

Aplicação do Elipse em rede de distribuição de energia elétrica

Fabio da Silva Avelar^a, Alisson Stadler de Paula^b, Fausto Félix Batista Silva^c, Marco Túlio Corrêa de Siqueira^d e Danilo Fernandes Gomes^e.

^a Docente (Faculdade de Tecnologia SENAI CIC – 81310-000 – Curitiba – PR – Brasil), Av. Senador Accioly Filho, 298 – fabio.avelar@sistemafiep.org.br

^b Docente (Faculdade de Tecnologia SENAI CIC – 81310-000 – Curitiba – PR – Brasil), Av. Senador Accioly Filho, 298 – alisson.paula@sistemafiep.org.br

^c Docente (Faculdade de Tecnologia SENAI CIC – 81310-000 – Curitiba – PR – Brasil), Av. Senador Accioly Filho, 298 – fausto.silva@sistemafiep.org.br

^d Docente (Faculdade de Tecnologia SENAI CIC – 81310-000 – Curitiba – PR – Brasil), Av. Senador Accioly Filho, 298 – marco.siqueira@sistemafiep.org.br

^e Docente (Faculdade de Tecnologia SENAI CIC – 81310-000 – Curitiba – PR – Brasil), Av. Senador Accioly Filho, 298 – danilo.gomes@sistemafiep.org.br

Resumo

Através do modelo IEEE 123 nós, pensando em chaves automáticas com a capacidade de isolar uma falha momentânea e encontrar a melhor solução para religar áreas desprovidas de energia elétrica, foi implementado o supervisor Elipse E3 para uma melhor visualização para identificar o religamento. Assim é possível a identificação do trecho com falha imaginando isolá-lo, deixando o menor número de consumidores no menor tempo possível sem suprimento de energia. Com os resultados das simulações temos a expectativa de auxiliar engenheiros e operadores de centro de operação da distribuição do sistema elétrico tomarem melhores decisões para estes tipos de problemas com um bom embasamento computacional.

Palavras chave: Elipse E3; Supervisor; Redes de distribuição; Centro de operação da distribuição.

Application of Elipse in electricity distribution network

Abstract

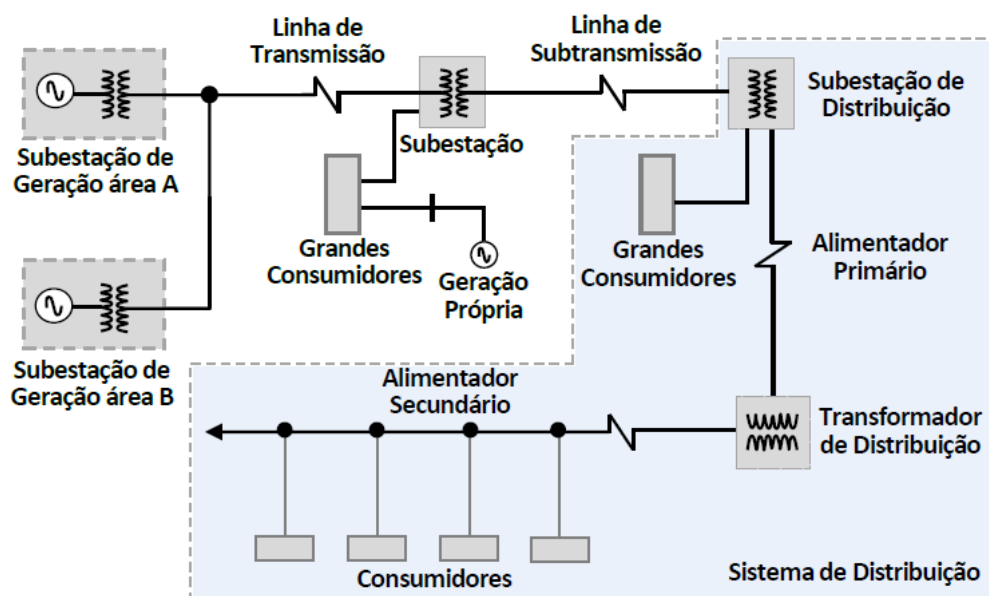
Through the IEEE 123 model, we have implemented the Elipse E3 supervisory for better visualization to identify the reclosing, considering automatic switches with the ability to isolate a momentary fault and find the best solution to reconnect depleted areas. Thus, it is possible to identify the faulted segment with the idea of isolating it, leaving the smallest number of consumers in the shortest possible time without power supply. With the results of the simulations we expect to help engineers and operators of the operation center of the distribution of the electrical system make better decisions for these types of problems with a good computational basis.

Key-words: Elipse E3, Supervisory, Distribution Networks, Distribution operation center.

