**Avaliação dos Ativos de Média Tensão do Sistema Subterrâneo**

**Proposta técnica**

**Parceiro Financiador: Light**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE** | | | |
| **Nome** | **Titulação** | | **Função** |
| Vitor Hugo Ferreira | D.Sc. | | Coordenador |
| **Light** | | | |
| **Nome** | **Departamento** | | **Função** |
| Jessica Almeida de Souza | Engenharia | | Coordenadora |
| Versão | | Data de emissão | |
| 00 | | 14/11/2024 | |
| 01 | | 22/11/2024 | |
| 02 | | 28/11/2024 | |
| Final | | 12/12/2024 | |

**SUMÁRIO**

[0. Histórico de Versão do Documento 4](#_Toc184895368)

[1. Introdução 4](#_Toc184895369)

[2. Escopo do Projeto 4](#_Toc184895370)

[2.1. Objetivos 4](#_Toc184895371)

[3. Equipe 5](#_Toc184895372)

[4. Cronograma 7](#_Toc184895373)

[4.1. Etapa 01: Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade 8](#_Toc184895374)

[4.2. Etapa 02: Coleta, Organização, Compilação e Análise dos Dados Existentes 8](#_Toc184895375)

[4.3. Etapa 03: Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nos Dados Existentes 9](#_Toc184895376)

[4.4. Etapa 04: Levantamento em Campo 9](#_Toc184895377)

[4.5. Etapa 05: Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nas Inspeções 11](#_Toc184895378)

**ÍNDICE DE TABELAS**

[Tabela 1: Cronograma de execução 7](#_Toc184895379)

[Tabela 2: Entregáveis da etapa 1 9](#_Toc184895380)

[Tabela 3: Entregáveis da etapa 2 9](#_Toc184895381)

[Tabela 4: Entregável da etapa 3 9](#_Toc184895382)

[Tabela 5: Entregáveis da etapa 4 10](#_Toc184895383)

[Tabela 6: Entregável da etapa 5 11](#_Toc184895384)

1. Histórico de Versão do Documento

Este documento apresenta a versão final da proposta técnica intitulada “Avaliação dos Ativos de Média Tensão do Sistema Subterrâneo” aprovada pela Light por e-mail eletrônico em 11/12/2024 e correspondente à versão 02 do documento.

1. Introdução

Este documento apresenta a proposta técnica para execução do estudo técnico intitulado “Avaliação dos Ativos de Média Tensão do Sistema Subterrâneo” a ser desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Esta proposta e seus anexos constituem informações confidenciais e/ou privilegiadas, não estando autorizado o uso das mesmas para quaisquer outros fins que não sejam o de avaliação da proposta. Importante destacar também que uma vez definido o escopo e orçamento do projeto, a proposta comercial final será encaminhada pela Fundação Euclides da Cunha (FEC) de Apoio Institucional à Universidade Federal Fluminense (UFF), tomando como base os parâmetros estabelecidos na proposta técnica aprovada. Esta proposta técnica tem validade de 30 dias.

1. Escopo do Projeto

O presente projeto prevê a realização de atividades de pesquisa e de análise de dados necessárias para avaliação dos ativos de média tensão do sistema subterrâneo da Light. Tal avaliação é vital considerando a importância da rede subterrânea para a qualidade no fornecimento de energia na área de concessão da Light. Tendo em vista a extensão da referida rede subterrânea e os custos proibitivos para inspeção completa de todos os ativos desta rede, esta avaliação será feita a partir da análise dos dados técnicos e operacionais dos equipamentos atuais em conjunto com uma campanha de inspeção em trechos selecionados. Ao final do estudo será elaborado relatório executivo contendo um resumo dos resultados obtidos a partir das análises dos dados e dos resultados das inspeções em campo, sendo gerado um ranking de todos os ativos envolvidos no levantamento.

* 1. Objetivos

O presente projeto apresenta o seguinte objetivo geral:

* Avaliação dos ativos de média tensão do sistema subterrâneo da Light

Para consecução do referido objetivo geral devem ser atendidos os seguintes objetivos específicos:

