

EDITAL Nº 01/2025

PROCESSO DE SELEÇÃO PARA INGRESSO DE ALUNOS REGULARES NO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

NÍVEL: (X) Mestrado () Doutorado

Nome do(a) candidato(a): Guilherme Cardoso Candido

Título do pré-projeto de pesquisa: Desenvolvimento de Sistema de Apoio à Decisão em Tempo Real para Recomposição do Sistema Elétrico Brasileiro Baseado em Procedimentos de Rede do ONS

1. Contexto da Pesquisa / Tema

O Sistema Interligado Nacional (SIN), operado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), é um dos maiores sistemas elétricos do mundo, caracterizado por sua complexidade geográfica e diversidade de fontes de geração.

A recomposição de sistemas elétricos de potência é um processo crítico que visa restabelecer o fornecimento de energia elétrica após perturbações que resultem em desligamentos parciais ou totais do sistema. No contexto brasileiro, este processo é regulamentado pelos Procedimentos de Rede do ONS, especificamente pelo Submódulo 2.3, que estabelece metodologias e critérios para estudos da recomposição da rede de operação, incluindo duas fases distintas: fluente e coordenada. A fase fluente requer recomposição através de usinas de autorrestabelecimento (black start) com balanço adequado entre carga e geração, enquanto a fase coordenada exige verificação de múltiplos parâmetros técnicos.

Os Centros de Operação do Sistema (COS) enfrentam desafios significativos durante eventos de recomposição, onde operadores devem tomar decisões rápidas e precisas baseadas em centenas de alarmes e informações distribuídas em múltiplos sistemas.

Atualmente, a aplicação dos procedimentos de recomposição em tempo real, sob pressão e com um volume crescente de informações, pode ser otimizada por ferramentas computacionais. O avanço tecnológico, especialmente em linguagens de programação como Python e frameworks web como Django, oferece oportunidades para criar soluções ágeis e acessíveis que possam auxiliar os operadores em suas tomadas de decisão, minimizando o tempo de restabelecimento e os impactos econômicos e sociais de interrupções no fornecimento de energia.

2. Qualificação do principal problema a ser abordado

O principal problema a ser abordado é a lacuna existente entre a complexidade e o volume dos procedimentos de recomposição do ONS e a capacidade de um operador humano em processar e aplicar essas informações em tempo real. Diante dessa lacuna, surge a necessidade de uma ferramenta computacional integrada que traduza os procedimentos normativos de recomposição do sistema elétrico em interfaces de apoio à decisão em tempo real.

Problemas identificados:

1. Complexidade procedimental: Os procedimentos contidos nas Instruções de Operação para Recomposição de Rede do ONS são extensos e complexos, dificultando consulta e aplicação rápida durante os blecautes.
2. Fragmentação informacional: Informações críticas para recomposição estão dispersas dentro das instruções.
3. Limitações cognitivas: Sobrecarga de informações durante eventos críticos compromete a capacidade de análise dos operadores.
4. Situação de estresse: Aumento potencial de erros operacionais, que podem agravar a perturbação ou atrasar o restabelecimento, em situações de estresse.
5. Ausência de simulação: Falta de ferramentas para simulação rápida dos cenários de recomposição baseados nos procedimentos.
6. Tempo de resposta: Demora na localização e aplicação de procedimentos específicos durante situações críticas

Portanto, a falta de um sistema de apoio em tempo real, que integre os procedimentos de rede com dados operacionais dinâmicos, impacta diretamente a eficiência da recomposição do SIN.

A solução proposta visa automatizar parte do processo decisório, fornecendo recomendações baseadas em regras pré-definidas e da situação atual do sistema elétrico.

3. Justificativa Científica para o Tema

A pesquisa se justifica pelos seguintes aspectos:

- **Relevância para o setor elétrico:** A automação de processos críticos pode aumentar a eficiência e reduzir falhas humanas, através de um sistema de apoio à decisão.
- **Metodologia replicável:** Desenvolvimento de abordagem aplicável a outros procedimentos operativos.
- **Impacto social e econômico:** Interrupções no fornecimento de energia elétrica causam grandes prejuízos. Além disso, o suprimento contínuo de energia elétrica é essencial para serviços críticos como hospitais, sistemas de comunicação e transporte público. Portanto, a redução do tempo de recomposição através de

ferramentas automatizadas pode resultar em economia significativa para o setor elétrico e a sociedade, contribuindo diretamente para o bem-estar social.

- **Contribuição acadêmica:** O desenvolvimento de algoritmos de suporte à decisão baseados em procedimentos do ONS pode gerar publicações em áreas como Engenharia Elétrica e Ciência da Computação.

4. Referencial Teórico

A fundamentação teórica para este projeto de pesquisa abrangerá as seguintes áreas principais:

Operação em Tempo Real do Sistema Elétrico: Conceitos de contingência, recomposição e Procedimentos de Rede.

Sistemas de Suporte à Decisão: Modelos computacionais de auxílio à decisão aplicados a redes elétricas.

Engenharia de Software para Sistemas Críticos: Desenvolvimento de aplicações web de alta disponibilidade e escalabilidade.

Modelagem de Redes Elétricas: Topologias, diagramas unifilares e análise de fluxo de carga.

Plataformas de Desenvolvimento Web: Uso do framework Django (Python) para construção de aplicações web.

Integração de Dados em Tempo Real: Integração de dados operacionais via API.

