

Data: 17 de Fevereiro 2025

Subject: Contextualização do Uso de Tecnologias Digitais no PDIRT

Através do presente documento, a Enline Energy Solutions pretende contextualizar e elucidar o impacto da utilização de tecnologias digitais em sistemas elétricos de potência no âmbito do PDIRT (Plano de Desenvolvimento e Investimento da Rede de Transporte de Eletricidade), defendendo a sua adoção generalizada. Detalha-se, em especial, a importância destas tecnologias para otimizar o uso da rede elétrica, acompanhando as exigências em torno da eletrificação e da descarbonização.

Importância das Redes e do PDIRT para uma Transição Energética Eficiente

As redes elétricas desempenham um papel central na transição energética, permitindo:

1. **Integração competitiva de renováveis:** Ligação eficiente de parques eólicos, solares e outras fontes às áreas de consumo, reduzindo o congestionamento/*curtailment* e maximizando a utilização de energia renovável.
2. **Flexibilidade operacional:** Redes mais inteligentes e digitalizadas permitem responder rapidamente às variações na produção e no consumo de energia, essenciais para lidar com a intermitência das renováveis. Garantem a estabilidade e a segurança do sistema elétrico em cenários de elevada penetração renovável.
3. **Eficiência energética:** Redes otimizadas reduzem perdas de energia, contribuindo para uma utilização mais eficiente dos recursos. Menores perdas traduzem-se em custos mais baixos para os consumidores e no aumento da competitividade económica.

O PDIRT como Pilar da Transição Energética

O PDIRT é um plano estratégico alinhado com as metas nacionais e europeias de descarbonização. Destacam-se os seguintes benefícios:

1. **Planeamento de longo prazo:** Antecipação das infraestruturas necessárias para acomodar o crescimento da capacidade renovável, sobretudo em regiões com elevado potencial solar/eólico.

2. Modernização tecnológica: Investimentos em digitalização, automação e tecnologias como *Dynamic Line Rating* (DLR), que aumentam a eficiência e flexibilidade da rede.
3. Redução de custos de Sistema: Planeamento otimizado evita investimentos desnecessários ou redundantes, garantindo uma transição energeticamente eficiente e economicamente sustentável para o sistema elétrico e os consumidores.
4. Descarbonização Acelerada: Viabiliza o transporte de grandes volumes de energia renovável, contribuindo diretamente para a redução das emissões de carbono.
5. Ligação de Recursos Distribuídos: O plano facilita a integração de recursos energéticos distribuídos (DERs), como sistemas de autoconsumo e baterias, promovendo a descentralização da produção de energia.

Desafios Críticos e Oportunidades de Digitalização

Embora o PDIRT já reconheça a importância da aposta na digitalização, é crucial que a REN vá além dos investimentos atuais. Nesse sentido, importa:

1. Ampliar a Digitalização

- Implementação de *Digital Twins*, monitorização em tempo real e inteligência artificial para otimizar a capacidade de transporte, considerando condições climáticas e elétricas dinâmicas.
- Exemplo: Modelos *sensorless* de DLR (como os adotados pela Finlândia na rede de 400 kV) permitem reduzir custos de infraestrutura, nomeadamente na instalação de sensores em todos os segmentos da rede.

2. Generalizar Dynamic Line Rating (DLR) e Dynamic Transformer Rating (DTR)

- Generalização de DLR e DTR para maximizar a capacidade da rede existente, adiando investimentos em novos ativos.

3. Aceleração da Expansão da Rede

- Garantir que a expansão da rede acompanhe o crescimento das renováveis, especialmente com os novos projetos de energia eólica offshore e solar previstos para os próximos anos.
- Integração de IA na avaliação de projetos, combinando dados climáticos e algoritmos de *machine learning* para otimizar infraestruturas.

4. Colaboração com diferentes Stakeholders

- Trabalhar de forma mais próxima com reguladores, operadores de mercado e produtores para assegurar um planeamento integrado e eficiente
- Disponibilizar informação da rede de forma transparente, facilitando o diálogo entre *stakeholders* e a tomada de decisão coletiva.