* Definição de variáveis e critérios para classificação da criticidade de ativos
* Consolidação de uma base de dados técnicos e operacionais dos ativos da rede subterrânea da Light para fins de mapeamento da sua condição atual e criticidade
* Elaboração de metodologia para planejamento amostral dos itens a serem inspecionados relacionando o tamanho da amostra com o nível de confiança das estimativas produzidas
* Elaboração de protocolo para inspeção de redes subterrâneas (câmara transformadora, cabine, caixa de inspeção, caixa de seccionamento e plataforma civil) seguindo as melhores práticas, incluindo a indicação de instrumentos para ensaios em campo e das ações de inspeção a serem realizadas
* Definição do protocolo de inspeção a ser aplicado considerando a disponibilidade de equipamentos da Light e a expertise da sua equipe técnica atual
* Supervisão das inspeções em campo feitas pela equipe da Light
* Elaboração de ranking de criticidade dos ativos inspecionados e sinalização da criticidade dos demais ativos considerando o grau de confiança associado com a campanha de inspeção realizada

1. Equipe

A equipe de pesquisa envolvida na presente proposta envolve professores com larga experiência e notório saber nos principais temas relacionados ao projeto, a saber: Sistemas de Potência, Redes Subterrâneas, Engenharia de Manutenção, Analytics e Machine Learning. O nome dos professores, sua contribuição no projeto e a respectiva experiência na área são listados a seguir:

* Prof. Vitor Hugo Ferreira (Departamento de Engenharia Elétrica e Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações)
  + Função:
    - Coordenador
  + Lattes:
    - <http://lattes.cnpq.br/3961773765127529>
  + Experiência:
    - Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas e Controle pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) (2002), Mestrado (2005) e Doutorado (2008) em Sistemas de Potência pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ). Atualmente é professor associado nível 4 e subchefe do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense (UFF). Atuou como chair do Capítulo da Computational Intelligence Society (CIS) da Seção Rio do IEEE de 01/2015 a 03/2018, sociedade da qual é Senior Member desde agosto de 2017. Atuou como coordenador do Comitê Técnico de Sistemas de Potência da Sociedade Brasileira de Automática (SBA) de 01/2019 a 12/2020. Atua em projetos de P, D & I no âmbito das agências reguladoras do setor de energia (ANEEL e ANP) desde 2008 como pesquisador e desde 2013 como coordenador, desenvolvendo soluções de inteligência computacional baseadas em dados para solução de problemas do setor. Tem experiência em sistemas elétricos de potência, inteligência computacional e sistemas de apoio a decisão, atuando principalmente nos seguintes temas: analytics, machine learning, inteligência computacional, análise e previsão de séries temporais, diagnóstico de falhas, planejamento da manutenção, gestão de ativos, otimização e smart grids.
* Prof. Henrique de Oliveira Henriques (Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações)
  + Função:
    - Redes Subterrâneas
  + Lattes:
    - <http://lattes.cnpq.br/9249938782762635>
  + Experiência:
    - Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1978), mestrado em Computação Aplicada e Automação pela Universidade Federal Fluminense (1998) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal Fluminense, aposentado. Professor do programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da UFF (PPGEET). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: distribuição de energia, perdas, confiabilidade, manutenção, automação, redes inteligentes e atendimento a consumidores, com ênfase na aplicação de técnicas de Inteligência Artificial no entendimento do comportamento do mercado de energia e seus consumidores e no combate às perdas não- técnicas.
* Prof. Márcio Zamboti Fortes (Departamento de Engenharia Elétrica e Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações)
  + Função:
    - Engenharia de Manutenção e Qualidade de Energia
  + Lattes:
    - <http://lattes.cnpq.br/2603728793809604>
  + Experiência
    - Possui graduação em Engenharia Eletrica pela Universidade Severino Sombra (1991), Especialização em Manutenção pela UFRJ/UPADI (1999), MBA em Gestão de Negócios (IBMEC-2009), Mestrado em Engenharia de Energia pela Universidade Federal de Itajubá (2000) e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2007). É professor Associado III da Universidade Federal Fluminense (UFF) e atua nos Mestrados de Engenharia Elétrica e Telecomunicações e Profissional em Montagem Industrial. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em conservação e qualidade de energia, atuando principalmente nos seguintes temas: medição eletrônica, eletrônica de potência, gestão da manutenção e automação.
* Prof. Angelo Cesar Colombini (Departamento de Engenharia Elétrica e Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações)
  + Função:
    - Analytics, Machine Learning, Arquitetura e Desenvolvimento de Software
  + Lattes:
    - <http://lattes.cnpq.br/5358889614280850>
  + Experiência:
    - Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1990), graduação em Ciência da Computação pela Universidade de Franca no ano de (1999), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1994) e doutorado em Física Aplicada Sub-Área Computacional pela Universidade de São Paulo (1999). Atuou como consultor em empresas tais como Telefefonica (ADSL e ATM), Secretaria da Habitação do Estado de São Paulo (Infraestrutura e Governança), Química Amparo - fabricante dos produtos Ypê (Automação e Instrumentação Industrial), Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (Infraestrutura e PPP da Educação) e Volkswagen (Gestão de Projetos, Melhoria de Processos e Governança de TI). Tem experiência nas áreas de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, Telecomunicações, Automação Industrial, Redes Industriais, IHM, MES, Sistemas Digitais, Sistemas de Proteção e Coordenação de Proteção. Na área de computação, acumulou experiência em: Infraestrutura, Redes TCP/IP, Segurança de Informação, Banco de Dados, Sistemas de Gestão (ERP), Virtualização e Governança de TI.

