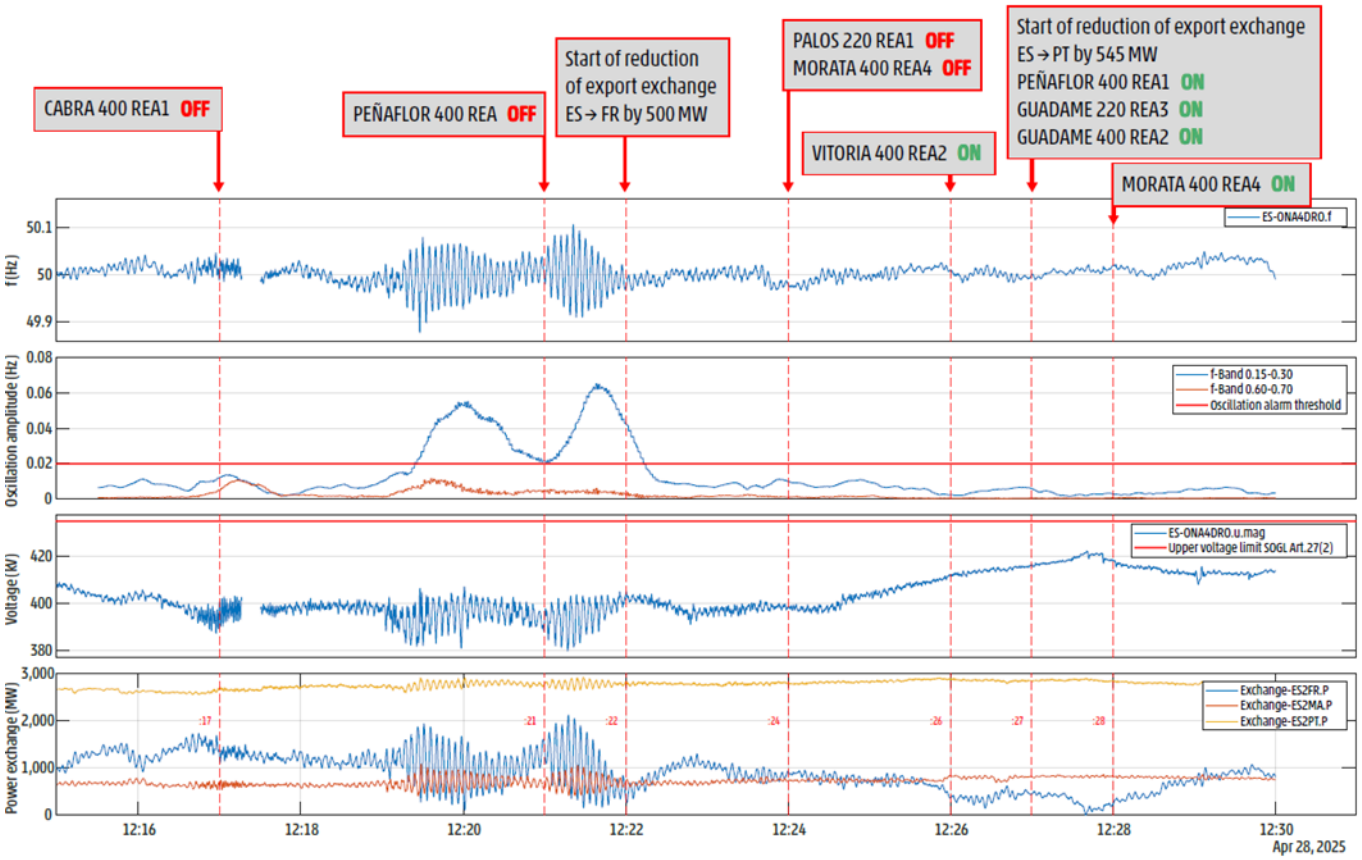

Figura 6 — Oscilações registadas antes do apagão (modos dominantes ≈ 0,63 Hz e 0,21 Hz). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

3. Sequência de Eventos Durante o Incidente

O incidente iniciou-se às 12h32:

- Ocorreram cortes súbitos de geração distribuída solar e eólica em várias regiões de Espanha (Granada, Badajoz, Sevilha, Segóvia, Huelva, Cáceres).
- Em menos de 20 segundos perderam-se mais de 2,5 GW de produção renovável intermitente, em parte devido à actuação de protecções contra sobretensões.
- Estas perdas reduziram a capacidade de controlo da tensão, originando uma escalada de sobretensão em Espanha e Portugal e, em simultâneo, queda de frequência.
- Pelas 12h33:
    - Activaram-se os Planos de Defesa de Sistema e de Deslastre Automático em Portugal e Espanha, sem êxito.
    - A interligação com Marrocos caiu por subfrequência.
    - Seguiu-se a perda de sincronismo com o resto da Europa e a abertura das interligações com França.
    - **Pelas 12h33:24 o sistema ibérico colapsou por completo**.

