



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ELE 0646 – SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

Alunos: Levy Gabriel da S. Galvão e Nicholas Medeiros Lopes

Prof. Dr.: Arrhenius Oliveira

MEMORIAL DESCRITIVO DE UMA SUBESTAÇÃO PLENA

Natal - RN
Abril de 2021

Sumário

1	Introdução	2
2	Memorial Descritivo	3
2.1	Finalidade	3
2.2	Localização	3
2.3	Extensão de rede	3
2.4	Estrutura de entrada	3
2.5	Ramal de entrada	4
2.6	Características da subestação	5
2.6.1	Cubículo de medição	6
2.6.2	Cubículo de disjunção	6
2.6.3	Cubículos de transformação	8
2.6.4	Outras dimensões da subestação	9
2.7	Proteções	11
2.7.1	Em alta tensão contra curto-circuito	11
2.7.2	Contra Sobretensão	13
2.7.3	Em baixa tensão contra sobrecorrente	14
2.8	Aterramento	15
2.9	Cargas	15
2.10	Tarifação	16
3	Informações Adicionais	16
3.1	Previsão de ligação	16
3.2	Transferência de acervo	16
4	Apêndice	17
4.1	Memorial de cálculo	17
4.2	Desenhos estruturais	19

1 Introdução

O presente memorial descritivo tem como objetivo explicitar as especificações de engenharia do projeto de uma subestação plena de consumidor para atender uma demanda máxima de 510 kVA de um prédio de escritórios de 5 andares com risco de explosão/incêndio pertencente ao grupo empresarial Santos-Dumont.

Dados da obra:

- Nome do interessado: Santos-Dumont Serviços Empresariais Ltda.;
- CNPJ do contratante: 09.377.261/0001-08;
- Responsáveis técnicos: Levy Gabriel da Silva Galvão e Nicholas Medeiros Lopes;
- Contato dos responsáveis técnicos: levy.gabriel.088@ufrn.edu.br e nicholasml@ufrn.edu.br;
- Empresa contratada: PotiPower;

Dados do projeto:

- Tipo de instalação: subestação de energia elétrica transformadora de média tensão;
- Características estruturais: subestação abrigada de alvenaria;
- Tensão nominal primária de fornecimento: 13,8 kV;
- Tensão nominal secundária: 380 V;
- Tipo de alimentação da rede: aérea;
- Tipo de alimentação do ponto de derivação: subterrânea;
- Capacidade instalada: 507.8 kW;
- Demanda máxima: 504.4 kVA $\approx 510\text{kVA}$;
- Fator de potência: 0.92 indutivo;
- Frequência do sistema: 60 Hz.

A execução do projeto deverá obedecer a melhor técnica, por profissionais qualificados e dirigidos por profissionais que tenham habilitação junto ao CREA.

As instalações devem ser executadas de acordo com o descrito nas plantas e diagramas em anexo, obedecendo às indicações e especificações constantes deste memorial.

O projeto elétrico foi desenvolvido e deve ser executado em conformidade com a norma da concessionária de energia local “DIS-NOR-036: Norma de Fornecimento de Energia

Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual” e ”NOR.DISTRIBU-ENGE-0022: Fornecimento de Energia Elétrica à Edificações com Múltiplas Unidades Consumidoras”.

Os desenhos e tabelas citados neste memorial estão constantes nas normas anteriormente expressas.

Ainda, todos os materiais especificados e citados no projeto deverão estar de acordo com as respectivas normas técnicas brasileiras de cada um.

2 Memorial Descritivo

2.1 Finalidade

Este documento tem por objetivo orientar a execução das instalações elétricas, prestar esclarecimentos e fornecer dados referentes às especificações, detalhes e orientações construtivas do projeto. O projeto será uma subestação plena que atenderá particularmente o edifício Santos-Dumont Serviços Empresariais Ltda.

2.2 Localização

A obra será realizada no cruzamento da avenida Oscar Schmidt com a rua Recanto dos Rouxinois, nº 14 - Café Filho, Natal - RN; CEP: 59088-370. No apêndice ”desenhos estruturais” uma planta baixa da localização da subestação pode ser encontrada para maiores detalhes.