1. Cronograma

O presente projeto tem duração prevista de 09 meses conforme cronograma de execução apresentado na Tabela 1. As etapas serão detalhadas nas próximas subseções.

Tabela : Cronograma de execução

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Meses | | | | | | | | |
| Etapa | Descrição | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Coleta, Organização, Compilação e Análise dos Dados Existentes |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nos Dados Existentes |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Levantamento em Campo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nas Inspeções |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Etapa 01: Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade

Esta etapa prevê a realização de reuniões e workshops com a equipe técnica da Light para delineamento dos critérios e das variáveis a serem monitoradas visando a classificação da criticidade dos ativos da rede subterrânea da Light. No escopo do presente projeto são considerados os seguintes ativos:

* Transformadores
* Câmaras transformadoras
* Cabines
* Caixas de seccionamento
* Caixas de inspeção
* Plataforma civil para pedestal e chaves
* Chaves a Gás
* Protetores Network

Para fins de caracterização da criticidade podem ser combinadas características técnicas e operacionais do ativo com critérios relacionados com a qualidade do fornecimento de energia elétrica tais como número de clientes afetados. Algumas características técnicas e operacionais do ativo podem ser obtidas através de bases de dados corporativas podendo ser citadas:

* Tempo em operação do ativo
* Histórico do número de operações
* Histórico do número de desligamentos segmentados por causa
* Histórico do nível de carregamento
* Número de clientes atendidos
* Histórico dos indicadores de continuidade do fornecimento (duração e frequência)

Outras características podem ser obtidas através de inspeções em campo, tais como:

* Resultado de ensaios em campo
* Avaliação da condição das estruturas civis (infiltração, ventilação, embuchamento)
* Integridade dos sistemas no que tange a furtos (elétrica/civil)

A disponibilidade dos dados corporativos será analisada conjuntamente com os critérios de criticidade definidos pela Light para fins de priorização (rankeamento) dos ativos. A Tabela 2 apresenta a lista de entregáveis da etapa 01, incluindo os prazos para conclusão das atividades e os responsáveis.

* 1. Etapa 02: Coleta, Organização, Compilação e Análise dos Dados Existentes

Esta etapa está relacionada com o processamento de todos os dados disponibilizados pela Light, a saber: parâmetros técnicos e parâmetros operacionais. Para tanto serão desenvolvidos códigos em Python para tratamento das diversas informações recebidas visando subsidiar a elaboração da matriz de priorização de ativos objeto da etapa 4. A Tabela 3 apresenta a lista de entregáveis previstos para a etapa 02.

Tabela : Entregáveis da etapa 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etapa | Nome | Entregável | Tipo | Data | Responsável |
| 1 | Classificação da criticidade | Relatório técnico com as variáveis e critérios para classificação da criticidade | Relatório | Final do mês 02 | UFF |

Tabela : Entregáveis da etapa 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etapa | Nome | Entregável | Tipo | Data | Responsável |
| 3 | Base de dados por unidade de análise | Base de dados contendo a caracterização de cada unidade de análise combinando os dados técnicos e operacionais | Base de dados | Final do mês 03 | UFF |

* 1. Etapa 03: Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nos Dados Existentes

Nesta etapa serão analisados os dados consolidados na etapa 02 visando construir a matriz de priorização e ranqueamento de ativos considerando o critério de criticidade estabelecido na etapa 01. Esta priorização levará em conta somente os dados técnicos e operacionais disponibilizados pela Light na etapa 01, sendo posteriormente revisitada considerando os resultados das inspeções em campo. A Tabela 4 apresenta o entregável da etapa 3.