5. Assegurar uma transição competitiva

- Alavancar fundos europeus, como o Plano REPowerEU, para acelerar investimentos e mitigar impactos financeiros nos consumidores.

Importância do Investimento em Soluções Digitais

O avanço na digitalização das redes elétricas é um passo fundamental para a modernização e eficiência do sistema elétrico, especialmente num contexto de transição energética. Soluções como o *Digital Twin* são a base para uma rede inteligente.

Um *Digital Twin* é uma réplica virtual da rede que permite:

1. Monitorização integral em tempo real.
2. Redução de *curtailment* através de previsão de limitações na rede.
3. Manutenção predictiva, identificando falhas antes que se tornem problemas críticos, melhorando a disponibilidade e fiabilidade do sistema e reduzindo custos com interrupções.
4. Planeamento estratégico através de simulação de cenários futuros, como o aumento da procura ou da penetração de renováveis.

Digitalização e Otimização da Rede Elétrica com Tecnologias Dinâmicas (DLR e DTR)

Os conceitos de *Dynamic Line Rating* (DLR) e de *Dynamic Transformer Rating* (DTR) referem-se ao uso de soluções digitais e análises em tempo real para determinar a capacidade operacional dinâmica de linhas de transmissão e transformadores, respetivamente. Essas tecnologias otimizam a utilização dos ativos existentes com base em condições reais de operação e ambiente, em vez de depender apenas de limites estáticos de projeto.

A digitalização permite transformar a rede elétrica num sistema inteligente baseado em dados, incorporando:



1. Monitorização em tempo real com a utilização de sensores, dispositivos IoT ou modelos matemáticos para representar e processar dados sobre os ativos da rede, como linhas de transmissão e transformadores.
2. Análises avançadas com recurso à utilização de IA, *machine learning* e *big data* para otimizar as operações da rede e prever o seu comportamento.
3. Automação com a implementação de sistemas automáticos para responder de forma rápida e eficaz a condições dinâmicas.

Estes elementos criam uma rede que se adapta dinamicamente às mudanças nas condições de operação, mantendo o equilíbrio e a estabilidade da rede elétrica.

Dynamic Line Rating (DLR)

O DLR ajusta dinamicamente a capacidade operacional das linhas de transmissão com base em fatores ambientais, como:

- Temperatura.
- Vento.
- Radiação solar.

Benefícios do DLR:

- Desbloqueio de capacidade não utilizada das linhas, com base em condições ambientais.
- Aumento na capacidade de transmissão sem custos de infraestrutura.
- Redução do *curtailment* de renováveis.
- Adiamento de investimentos em infraestruturas, reduzindo a necessidade de construir novas infraestruturas de transmissão.

Dynamic Transformer Rating (DTR)

O DTR ajusta dinamicamente a capacidade operacional dos transformadores com base em fatores reais, como:

- Temperatura do óleo do transformador
- Condições de carga
- Arrefecimento ambiente (por ar ou água)

Benefícios do DTR:

- Flexibilidade para sobrecargas temporárias durante picos.
- Melhoria na gestão de ativos: Prolongamento da vida útil dos equipamentos evitando falhas inesperadas.
- Reforço da estabilidade: Ao gerir dinamicamente os limites térmicos, o DTR previne sobreaquecimentos e desequilíbrios no sistema.
- Apoio à otimização do sistema: O DTR trabalha em conjunto com o DLR para equilibrar cargas em toda a rede, minimizando o esforço sobre os componentes críticos. Aliado a algoritmos ao auxílio de despacho de energia, o uso das capacidades dinâmicas de transporte dos elementos de transmissão e transformação culminam para uma otimização da rede, reduzindo a necessidade de investimentos em infraestrutura de longo prazo e maximizando a eficiência dos ativos elétricos. Desta forma, aplicados conjuntamente, permitem uma otimização global e dinâmica do sistema, tirando pleno partido de todo o seu potencial físico.