Em França, os impactos foram marginais (perda de 7 MW de carga e a paragem de uma central nuclear).

Tabela 1 – Principais manobras topológicas para controlo de tensão (REE e REN, 09h00–12h30).

Hora	Elemento	Acção	Zona
09:02	Linha Almaraz – San Serván 400 kV	Ligar	Sul (ES)
09:13	Linha Brazatortas – Manzanares 400 kV	Ligar	Centro (ES)
10:19	Reactor Moraleja 220 kV	Desligar	Centro (ES)
10:27	Reactor Armamar 400 kV	Desligar	Norte (PT)
12:19	Reactor Palmela 220 kV	Desligado por protecção	Sul (PT)

Saídas súbitas de geração

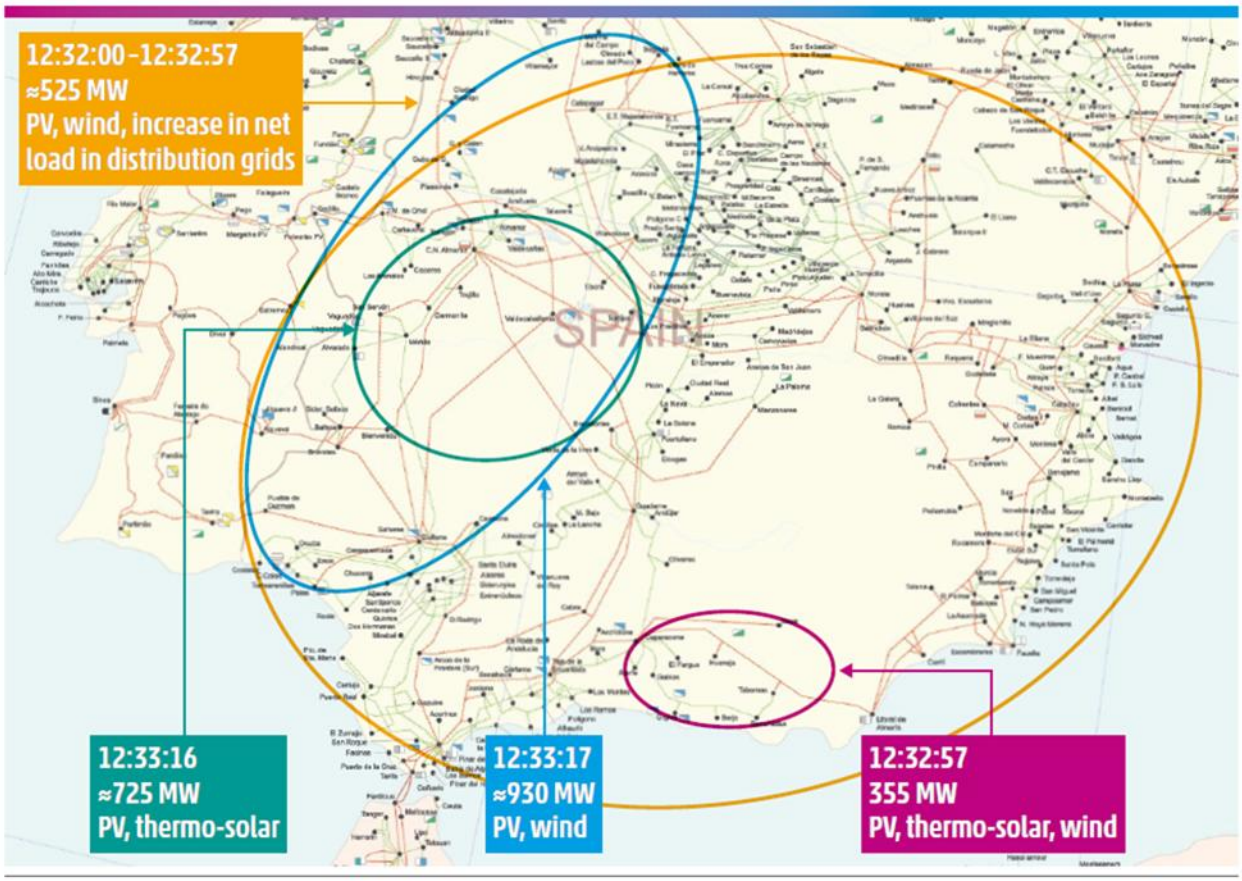

Figura 7 – Áreas e volumes de geração desligada em Espanha (Granada, Badajoz, Sevilha, Huelva, Segóvia e Cáceres). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