Tabela : Entregável da etapa 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etapa | Nome | Entregável | Tipo | Data | Responsável |
| 3 | Matriz de Priorização e Ranqueamento de Ativos com Base nos Dados Existentes | Relatório com a matriz de priorização e ranqueamento de ativos com base nos dados existentes | Relatório | Final do mês 04 | UFF |

* 1. Etapa 04: Levantamento em Campo

Nesta etapa serão executadas atividades de pesquisa e análise de dados para planejamento das inspeções em campo. Diante da extensão da rede subterrânea da Light e dos custos elevados para realização de inspeções em todo o parque, a quantidade e os locais a serem inspecionados serão definidos por meio de amostragem estatística. A UFF irá também sugerir um protocolo de inspeção para cada segmento de rede subterrânea em análise considerando as melhores práticas internacionais. Este protocolo inclui a realização de medições e ensaios em campo que demandam instrumentos dedicados e capacitação técnica da equipe. Considerando a disponibilidade de recursos da Light, este protocolo será adaptado gerando assim o protocolo de inspeção a ser aplicado no levantamento em campo. São admitidas as seguintes premissas:

* As inspeções em campo serão realizadas nos seguintes segmentos da rede subterrânea da Light:
  + Câmara transformadora
  + Cabine
  + Caixa de inspeção
  + Caixa de seccionamento
  + Plataforma civil
* Os dados técnicos e operacionais necessários para a realização da estratificação da amostra e demais análises são de responsabilidade da Light
* O dimensionamento da amostra (número de inspeções e locais a serem inspecionados) está condicionado à disponibilidade dos dados fornecidos pela Light tais como localização geográfica, parâmetros técnicos e parâmetros operacionais
* O número de inspeções a serem realizadas e os respectivos locais será definido pela Light a partir do dimensionamento sugerido pela UFF. Importante registrar que o nível de confiança das estimativas obtidas a partir da amostra está diretamente relacionada com a qualidade da amostra em termos de número de inspeções e também dos locais inspecionados
* A equipe para realização das inspeções em campo é de responsabilidade da Light, sendo responsabilidade da UFF a proposição do protocolo de inspeção a ser realizada (incluindo checklist) e a disponibilização de um profissional habilitado para acompanhamento das inspeções
* Os ensaios e demais ações a serem realizadas nas inspeções em campo estarão condicionadas à disponibilidade de instrumento por parte da Light e também da capacitação técnica da equipe da Light para realização dos ensaios e das inspeções.

A Tabela 5 apresenta a lista de entregáveis da etapa 4 juntamente com os prazos para conclusão e entrega de cada produto.

Tabela : Entregáveis da etapa 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etapa | Nome | Entregável | Tipo | Data | Responsável |
| 2 | Planejamento Amostral | Relatório com o dimensionamento da amostra e a indicação de pontos a serem inspecionados | Relatório | Final do mês 05 | UFF |
| Planejamento das Inspeções | Pontos a serem inspecionados | Ata de reunião | Final do mês 05 | Light |
| Protocolo de Inspeção | Relatório com o protocolo de inspeção recomendado para cada unidade da rede subterrânea | Relatório | Final do mês 05 | UFF |
| Checklist para inspeção | Elaboração de checklist para realização das inspeções considerando os recursos disponibilizados pela Light | Formulário | Final do mês 05 | UFF |
| Realização das inspeções em campo | Checklists preenchidos para todas as unidades a serem inspecionadas | Base de Dados Preenchida | Final do mês 07 | Light |

* 1. Etapa 05: Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nas Inspeções

A matriz de priorização e ranqueamento dos ativos com base nos dados existentes será revistada considerando os dados obtidos a partir das inspeções realizadas em campo. Os resultados obtidos para as unidades inspecionadas serão utilizados para realização de inferências sobre a condição atual das unidades não inspecionadas. O nível de confiança desta inferência está diretamente relacionado com a qualidade da pesquisa feita em campo, a qual é medida em termos de quantidade de unidades inspecionadas, estratificação dos locais inspecionados e assertividade no preenchimento do checklist associado a cada inspeção. Esta análise será apresentada no relatório final, o qual contemplará a descrição de todas as atividades do projeto, seus principais produtos, conclusões e recomendações. A Tabela 6 apresenta os entregáveis da etapa 05.

Tabela : Entregável da etapa 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etapa | Nome | Entregável | Tipo | Data | Responsável |
| 5 | Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos com Base nas Inspeções | Matriz de priorização e ranqueamento de ativos com base nos dados existentes e nos resultados das inspeções | Relatório | Final do mês 09 | UFF |
| Relatório executivo | Relatório final com a descrição de todas as atividades do projeto | Relatório | Final do mês 09 | UFF |