Garantir a Estabilidade da Rede

Embora a otimização aumente a eficiência, a estabilidade da rede deve permanecer uma prioridade. A digitalização com DLR e DTR assegura este equilíbrio e permite otimizar a rede no limite térmico dos elementos do sistema. Adicionalmente, a vantagem do DLR e do DTR em conjunto permite:

1. Tomada de decisão em tempo real: A monitorização contínua de dados garante que os operadores tenham informações atualizadas sobre as condições do sistema, permitindo ações corretivas imediatas.
2. Automação para resposta rápida: Redes digitalizadas utilizam controlos automáticos para ajustar dinamicamente as classificações de linhas e transformadores, evitando sobrecargas ou falhas em cascata.
3. Maior consciência situacional: Ferramentas avançadas de análise e visualização fornecem aos operadores uma visão clara do estado da rede, ajudando a manter a estabilidade mesmo em situações de elevado stress.
4. Integração com armazenamento de energia e resposta à procura: Ferramentas digitais permitem flexibilidade e coordenam recursos energéticos distribuídos (DERs), sistemas de armazenamento e medidas do lado da procura para gerir flutuações na geração e no consumo.

5. Manutenção preditiva: A deteção precoce de potenciais problemas garante que os ativos da rede sejam mantidos de forma proativa, evitando instabilidade causada por falhas inesperadas.

Principais Resultados de uma Rede Digitalizada e Otimizada

1. Máxima utilização da infraestrutura existente: As classificações dinâmicas dos elementos de rede permitem que os operadores utilizem os ativos de forma mais eficiente, sem comprometer a segurança.
2. Redução do *curtailment* de renováveis: A transmissão mais eficiente garante que a energia renovável seja utilizada ao máximo, apoiando os objetivos de descarbonização.
3. Adiamento de despesas de capital: A otimização dos ativos atuais atrasa e otimiza a necessidade de novos investimentos em capacidade de transmissão e transformadores.
4. Maior fiabilidade e estabilidade: A visibilidade e o controlo em tempo real garantem que a rede permaneça equilibrada, mesmo com a variabilidade das fontes renováveis e mudanças na procura.

Recomendações para a REN

A REN deve ser mais ambiciosa e ampliar sua estratégia digital, indo além dos pilotos de DLR previstos na proposta de PDIRT em discussão pública e adotar uma abordagem abrangente, incluindo DRT, seja ao nível das operações, seja ao nível do planeamento.

O conceito de *digital twin*, aliado às tecnologias de monitorização, análise de dados e inteligência artificial, enquadra-se de forma sólida no sistema elétrico português. Esta realidade representa uma oportunidade estratégica para a digitalização da rede, que se encontra em fase de expansão da sua capacidade de resposta face aos desafios de descarbonização do setor.

Recomendações resumidas para agregar valor:

1. *Digital Twin* integrado: Desenvolver uma réplica virtual da rede com dados em tempo real, capaz de simular cenários operacionais e

antecipar restrições, aproveitando condições meteorológicas dinâmicas e critérios de segurança adaptativos.

2. Generalização do DLR: Implementar DLR em todas as linhas de transporte para otimizar o uso da infraestrutura existente. Ao contrário do que vem na página 80 da proposta de PDIRT, o DLR não tem de ser uma solução dispendiosa, porque não tem de envolver sensores adicionais, nem investimento em hardware. A FinGrid, reconhecendo a viabilidade das soluções sensorless, tem em curso um concurso para DLR em toda a sua rede de 400kv.
3. Generalização do DTR: Implementar DTR em todos os transformadores para otimizar o uso da infraestrutura existente e complementar a classificação dinâmica da rede com o DTR.
4. Ferramentas complementares:
 - a. Automação avançada inteligente para controlo da rede.
 - b. Plataformas de IA e *big data* para análises preditivas.
 - c. Sistemas IoT para monitorização detalhada de ativos.
5. Plataforma centralizada: Consolidar todas as soluções digitais num único interface, garantindo eficiência operacional e coordenação estratégica.

Conclusão

A digitalização consolida a REN como líder em inovação e modernização no setor elétrico, reforçando a sua capacidade para responder a solicitações em número e volume crescentes de acesso à rede, seja do lado da produção, seja do lado do consumo. Ao investir em soluções digitais abrangentes, como o Digital Twin, o DLR e o DTR, a REN pode não apenas otimizar a operação e planeamento da sua rede, mas também liderar o caminho para uma transição energética acelerada, sustentável e competitiva em Portugal.