1. Introdução.

Segundo Souza (2018) o sistema de distribuição de energia elétrica (SDEE) corresponde à parcela do sistema elétrico de potência a partir da subestação de distribuição, da qual deriva um conjunto de alimentadores. Portanto, é composto pelo conjunto de subestações de distribuição, cuja função é adequar a tensão elétrica ao nível primário de distribuição de energia; pelos segmentos primários de média tensão, compreendidos entre o conjunto de subestações e os transformadores de distribuição; e pelos segmentos secundários de baixa tensão, a partir dos transformadores de distribuição, cuja função é adequar a tensão a um nível secundário de fornecimento. Os consumidores estão alocados ao longo de todo o SDEE, principalmente de acordo com suas características e necessidades de consumo, e os níveis de tensão são regulamentados por legislação. Na Figura 1, ilustra-se um sistema elétrico de potência e destaca-se a parcela correspondente a um sistema de distribuição.

Figura 1: Diagrama esquemático de um sistema elétrico de potência: ilustra um sistema de distribuição radial



Fonte: Adaptado de Pabla (2005).

A topologia de um sistema elétrico de distribuição radial é equivalente à topologia de uma árvore geradora, da teoria de grafos. Por esse motivo, para a resolução de problemas de reconfiguração na literatura, os pontos de entrega de energia (subestações, transformadores) podem ser simplificados em barras e representados por vértices e os circuitos que ligam esses pontos (os alimentadores, os dispositivos de seccionamento) podem ser simplificados em ramos e representados por arestas. Nesse contexto, um ramo pode estar aberto ou fechado, dependendo se nesse ramo existe uma chave alocada. Os ramos fechados e energizados são os ramos da árvore geradora, e os ramos abertos são os ramos de ligação da árvore geradora (AMASIFEN

et al., 2013). Assim, nesse esquema, a reconfiguração consiste em trocar adequadamente um ramo fechado por outro aberto de forma a preservar uma estrutura plenamente conexa e não acíclica (sem malhas). No entanto, para a reconfiguração de um sistema de distribuição de energia elétrica radial não é suficiente apenas considerar factível uma estrutura conexa e não acíclica, é necessário considerar também os requisitos físicos e operacionais do sistema elétrico. Portanto, o problema de reconfiguração de sistemas elétricos está sujeito a restrições topológicas e a restrições operacionais.

Rodigheri (2013) em informa sobre algumas ferramentas úteis ao sistema de distribuição em diversas situações utilizam técnicas de simulação. A simulação representa um processo de desenvolvimento de um modelo computacional muitas vezes relacionados a um sistema real e que permita realizar experimentos com ele, fornecendo subsídios para que se possa entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação. Pode utilizar a simulação na verificação de desempenho de série de alternativas concorrentes para resolução de problemas de engenharia. Assim obtém-se resultados que podem auxiliar em uma tomada de decisão apontando alternativas mais apropriadas à situação, desde que os critérios sejam adequados para orientar tal busca.

Nos dias atuais vem aumentando o emprego de sistemas automatizados. Automação de uma maneira simples quer dizer a substituição de trabalhos humanos por computadores. Contudo a automação utilizada nas redes de distribuição gera uma inteligência na rede, assim originando o termo *smart grid* (VIERA, 2011)

Os Supervisory Control and Acquisition Data System, também denominado SCADA, permite monitorar, ajustar parâmetros e rastrear informações de um processo qualquer, as informações podem ser visualizadas por intermédio representações gráficas, sinóticos animados com indicações instantâneas das variáveis que existem no processo (vazão, temperatura, pressão, volume, velocidade, corrente, tensão) entre outras variáveis que possa existir dentro de um processo produtivo (MUYNARSK, 2015).

Tem-se a intenção por meio deste artigo demonstrar em um sistema supervisório a restauração de uma rede de distribuição de Energia Elétrica representada pelo modelo IEEE 123 Node Test Feeder (IEEE, 2014), conforme as premissas estabelecidas pela Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) utilizando para isso o Elipse (ferramenta SCADA).

2. Métodos e Procedimentos

Este trabalho tem caráter de pesquisa bibliográfica e exploratória experimental. Utilizou como base os dados alguns elementos do IEEE Xplore, dissertações e teses nas áreas de rede de distribuição energia elétrica.

2.1 Problemas comuns em redes de distribuição

Problemas como alocação de equipes para reparar as redes de distribuição em uma situação de desligamento pode demorar ainda mais ao considerar que semáforos estarão desligados, trânsito congestionado e desordenado. Pressão gerado pelo retorno de energia pelas pessoas que estão desprovidas da eletricidade (AVELAR, 2017)

A necessidade de isolar o trecho defeituoso, religar os trechos não afetados, associada a uma cidade sem energia com muitos veículos nas ruas, pode resultar em demora no restabelecimento da energia (AVELAR, 2017).