2.3 Extensão de rede

A alimentação da entrada de serviço vai derivar de um poste da rede de distribuição da concessionária de energia elétrica por meio de um poste já existente. As alterações promovidas pela concessionária compreende o ponto de derivação da rede e toda a extensão do ramal de ligação até o poste particular na fronteira da propriedade do cliente. Os desenhos referentes à situação da rede estão presentes no apêndice Desenhos estruturais.

2.4 Estrutura de entrada

Considerando a tabela 12 da norma DIS-NOR-036, para uma tensão primária de 13,8 kV e demanda máxima estabelecida no projeto de 510 kVA de acordo com o memorial de cálculo em anexo, os condutores do ramal de ligação e de entrada subterrâneo serão de cabo de cobre de seção mínima de 50 mm^2 e eletroduto DN de 100 (4”).

O ramal de ligação derivará de um ramal alimentador pertencente à rede da Cosern de média tensão de distribuição e será de inteira responsabilidade da empresa distribuidora.

Este, a princípio, deve ser aéreo. O ramal de ligação deve entrar pela frente do terreno e não pode cruzar terreno de terceiros ou passar sob áreas construídas e deve estar livre de obstáculos e visível em toda a sua extensão. O ramal de ligação também deverá possuir tamanho máximo de 40m.

O ramal de ligação aéreo é indicado nos desenhos estruturais no apêndice.

2.5 Ramal de entrada

Considerando a tabela 12 da norma DIS-NOR-036, para uma tensão primária de 13,8 kV e demanda máxima estabelecida no projeto de 510 kVA, os condutores do ramal de entrada subterrâneo serão de cabo de cobre de seção mínima de 50 mm² para cabos tipo EPR com isolamento para 12/20 kV, unipolares, temperatura ambiente de 30° e eletroduto DN de 100 (4”).

A instalação e materiais do ramal de entrada são de inteira responsabilidade do consumidor e este é responsável pela conservação de seus componentes. O ramal de entrada subterrâneo deve partir de um poste particular instalado no interior da propriedade do cliente. A interligação dos cabos nus do poste do ponto de entrega devem ser conectados por meio de mufla com a rede do ramal de entrada subterrâneo.

Na base do poste da mufla e a no máximo 30 m da base devem existir poços subterrâneos do tipo PP, com dimensões de 1,2 m x 0,8 m x 1,3 m (comprimento, largura e profundidade). Deve ser prevista uma volta de cabo com 15 vezes o diâmetro do cabo nos poços de transição da rede aérea para subterrânea para emergências futuras.

A autorização para ocupação do poste da rede aérea para derivação do ramal subterrâneo fica a critério da Distribuidora, que analisará a solicitação contendo as justificativas técnicas.

O eletroduto externo de descida junto ao poste de derivação deve ser de aço-carbono zincado pelo processo de imersão a quente, dimensionado conforme a Tabela 13 da norma DIS-NOR-03, com altura mínima de 6 m acima do solo e ser fixado ao poste de forma adequada com cintas ajustáveis, arame de aço galvanizado 12 BWG ou bandagens. O eletroduto deve ser vedado na extremidade para evitar a entrada de água.

Não é permitida a instalação do ramal subterrâneo em poste que tenha instalado qualquer tipo de equipamento (transformador, religador, chave a óleo, etc.).

O ramal de entrada aéreo deve obedecer aos afastamentos mínimos em relação às paredes das edificações, sacadas, janelas, escadas, terraços ou locais assemelhadas definidos pelas normas ABNT NBR 15688 e ABNT NBR 15992.

O apêndice Desenhos estruturais possui a planta detalha da situação do poste do ponto de entrega e da ligação do ramal de entrada para a subestação.

2.6 Características da subestação

Barramento: O barramento será em barra de cobre de 25 mm² de seção conforme o Quadro 2 da norma DIS-NOR-036 e será responsável pela conexão entre os cubículos. Os barramentos devem ser pintados de forma que: fase A seja vermelha; fase B seja branca; e fase C seja marrom. Ainda considerando os barramentos em tensão primária de distribuição, estes devem obedecer os afastamentos de acordo com o Quadro 3 da norma DIS-NOR-036, constituindo de barramentos internos com distância de 200 mm entre fases e 150 mm entre fase e neutro.