4. Colapso e Desacoplamento da Península

4.1 Sequência cronológica dos acontecimentos

A sequência crítica iniciou-se às 12h32:00, com a ocorrência de múltiplos eventos de desligamento de unidades de geração distribuída (tanto solar como eólica) em diversas regiões de Espanha. Entre as 12h32:00 e as 12h32:57 verificou-se a perda de centenas de MW associados a parques eólicos e instalações fotovoltaicas; entre as 12h32:57 e as 12h33:18 ocorreram desligamentos adicionais que somaram, pelo menos, 2,5 GW de potência perdida no sistema espanhol.

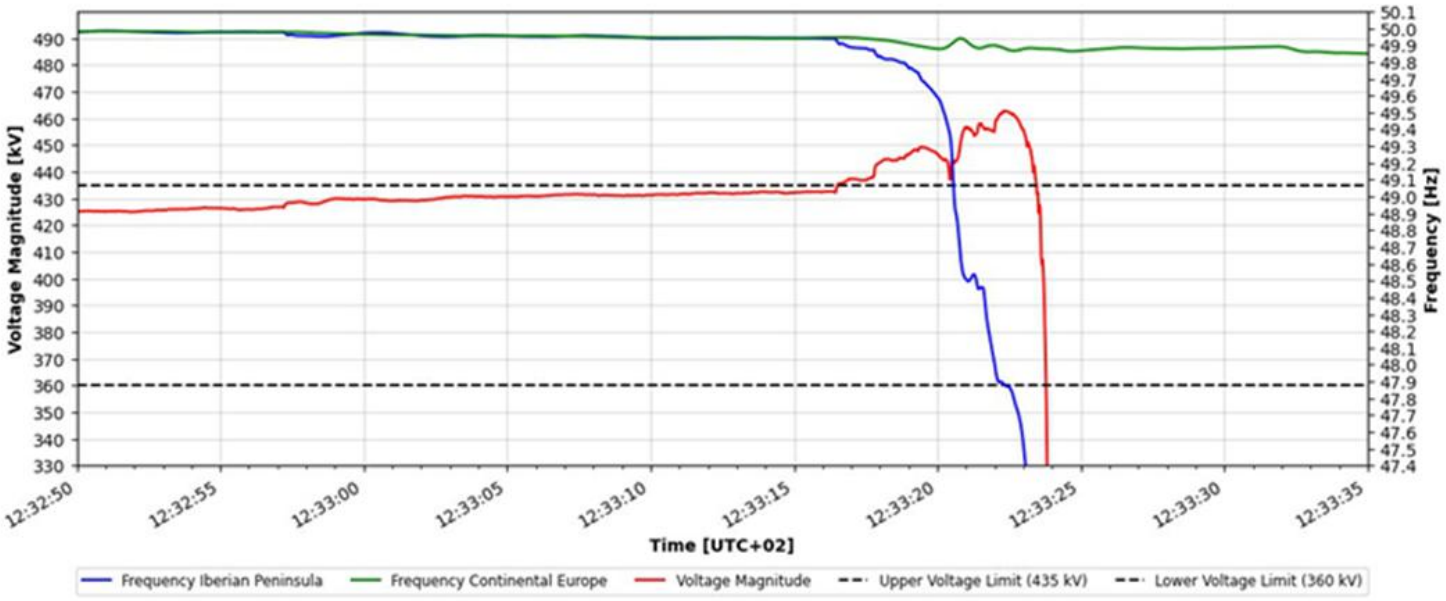

Figura 8 — Evolução da frequência (Carmona) e da tensão até ao colapso; comparação com a frequência no centro da Europa (Bassencourt, Suíça) - **Fonte**: ENTSO-E, Factual Report (2025).