3. Aplicação da ferramenta no modelo escolhido

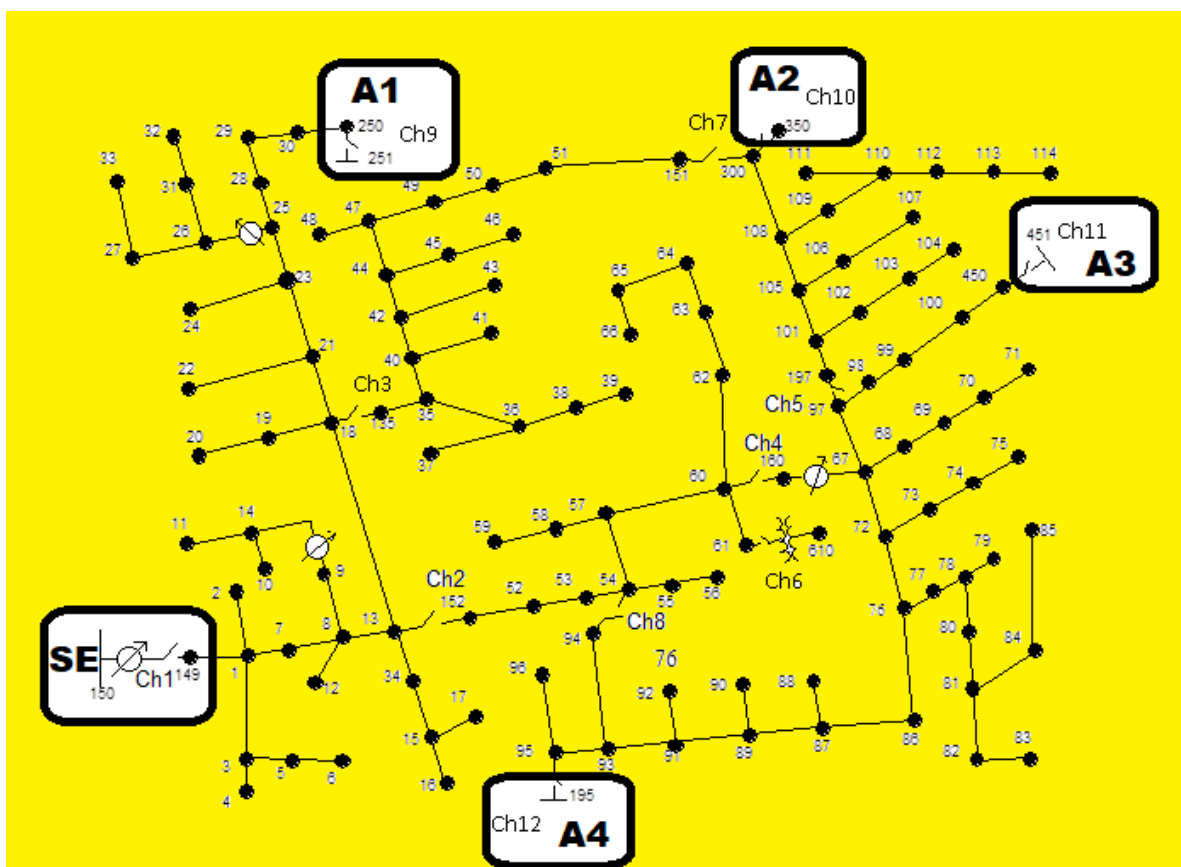
Partindo do pressuposto que o chaveamento já é conhecido, foi construída uma interface gráfica utilizando-se o *software* de sistema supervisor Elipse E3, de modo a representar um Centro de Operação da Distribuição (COD).

3.1 Modelo IEEE123 Node Test Feeder

Por ser um modelo de simulação oficial e portanto já consolidado; foi escolhido o IEEE 123 nós. Esse circuito é caracterizado por linhas aéreas e subterrâneas, carga desequilibrada com corrente constante, impedância e potência, quatro reguladores de tensão, bancos de condensadores *shunt* e chaves múltiplas. O circuito está com problemas de convergência mínimos (IEEE, 2014), conforme a figura 2.

Onde SE representa a subestação principal, A1, A2, A3 e A4 representam fontes alternativas de alimentação do circuito, e as Chaves Ch de 1 a 12 representam as chaves para manobrar o circuito elétrico.