Diagrama unifilar: O diagrama unifilar da subestação se encontra nas plantas anexadas no apêndice "desenhos estruturais".

Chaves seccionadora: Serão utilizados três conjuntos de chaves seccionadoras tripolar para manobra e seccionamento sem carga e uso interno na subestação. Um conjunto entre a bucha de passagem e o disjuntor e os demais conjuntos à montante de cada transformador. Estes devem ser, também, de operação manual, de ação simultânea e com indicador mecânico de posição "ABERTO" ou "FECHADA", dotados de alavanca de manobra e suas características elétricas são:

- Fabricante: Sarel;
- Modelo: S01M-SR;
- Corrente nominal: 400 A;
- Corrente suportável de nominal de curta duração: 16 kA
- Duração nominal da corrente suportável de curta duração: 1 segundo;
- Valor de crista nominal da corrente suportável: 41.6 kA;
- Tensão suportável de impulso (NBI): 95 kV.

Isolador: Os isoladores utilizados na subestação seguirão as seguintes especificações: tensão nominal de 15 kV; fabricante Sarel; modelo de prensa fio SI-15EPF; NBI de 95 kV; e 6 saias. Serão utilizados 5 conjuntos de 3 isoladores, totalizando 15 isoladores.

Bucha de passagem: A ligação entre o cubículo de medição com o cubículo de disjunção será por meio de 3 buchas de passagem.

Cada bucha de passagem será do tipo interno-interno, classe de tensão de 15 kV e tensão suportável de impulso atmosférico (NBI) de 125 kV e corrente nominal 400 A, modelo SBPP-15, fabricante Sarel.

Mufla terminal: Serão utilizados dois conjuntos de 3 muflas. Sendo um dos conjuntos com muflas de uso externo para realizarem a isolamento dos cabos do poste do ponto de entrega para a rede subterrânea do ramal de entrada. O outro conjunto será utilizado na entrada subestação no cubículo de medição para a passagem de fios isolados para fios nus.

As muflas internas e externas seguirão as especificações:

- Fabricante: Raychem;
- Modelo: HVT Terminação Termocontrátil de Média Tensão para Cabos até 72 kV;
- Isolação até 72 kV;
- Tipo: HVT-252 de 25-70 mm²;
- Temperatura de regime permanente de 105°;
- Temperatura de sobrecarga 130°;
- Temperatura de curto-circuito 250°.

2.6.1 Cubículo de medição

Os equipamentos do cubículo de medição são dimensionados, fornecidos e instalados sob a responsabilidade da concessionária de energia elétrica. Após a ligação dos equipamentos destinados à medição, estes devem ficar inacessíveis aos consumidores (há um selo ou lacre no medidor). O acesso ao medidor somente pode ser feito, a qualquer tempo, pelos colaboradores da concessionária.

A medição deve ser feita no circuito primário de média tensão por meio de 3 x transformadores de corrente (TC) e 3 x transformadores de potencial (TP). Estes devem ser instalados em cavalete metálico, firmemente fixado com parafusos, de acordo com a Figura 32 do ANEXO III da norma DIS-NOR-036. Este cavalete metálico também deve seguir as dimensões propostas na Figura 32 do ANEXO III. A distância entre os transformadores de medição e a caixa de medição deve ser de, no máximo, 10 m.

O cubículo de medição deve possuir um extintor de gás carbônico (CO₂) na parte externa, na área de circulação interna e junto à porta de acesso, além de garantir os critérios mínimos da Norma Regulamentadora NR 23 - Proteção Contra Incêndios. A porta de acesso ao cubículo de medição deve possuir dobradiças com abertura somente para o lado externo e ter dispositivo para instalação de selo ou lacre pela empresa distribuidora.