Tabela 2 – Desligamentos registados entre 12h32 e 12h33.

Hora	Região	Tipo de geração	Potência perdida (MW)
12:32:57	Granada	Solar + Eólica	355
12:33:16	Badajoz	Solar termoeléctrica	725
12:33:17	Segóvia, Huelva, Sevilha, Cáceres	Solar + Eólica	930
Total	—	—	> 2.500

4.2 Efeito sobretensões e frequência; perda de sincronismo

A rápida saida de unidades que, em muitos casos, estavam a consumir potência reactiva, conduziu a um aumento súbito de tensões regionais. Paralelamente, a perda de produção activa gerou um decréscimo de frequência que foi agravado pelo corte progressivo de interligações (incluindo a ligação AC com Marrocos e, pouco depois, as AC com França).

No período entre as 12:33:19 e as 12:33:24, o sistema ibérico perdeu o sincronismo face ao restante continente europeu. Perante esta condição instável, as protecções do sistema

HVDC[4] actuaram, bloqueando os conversores e levando à abertura das interligações. Esta perda crítica de ligação precipitou o colapso generalizado do sistema na Península Ibérica.

4.3 Activação de planos de defesa e resposta automática

Os mecanismos automáticos de deslastre e os Planos de Defesa de Sistema (*System Defence Plans*) foram activados entre 12h33:19 e 12h33:22 nas duas redes, em conformidade com o Regulamento NC ER. No entanto, a sequência e magnitude das perdas de geração, conjugadas com a perda de interligações, excederam a capacidade de contenção destes mecanismos, conduzindo ao colapso.

5. Processo de Restabelecimento

A reacção de restabelecimento começou imediatamente: diversas ilhas de *black-start* foram tentadas e algumas constituídas com sucesso. A reenergização de linhas e a religação a sistemas externos foram fases críticas do processo. No período entre as 12h43 e as 15h30 construíram-se várias ilhas em Espanha; a ligação Argia–Hernani foi energizada às 12h43 e outras linhas seguiram durante a tarde.

[4] **HVDC** (High-Voltage Direct Current – Corrente Contínua de Alta Tensão) é uma tecnologia de transmissão de energia eléctrica que utiliza corrente contínua a tensões muito elevadas para o transporte de grandes potências em longas distâncias.
Em comparação com os sistemas de corrente alternada (AC) convencionais, as ligações HVDC apresentam vantagens como menores perdas energéticas em trajectos longos, possibilidade de ligação entre redes AC não sincronizadas (como as dos sistemas ibérico e centro-europeu) e um controlo rápido e preciso dos fluxos de potência. Estas ligações são realizadas através de cabos submarinos ou aéreos e utilizam conversores estáticos (rectificadores e inversores) para efectuar a conversão entre AC e DC em cada terminal.