E os principais autores e fontes a serem utilizadas:

Procedimentos de Rede do ONS (ONS, 2025);

Power System Stability and Control (KUNDUR, 1994);

The Visual Display of Quantitative Information (TUFTE, 2007);

Engenharia de Requisitos para Sistemas Críticos (UFPE, 2017);

Power System Restoration: Methodologies and Implementation Strategies (ADIBI, 2000);

Guidelines for power system restoration in the Brazilian system (GOMES et al, 2004);

Decision Support Systems and Intelligent Systems (TURBAN et al, 2011);

Software Engineering (SOMMERVILLE, 2016);

Recomposição de Sistemas Elétricos de Potência, Treinamentos e Ferramentas de Apoio à Recomposição (PESTANA, 2009);

Documentação do Django (DJANGO, 2025).

5. Objetivos

O objetivo geral é desenvolver e validar um protótipo de software em Python/Django que sirva como ferramenta de apoio à decisão em tempo real para a recomposição do sistema elétrico, automatizando a consulta e aplicação dos procedimentos de rede do ONS em cenários de contingência.

Os objetivos específicos, são os seguintes:

Levantamento de requisitos: Levantar requisitos operacionais junto a profissionais do setor elétrico;

Modelagem: Analisar e modelar computacionalmente os procedimentos de recomposição estabelecidos nos Procedimentos de Rede do ONS;

Desenvolvimento da plataforma: Implementar sistema web utilizando Django framework com funcionalidades específicas para consulta, execução e monitoramento de procedimentos de recomposição, com interface gráfica intuitiva e responsiva para operadores, priorizando usabilidade em situações de alta pressão operacional considerando requisitos de performance e disponibilidade;

Módulo de simulação: Implementar funcionalidade de simulação de cenários de recomposição baseados em dados históricos e procedimentos reais;

Integração de dados: Desenvolver módulos para integração com Sistema de Supervisão e Controle (SSC) através de API;

Testes, validação e avaliação dos usuários: Realizar testes e entrevistas com os usuários (engenheiros de operação), para validar e recolher avaliação de usuários.

6. Método de Pesquisa

A pesquisa será conduzida em três frentes principais:

1. **Pesquisa Aplicada:** Levantamento de requisitos, análise de procedimentos operacionais e definição das necessidades dos usuários finais (operadores do sistema elétrico).
2. **Desenvolvimento de Software:** Construção iterativa da plataforma, com desenvolvimento ágil, utilizando Python, Django, bancos de dados e integração com o SSC.
3. **Validação e Testes:** Realização de testes de desempenho, usabilidade e confiabilidade da plataforma com cenários simulados de falhas no sistema elétrico.

Além disso, serão utilizadas entrevistas com operadores e especialistas para avaliação qualitativa da ferramenta.

7. Principais Contribuições

As principais contribuições científicas desta pesquisa são:

- Algoritmos de sequenciamento conformes aos critérios das fases fluente e coordenada das Instruções de Operação de Recomposição de Rede do ONS;
- Sistema de verificação automática dos critérios de transição entre fases de recomposição;
- Contribuição para teoria de interface homem-máquina em sistemas elétricos.
- Rede de pesquisa: Fortalecimento de colaboração entre setor elétrico e universidade.

Com relação as contribuições tecnológicas, as principais são:

- Sistema web moderno para visualização de dados de sistemas elétricos em tempo real;
- Interface intuitiva para operadores de sistemas elétricos;
- Implementação de algoritmos de sugestão de manobras operacionais baseados no estado atual da rede.

- Avanço na integração de tecnologias web modernas ao ambiente de operação do sistema elétrico.

Por fim, pode-se destacar as seguintes contribuições para o setor elétrico:

- Ferramenta prática para auxiliar operadores na tomada de decisão;
- Redução do tempo de recomposição, e consequentemente de custos associados a interrupções no fornecimento;
- Melhoria na confiabilidade do sistema elétrico brasileiro;
- Modelo para desenvolvimento de ferramentas similares para outros procedimentos;
- Plataforma de treinamento para novos operadores; e
- Redução de erros humanos em situações críticas.

8. Cronograma

Mês	Atividades
1-3	Fundamentação Teórica
4-6	Análise de Requisitos e Modelagem
7-9	Desenvolvimento do backend
10-12	Desenvolvimento do frontend
13-15	Testes e validação
16-18	Avaliação da usabilidade e coleta de feedbacks dos usuários
19-21	Análise dos resultados
22-24	Redação da dissertação e apresentação

9. Referências

ADIBI, M. M. *Power System Restoration: Methodologies and Implementation Strategies*. 1ª edição. Wiley-IEEE Press, 2000.

DJANGO Software Foundation. **Documentação do Django**. Disponível em: <https://docs.djangoproject.com>. Acesso em: 18 jun. 2025.

KUNDUR, P. *Power System Stability and Control*. McGraw-Hill, 1994.

SOMMERVILLE, I. *Software Engineering*. 10ª Edição, Pearson. 2016.

TUFTE, E. R. *The Visual Display of Quantitative Information*. 2. ed. Graphics Press, 2007.

PESTANA, M. M. **Recomposição de Sistemas Elétricos de Potência, Treinamento e Ferramentas de Apoio à Recomposição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – UNIFEI, Itajubá, 2009.

RIBEIRO, S. M. S. **Engenharia de Requisitos para Sistemas Críticos**. Monografia (Mestrado em Ciência da Computação) – UFPE, Recife, 2017.

TURBAN, E., SHARDA, R. e DILLON, E. *Decision Support Systems and Business Intelligence Systems*. 9ª edição. Pearson. 2011.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2025). **Procedimentos de Rede - Módulo 2. Submódulo 2.3 - Premissas, critérios e metodologia para estudos elétricos**. Revisão 2025.02. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes> Acesso em: 18 jun. 2025.

GOMES, P., LIMA, C. S. de. e GUARINI, A. P. *Guidelines for power system restoration in the Brazilian system*. IEEE Transactions on Power Systems, vol. 19, no. 2, pp. 1159-1164, Maio 2004.