O cubículo de medição deve ocupar um espaço de $1.6 \times 2.0m$

2.6.2 Cubículo de disjunção

O disjuntor tripolar de média tensão para uso interno deve estar de acordo com a ABNT NBR IEC 62271-100, com as seguintes especificações:

- Fabricante: ADS disjuntores;
- Modelo: D27-U-FF - Off Board com Carrinho 630 A;
- Tensão máxima de operação: 15 kV;
- Corrente nominal: 630 A;
- Frequência: 60 Hz;
- Sistema de interrupção a vácuo;
- Dispositivo de abertura manual e automática (bobina de abertura);
- Capacidade de interrupção sob curto-circuito: 20 kA;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto (eficaz): 34 kV;
- NBI: 95 kV;
- Sem religamento automático, salvo casos especiais sob consulta à Distribuidora;
- Tempo de abertura: 35 ms;
- Tempo de fechamento: 50 ms;
- Tempo de interrupção: 95 ms;
- Comando motorizado: 220 Vca;
- Bobina de Trip: 220 Vca;

O cubículo de proteção deve ter as seguintes dimensões:

$$D_{cp} = D_d + 1000mm \quad (1)$$

Onde: D_{cp} é a dimensão do cubículo: comprimento (L) ou largura (C), em mm; e D_d é a dimensão do disjuntor referida à direção em que se quer medir a dimensão do cubículo, em mm.

De acordo com o Mamede [13], "de modo geral, os disjuntores do tipo aberto, da classe 15 kV, 600 A, do tipo aberto, e capacidade de ruptura de até 500 MVA, têm comprimento frontal de aproximadamente 700 mm e uma profundidade de 900 mm." Dito isso, este memorial seguirá essas orientações, resultando em um comprimento do cubículo de $L = 700mm + 1000mm = 1700mm$ e largura de $C = 900mm + 1000mm = 1900mm$

2.6.3 Cubículos de transformação

Como equipamentos de transformação de força foram escolhidos dois transformadores para atender a demanda máxima de 510 kVA e ambos com mesma impedância para possuírem igual carregamento. Os transformadores devem estar abrigados em cubículos exclusivos para cada transformador. Sua isolação será a óleo mineral e refrigeração exclusiva a ar natural (AN), classe de 15 kV, primário em delta e secundário em estrela aterrada.

Os transformadores devem ser devidamente ensaiados e com duas vias do laudo entregues à distribuidora. Sendo estes transformadores a óleo, os laudos devem estar de acordo com a exigências mínimas propostas pela norma DIS-NOR-036.

Segue as especificações dos dois transformadores a serem utilizados e que estão de acordo com a tabela 5 da norma DIS-NOR-036:

Transformador 1

- Fabricante: WEG;
- Número de série: 2018899046451;
- Potência nominal: 300 kVA;
- Tensão primária: 13,8 kV;
- Tensão secundária: 380 V;
- Taps: -4 x 0.6kV;
- Data de fabricação: 27/01/2021;
- Corrente de excitação: 2,0%;
- Perdas em vazio: 1300 W;
- Perdas em cargas: 4500 W;
- Perdas totais: 5800 W;
- Impedância: 0,055 pu;
- Refrigeração: AN;

Transformador 2

- Fabricante: WEG;
- Número de série: 2018731328330;
- Potência nominal: 225 kVA;
- Tensão primária: 13,8 kV;

- Tensão secundária: 380 V;
- Taps: -4 x 0.6kV;
- Data de fabricação: 27/01/2021;
- Corrente de excitação: 2,3%;
- Perdas em vazio: 1150 W;
- Perdas em cargas: 3850 W;
- Perdas totais: 5000 W;
- Impedância: 0,055 pu;
- Refrigeração: AN;

O cubículo de transformação deve ter as seguintes dimensões:

$$D_{ct} = D_t + 1000mm \quad (2)$$

Onde: D_{ct} é a dimensão do cubículo: comprimento (L) ou largura (C), em mm; e D_t é a dimensão do transformador: comprimento ou largura, em mm.