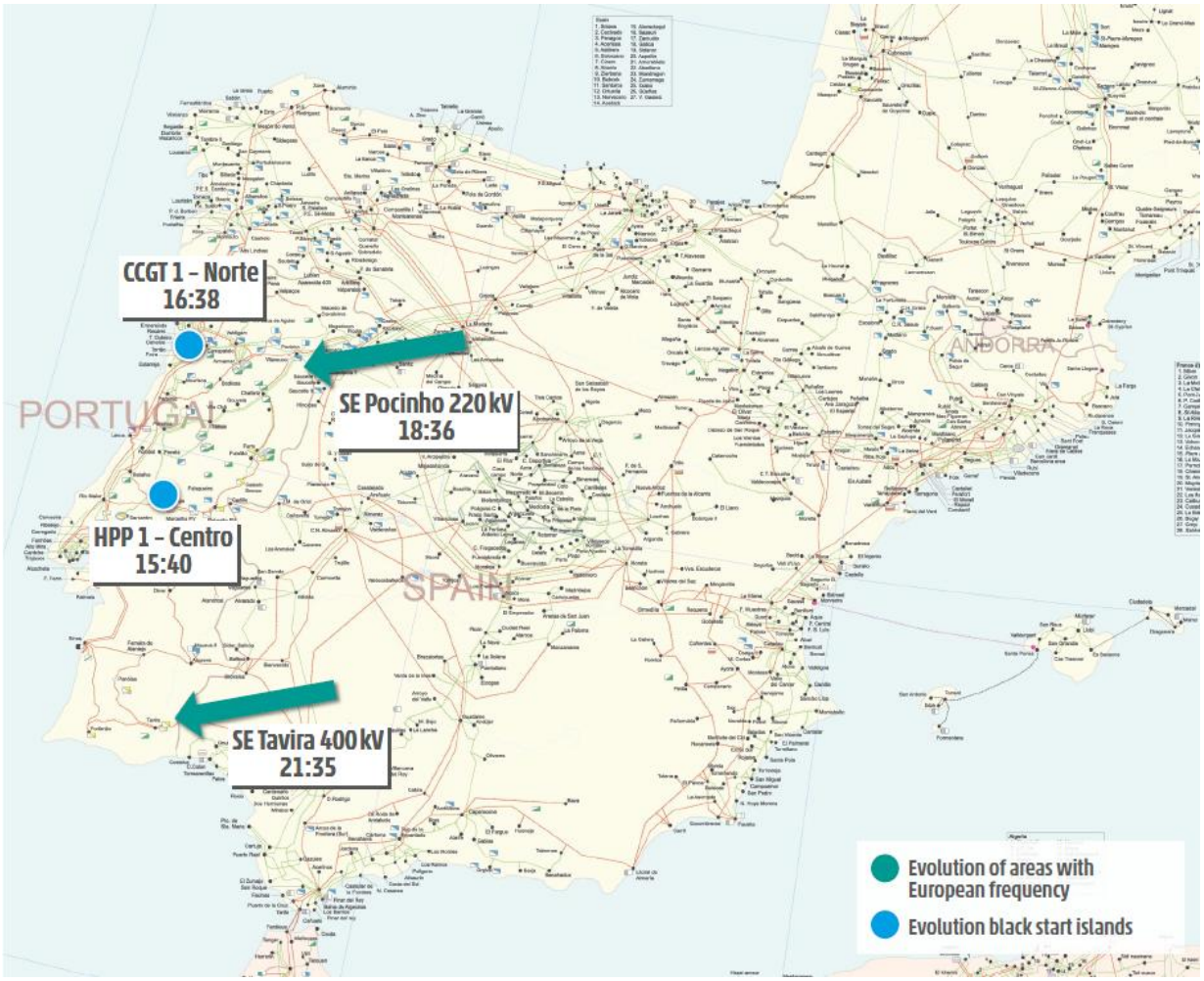

Figura 9 — Sequência temporal da reposição do sistema em Portugal e Espanha (cronologia dos *black-starts*, reconexões a França e Marrocos). **Fonte:** ENTSO-E, Factual Report (2025).

Tabela 3 – Principais marcos do restabelecimento

Hora	Evento	Local	Observações
12:43	Restabelecida ligação Argia–Hernani	ES–FR	Ligação inicial a França (ES–FR)
18:36	Religação Aldeadávila–Pocinho	PT–ES	ES–Marrocos (repetida mais tarde)
00:22 (29/04)	Restabelecimento completo em Portugal	PT	Ligação que restabeleceu tensão em Portugal
04:00 (29/04)	Restabelecimento completo em Espanha	ES	Tensão e frequência restabelecidas

6. Análise Preliminar do RCC e Comunicação entre TSOs

As análises de *Outage Planning Coordination* - Coordenação de Planeamento de Indisponibilidades (OPC) , Short-Term Adequacy - Adequação de Curto Prazo (STA) e *Coordinated Security Analysis* - Análise de Segurança Coordenada (CSA) realizadas pelos Centros Regionais de Coordenação (RCC) não evidenciaram incompatibilidades críticas nem situações que violassem o critério N-1 nos respectivos horizontes de planeamento. Durante a ocorrência do evento, os mecanismos de comunicação entre os Operadores da Rede de Transporte (TSO), os RCC e as entidades da ENTSO-E, incluindo o sistema ENTS-O-E Awareness System, revelaram-se determinantes para uma resposta coordenada no restabelecimento do serviço.

7. Classificação e Lições

O incidente foi classificado como de Escala 3 segundo a metodologia ICS, devido à perda total de tensão e de procura na Península Ibérica. Em França a violação observada foi de Escala 1 (OV1) associada a episódios de sobretensão.