Figura 2: IEEE 123 Node Test Feeder

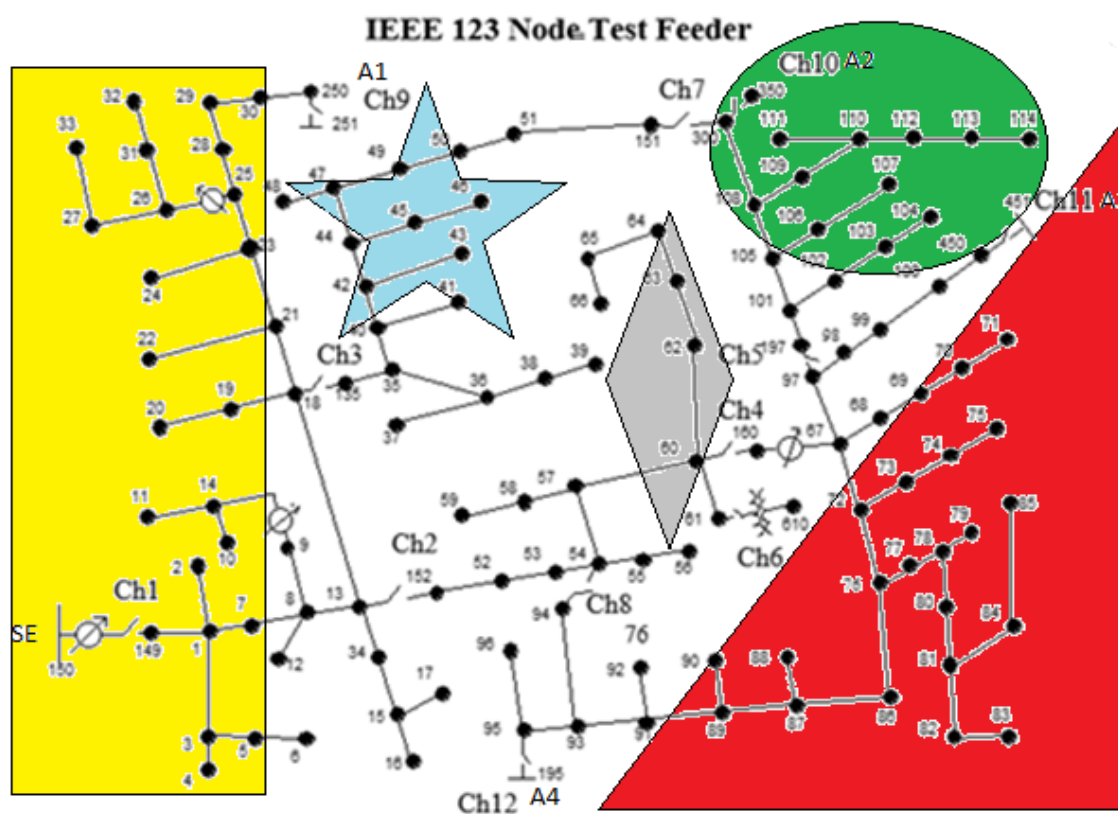


Fonte – Avelar, 2017

A figura 3 demonstra como ficaram as divisões dos setores para efeito de religamento ou isolamento de uma determinada área.

*“sendo que a delimitação está associada as chaves, as figuras coloridas são apenas para auxiliar na localização. Sendo **setor 1** situado nos limites do **retângulo amarelo** a esquerda das chaves 2 e 3 incluindo a subestação (SE). **Setor 2** delimitado pela **estrela azul** situado entre as chaves 3 e 7. **Setor 3** delimitado pelo **losango cinza** situado entre as chaves 2, 4 e 8. **Setor 4** delimitado pelo **triângulo vermelho** situado entre as chaves 4, 5 e 8. **Setor 5** delimitado pelo **círculo verde** situado entre as chaves 5 e 7. A falta ocorrendo em qualquer ponto dentro de um determinado setor, que não seja de divisa com outro, terá o mesmo efeito o alimentador inteiro ficará desligado e para religa-lo o setor inteiro ficará isolado dos demais. Todas as chaves são tripolares trifásicas, ou seja, abrem as três fases simultaneamente” (AVELAR, 2017).*

Figura 3: Divisões dos cinco setores



Fonte – Avelar, 2017

3.4 Simulações no Elipse E3

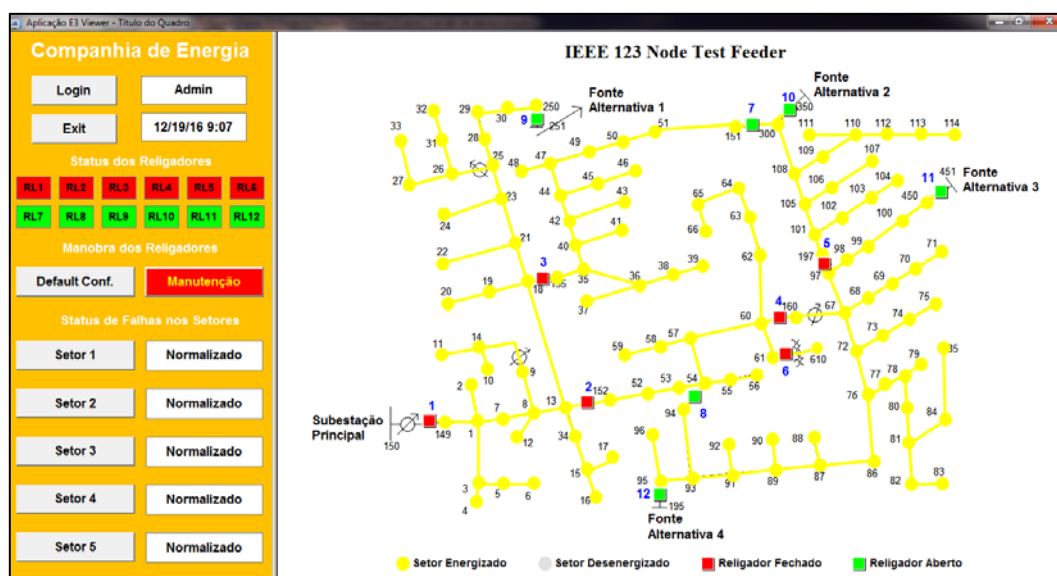
Para solucionar problemas, pós-falta de redes de distribuição de energia elétrica, é necessário primeiramente representar o problema, nesse artigo foi escolhido o modelo IEEE 123 nós, e o software foi o Elipse E3.

O Elipse E3 é ideal para sistemas e centros de controle, oferece escalabilidade e constante evolução para diversos tipos de aplicações, desde simples interfaces HMI, até complexos centros de operação em tempo real.

A seguir será representado o modelo do IEEE 123 nós no Elipse, sendo demonstrado situações onde a rede encontrase completamente desligada figura 5 até situação em que a rede está completamente ligada, figura 4.

A figura 4 demonstra a subestação alimentado toda a rede de distribuição, dizemos configuração normal da rede. As cores foram utilizadas para identificar as posições normais das chaves, sendo verdes para abertas e vermelhas para fechadas.

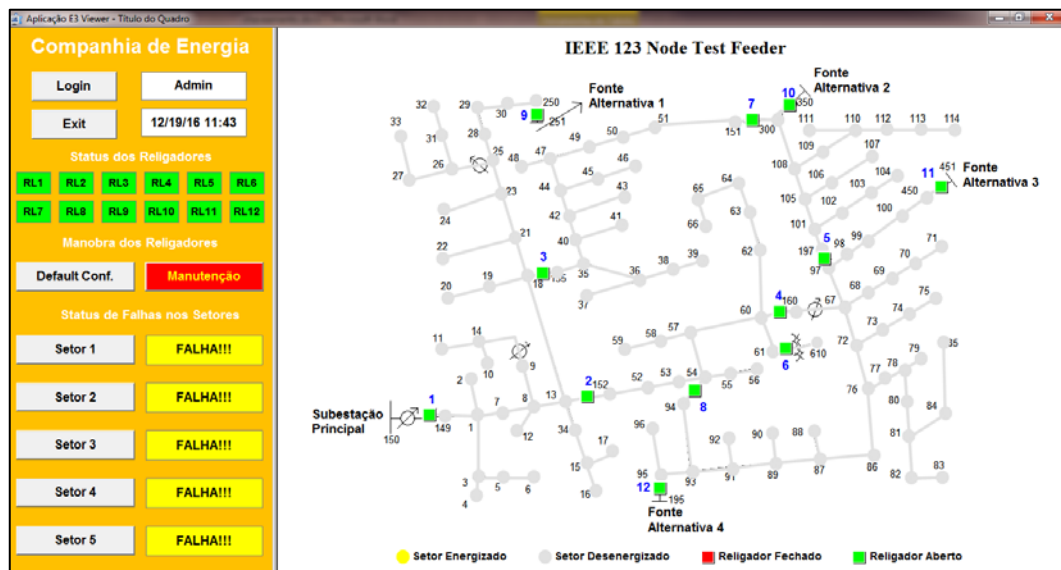
Figura 4: Configuração Normal do modelo IEEE



Fonte – Autores

Na figura 5 é apresentado um exemplo supervisorio em um Centro de Operação da Distribuição (COD) através do Elipse E3. A interface é amigável e de fácil visualização. Onde é apresentado a rede do modelo IEEE 123 nós completamente desligada, pode observar por meio das chaves nas cores verdes.