Tabela 4 – Classificação ICS do incidente

País	Critério violado	Escala ICS
Portugal	OB3 (colapso total de tensão)	3
Espanha	OB3 (colapso total de tensão)	3
França	OV1 (sobretensão local)	1

8. Observações Técnicas e Recomendações Preliminares

Com base nas evidências factuais apresentadas no relatório, propõem-se as seguintes observações e medidas a considerar no relatório final e nas práticas operacionais:

1. Reforço de mecanismos de controlo de tensão e coordenação de actuações topológicas em cenários de elevada penetração renovável, com regras claras sobre a utilização de reactores shunt e modos de operação do HVDC.

2. Avaliação da sensibilidade das protecções de geradores distribuídos e de pequenas centrais (<1 MW) face a variações de tensão e frequência, promovendo a recolha de registos de falhas por parte dos proprietários.
3. Acelerar a implementação e teste de soluções de inércia sintética, resposta rápida de potência e gestão de reactivos por activos distribuídos e unidades de armazenamento.
4. Reforçar os requisitos de telemetria e a disponibilidade de ficheiros de registo (*fault recorders*) por parte de geradores relevantes, para permitir análises posteriores exaustivas.
5. Realização de exercícios coordenados RCC/TSO que incluam cenários de perda concentrada de geração renovável e interacções entre manobras topológicas e sistemas de protecção.

9. Referências e Notas

Este documento foi elaborado com base no Relatório Factual do Painel de Peritos da ENTSO-E ("Grid Incident in Spain and Portugal on 28 April 2025 — Factual Report", 3 October 2025) e nos anexos publicados anexa-mente.

10. Conclusão

O relatório confirma que o apagão resultou de uma combinação de desligamentos de geração renovável, insuficiente compensação de potência reactiva e fragilidade estrutural da rede ibérica. O processo de recuperação demonstrou a resiliência dos operadores, mas também expôs vulnerabilidades, como em Portugal, que deverão ser alvo de recomendações no relatório final da ENTSO-E.

Este relatório é um **Relatório Factual**, portanto, **não apresenta conclusões sobre as causas ou responsabilidades**. O seu objectivo é estabelecer e documentar todos os fatos e dados colectados sobre o incidente.

A principal "conclusão" do Relatório Factual é a **descrição detalhada da sequência de eventos** que levou ao apagão, baseada nos dados disponíveis até 22 de Agosto de 2025.

Em resumo, o relatório factual **conclui que**:

1. **O colapso foi precipitado por uma cascata de saídas de geração** (principalmente solar e eólica) que começaram às **12:32:57**.
2. **O evento inicial crítico** foi o disparo por sobretensão de um transformador, de ligação à rede, de 355 MW em Granada.
3. Nos segundos seguintes, uma série de outras centrais solares e eólicas desligaram-se, muitas devido a protecções de sobretensão, totalizando mais de **2.5 GW de geração perdida em menos de um minuto**.
4. Essas saídas em massa, particularmente de unidades que consumiam energia reactiva, causaram um **aumento severo da tensão** e uma **queda da frequência** no sistema ibérico.
5. Os planos de defesa automáticos do sistema (como o deslastre de carga) foram activados, mas **não foram suficientes** para conter o colapso.
6. O sistema ibérico **perdeu o sincronismo** com o resto da Europa e, após o desligamento das linhas de interligação com a França e Marrocos, entrou em colapso total.

O Relatório Factual **evita deliberadamente** tirar conclusões, que são o objectivo do próximo relatório:

- **Causa Raiz:** Por que a tensão estava tão alta e instável na manhã do incidente? Por que as oscilações começaram?
- **Análise de Responsabilidades:** As acções dos operadores e os protocolos seguidos foram adequados? Os códigos de rede e as normas de conexão são suficientes?
- **Recomendações:** O que deve ser mudado nos procedimentos, na regulamentação, na infra-estrutura ou na operação do sistema para evitar que um evento semelhante se repita?
- **Análise Aprofundada:** Uma investigação mais detalhada sobre o comportamento de geradores específicos, a eficácia dos estabilizadores de rede (PSS), e o papel exacto do elo HVDC.

Glossário Técnico - Artigo "Apagão Ibérico de 2025"

Termos de Engenharia Electrotécnica

Potência Ativa

- *Unidade:* W (Watt)
- *Definição:* Potência real que efectivamente realiza trabalho útil nos equipamentos eléctricos. Responsável pelo funcionamento de motores, iluminação e outros consumos.

Potência Reactiva

- *Unidade:* VAr (Volt-ampere reactivo)
- *Definição:* Potência que não realiza trabalho útil, mas é necessária para criar os campos electromagnéticos em equipamentos indutivos.