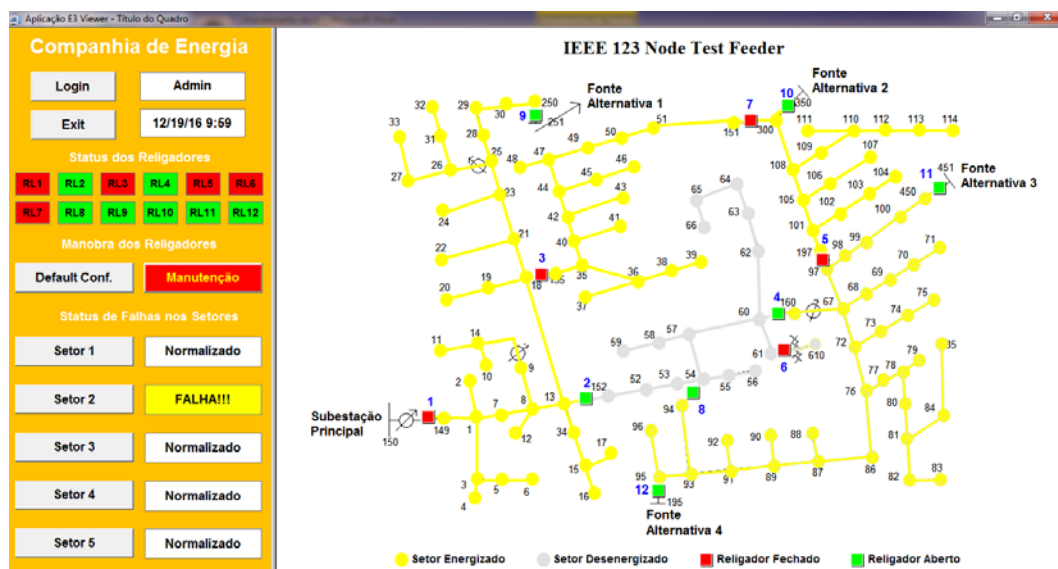
Figura 5: Rede toda desligada



Fonte: Autores

A figura 6 pode-se visualizar uma falha no setor número 2, onde foi necessário a abertura das chaves números 2 e 4 que são normalmente fechadas e precisaram ser abertas para deixar o setor com problemas isolado dos demais, além da necessidade de fechar a chave número 7 para alimentação do setor 5.

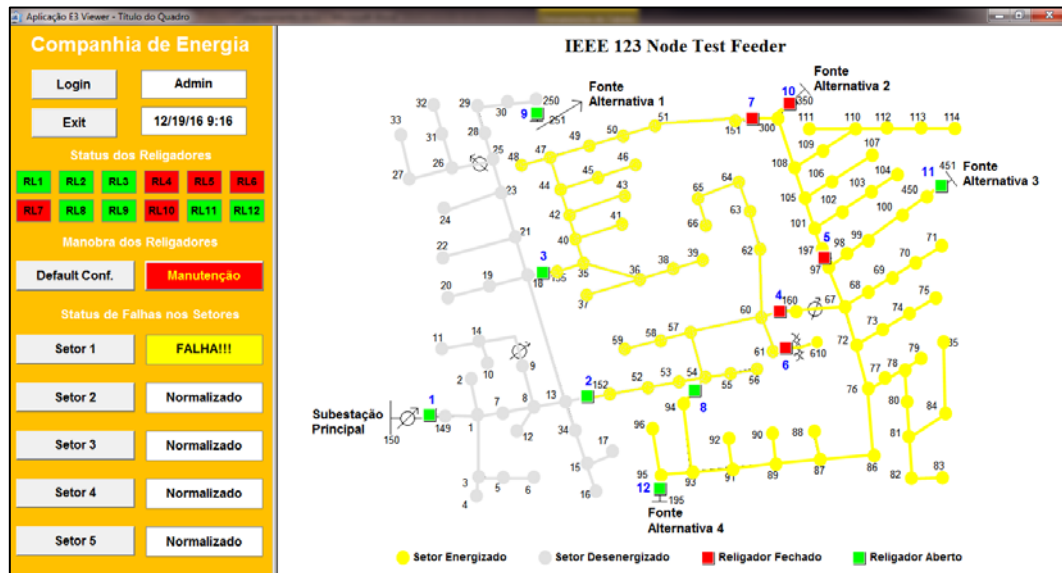
Figura 6: Falha no setor 2



Fonte: Autores

Figura 7 caracteriza uma falha no setor 1, onde impossibilita a alimentação do circuito elétrico pela subestação principal. Se faz necessário acionar a fonte alternativa número 2. Fechando a chave número 10 e 7, abrindo as chaves 2 e 3.

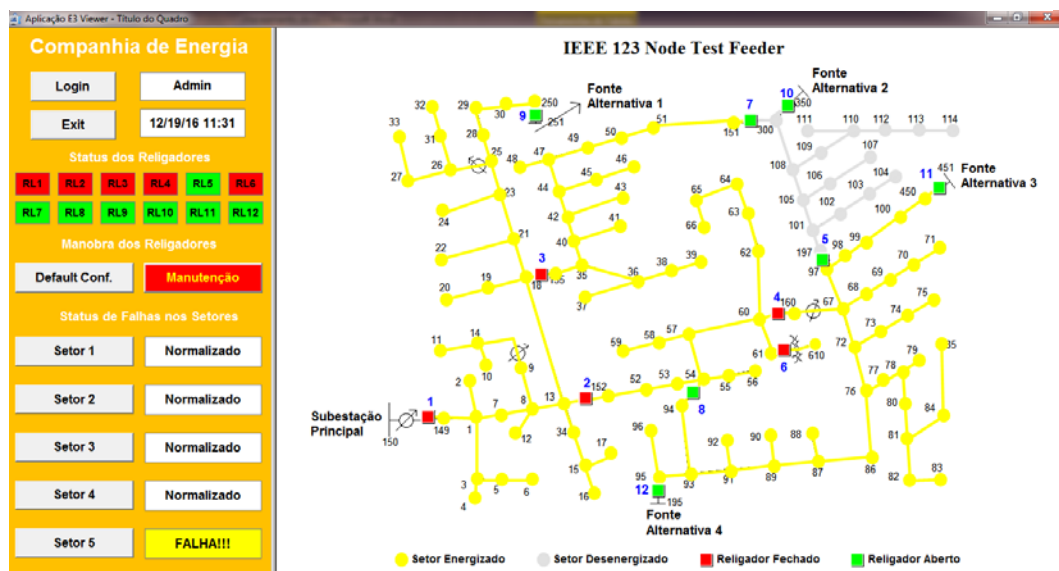
Figura 7: Falha no setor 1



Fonte: Autores

A figura 8 traz uma das falhas mais tranquilas de serem tratadas, comparadas as outras devido a simplicidade para isolar o setor com defeito, sendo necessário apenas a abertura da chave número 5.

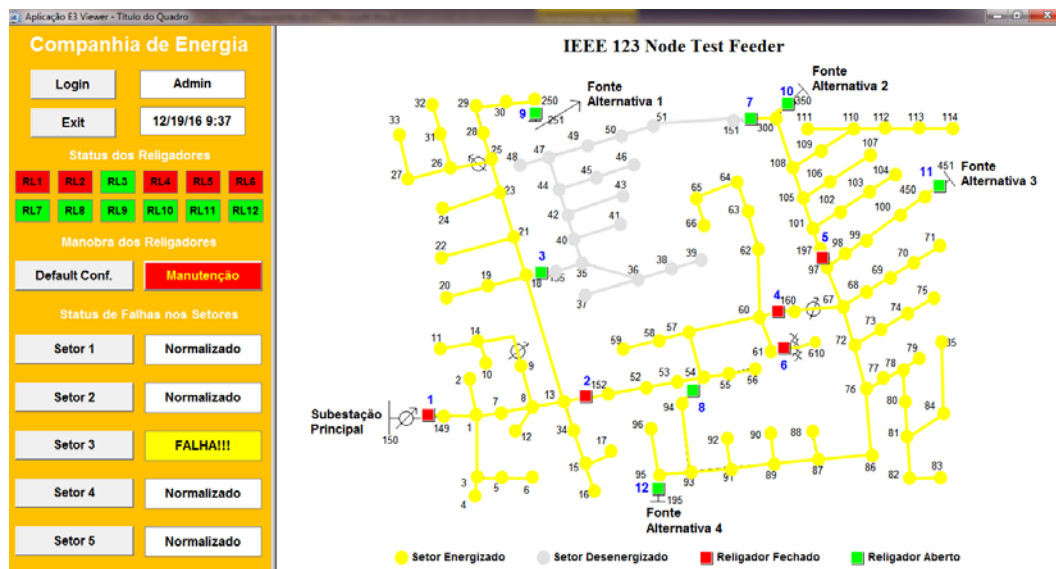
Figura 8: Falha no setor 5



Fonte: Autores

Na figura 9 é tratado falha no setor 3, que está sem energia e em amarelo (demais setores) com energia. Onde foi necessário apenas a abertura da chave número 3. Nesse caso o problemas manteva a simplicidade do anterior.