Tensão Nominal

- *Exemplo:* 400 kV
- *Definição:* Valor de tensão para o qual a rede foi projectada e onde deve operar em condições normais.

Sobretensão

- *Definição:* Elevação anormal da tensão acima do valor nominal, podendo danificar equipamentos e desencadear actuação das protecções.

Frequência

- *Valor Nominal:* 50 Hz (Europa)
- *Definição:* Número de ciclos por segundo da corrente alternada. Indicador crítico do equilíbrio entre geração e consumo.

Componentes de Rede

Transformador de Ligação à Rede

- *Sinónimos:* Transformador de elevação, transformador step-up
- *Definição:* Transformador que eleva a tensão da energia gerada numa central para a tensão da rede de transporte (ex: 400 kV).

Reactor Shunt

- *Definição:* Componente indutivo ligado em paralelo entre condutor e terra, que absorve potência reactiva capacitiva das linhas, ajudando a controlar sobretensões.

Interligações HVDC

- *Significado:* High-Voltage Direct Current
- *Definição:* Ligações de corrente contínua de alta tensão que permitem ligação entre redes não sincronizadas e oferecem controlo preciso de fluxos de potência.

Subestação

- *Definição:* Instalação onde se interligam diferentes linhas e onde se transformam níveis de tensão, equipada com disjuntores, transformadores e sistemas de protecção.

Conceitos de Operação de Rede

Critério N-1

- *Definição:* Princípio fundamental que garante que a rede permanece estável após a contingência simples de qualquer componente crítico (linha, transformador ou gerador).

Sincronismo

- *Definição:* Condição em que todas as unidades geradoras e cargas do sistema operam à mesma frequência e com relações de fase estáveis.

Oscilações Inter-Área

- *Definição:* Flutuações de potência que ocorrem entre diferentes áreas do sistema, com frequências típicas entre 0.1-1.0 Hz.

Deslastre de Carga

- *Definição:* Desligamento automático e selectivo de consumos para preservar a estabilidade do sistema quando a frequência cai abaixo de valores críticos.

Entidades e Organizações

ENTSO-E

- *Significado:* European Network of Transmission System Operators for Electricity
- *Função:* Associação que reúne os operadores de rede de transporte europeus.

TSO

- *Significado:* Transmission System Operator
- *Exemplos:* REN (Portugal), REE (Espanha)
- *Função:* Entidade responsável pela operação, manutenção e desenvolvimento da rede de transporte.

RCC

- *Significado:* Regional Coordination Centre
- *Função:* Centros que coordenam a operação regional e realizam análises de segurança.

Tipos de Geração

Geração Renovável Intermitente

- *Exemplos:* Solar fotovoltaica, eólica
- *Características:* Produção variável e não despachável, dependente de condições meteorológicas.

Geração Despachável

- *Exemplos:* Térmica (gás, carvão), hídrica com albufeira
- *Características:* Produção controlável que pode ser ajustada conforme as necessidades do sistema.

Sistemas de Protecção e Controlo

Protecções de Sobretensão

- *Definição:* Dispositivos que desligam automaticamente os equipamentos quando a tensão excede limites pré-definidos.

Planos de Defesa de Sistema

- *Definição:* Conjunto de medidas automáticas e procedimentais para preservar a integridade do sistema perante contingências.

Black-Start

- *Definição:* Capacidade de uma central arrancar sem apoio da rede externa, crucial para a reposição de serviço após colapso total.

Conceitos de Mercado e Planeamento

Mercado Diário

- *Definição:* Mercado onde se negoceia a energia para o dia seguinte, reflectindo o custo marginal de produção.

Adequação de Curto Prazo (STA)

- *Definição:* Análise que avalia o equilíbrio entre oferta e procura no horizonte de alguns dias.

Análise de Segurança Coordenada (CSA)

- *Definição:* Estudo que verifica a robustez da rede face a contingências, garantindo o cumprimento do critério N-1.

Classificação de Incidentes

ICS

- *Significado:* Incident Classification Scale
- *Definição:* Metodologia europeia para classificar a gravidade de incidentes na rede.

Escala 3 (ICS)

- *Critério:* Colapso total de tensão (critério OB3)
- *Exemplo:* Apagão ibérico de 2025

Escala 1 (ICS)

- *Critério:* Violações operativas localizadas (ex: OV1 - sobretensão local)