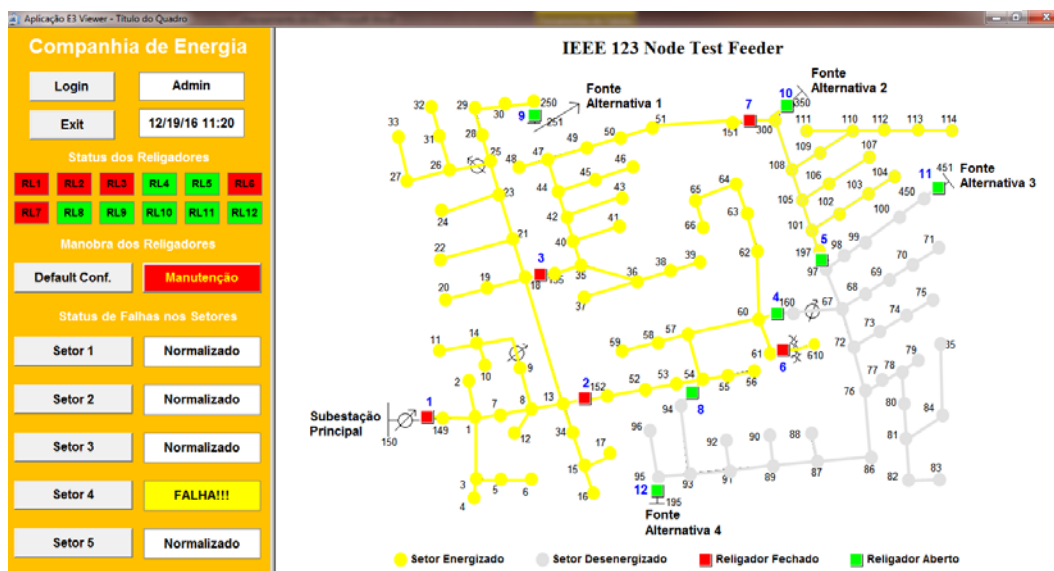
Figura 9: Falha no setor 3



Fonte: Autores

A figura 10 é uma falha do setor 4, onde foi necessário abertura das chaves 4 e 5, para manter os demais setores em funcionamento.

Figura 10: Falha no setor 4



Fonte: Autores

4. Discussões

O foco deste artigo foram as demonstrações dos desligamento, para tratamento de problemas de fluxo de potência, queda de tensão ou relacionados a estes é necessário um estudo mais aprofundado, a ideia é apenas dar o suporte para problemas maiores por meio da visualização dos defeitos nos respectivos setores.

Por meio das demais fontes alternativas é possível ter mais opções de alimentação, porém o artigo aqui se limitou a estas opções.

5. Conclusão

Pensando em uma solução amigável aos operadores de um sistema elétrico de potência no Centro de Operação da Distribuição, foi utilizado o sistema supervisor Elipse E3, que deixou mais visual quais são as alternativas para a situação pós-falta, ou seja, a solução do problema. Não foram consideradas falhas simultâneas, porém pode-se aplicar o método em outros sistemas para resolução de outras falhas em redes de distribuição de energia elétrica. Desta maneira, faz-se necessário a realização demais experimentos, para que se confirme a eficiência do método e torne conhecida essa nova técnica. Cabendo aos profissionais da engenharia elétrica sempre buscar soluções eficientes e otimização de serviços.

6. Referências.

Amasifen, Juan Carlos Cebrian; CUNHA, ANTÔNIO PAULO ; PEREIRA JÚNIOR, FRANCISCO ; MELLO, BENEDITO VIEIRA ; BEEKHUIZEN, LAMBERTO M. B. . Evolutionary Algorithm for Network Reconfiguration in Distribution Systems Considering Thermal Operational Conditions. Journal of Control, Automation and Electrical Systems, v. 1, p. 1-13, 2013.

AVELAR, F. DA S. FERRAMENTA DE SUPORTE PARA AUTORRECUPERAÇÃO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS, 2017. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <<http://www.albayan.ae>>.

MUYNARSK, O.; GARCIA, M. De Monitoramento E Controle De Máquinas Elétricas, Utilizando Microcontrolador Arduino E Supervisor Elipse Scada Para. Anais do Seminário ENIAC, , n. 2008, p. 98–107, 2015. Disponível em: <<http://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais/article/view/191>>.

RODIGHERI, A. Simulação da Confiabilidade de Redes Primárias de Distribuição Considerando Falhas Temporárias, Equipamentos Religadores , e Manobras de Restauração, 2013. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2013.

SOUZA, E. S. DE. Novas modelagens matemáticas para otimização do problema de restauração em sistemas de distribuição de energia elétrica radiais, 2018. Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista, Campus Ilha Solteira.

VIEIRA, JOSÉ; GRANATO, S. PLC como Tecnologia de Suporte à Smart Grid. Disponível em: <<http://smartgridnews.com.br/plc-como-tecnologia-de-suporte-a-smart-grid>>. Acesso em: 10/11/2017.

IEEE, “Distribution Test Feeders,” 2014.. Available: <https://ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/testfeeders/>.

PABLA, A. S. Electric power distribution. New York: McGraw-Hill, 2005.