Dessa forma, consultando o catálogo do fabricante de transformadores, as dimensões foram determinadas à seguir. Ambos os cubículos de transformação levaram em conta, para o seu comprimento a menor dimensão dos transformadores correspondentes e a largura equivalente à maior dimensão do transformador correspondente. Assim para o cubículo do transformador de 300 kVA, seu comprimento será $L_{t1} = 760mm + 1000mm = 1760mm$ e largura $C_{t1} = 1270mm + 1000mm = 2270mm$. Para o cubículo do transformador de 225 kVA, seu comprimento será $L_{t1} = 725mm + 1000mm = 1725mm$ e largura $C_{t1} = 1085mm + 1000mm = 2085mm$.

2.6.4 Outras dimensões da subestação

Altura da subestação

A metodologia para se determinar a altura da subestação é baseada na norma NBR 14039, extraída do livro do Mamede [13]. A altura da subestação (H_{se}) é composta pela seguinte soma:

$$H_{se} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 \quad (3)$$

Onde: H_1 - altura total do transformador; H_2 - afastamento da chave seccionadora; H_3 - altura da chave seccionadora; H_4 - altura da isolador; H_5 - afastamento do barramento;

A altura total do transformador é de 1490mm, com base no maior transformador (225 kVA) obtida ao consultar o catálogo do fabricante. Afastamento da chave seccionadora

de $300mm$. Altura da chave seccionadora de $443mm$. Altura do isolador de $150mm$. Por fim, de acordo com a tabela 12.3 do livro do Mamede [13], para uma instalação de 13.8 kV e NBI de 95 kV, a distância mínima fase-terra e fase-fase, ou seja, o afastamento do barramento deve ser mínimo de $160mm$. Contabilizando tudo, a altura da subestação obtida é de:

$$H_{se} = 1490mm + 300mm + 443mm + 150mm + 60mm = 2783mm \quad (4)$$

Dimensões internas da subestação

Considerando que o cubículo reserva possui mesmas dimensões que o cubículo do transformador de 225 kVA, o comprimento total da subestação será:

Comprimento:

$$L_{se} = 2000mm + 1700mm + 1760mm + 1725mm + 1725mm = 8910mm \quad (5)$$

Largura (maior valor do cubículo do transformador = $2270mm$; locais de manobra de acordo com a tabela 12.1 e figura 12.26 do Mamede [13] = $1200mm$; e profundidade média de um Quadro Geral de Força (QGF) = $900mm$):

$$C_{se} = 2270mm + 1200mm + 900mm = 4370mm \quad (6)$$

Porta de acesso principal

As subestações devem ser providas de portas metálicas ou inteiramente revestidas de chapas metálicas, com dispositivo antipânico com largura mínima dependente da maior dimensão do maior transformador de acordo com a equação abaixo:

$$L_p = D_t + 600mm = 1270mm + 600mm = 1870mm \quad (7)$$

A altura da porta será de 2.10 m. Todas as portas devem abrir para fora.

Janelas de ventilação

O dimensionamento das janelas de ventilação segue a tabela 16 da norma DIS-NOR-036. A potência escolhida para o dimensionamento foi a potência total de transformação, ou seja 525 kVA. Assim, serão escolhidas 5 janelas cuja área mínima livre por janela seja de 15000 cm^3 e dimensões mínimas de 4cm x 100cm x 75cm.

Todas as telas metálica de proteção deverão ser de malha de 10mm com arame número 12 BWG.

2.7 Proteções

2.7.1 Em alta tensão contra curto-circuito

A proteção em alta tensão contra sobre corrente será feito por conjunto relé e disjuntor. O relé utilizado será o PEXTRON URPE 7104P que conta com as funções (50/51/50N/51N).

O disjuntor geral deve ser acionado através de relés de proteção secundários com as funções 50 e 51 nas 3 fases, 50/51N (neutro), 51NS (neutro sensível), 47 (inversão de fases), e 59 (sobretensão).

Um sistema de alimentação reserva por no break deve atender o relé para situações de queda de fornecimento de energia pela concessionária. As especificações do nobreak podem atender: SMS Station II 1200VA 220 Vca.

O transformador de corrente para proteção deve seguir as seguintes especificações, segundo a norma DIS-NOR-036:

- Fabricante: Soltran Transformadores;
- Modelo: SN1;
- Número de série: 20170056859;
- Tensão máxima de operação: 15 kV;
- Frequência: 60 Hz;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto (eficaz): 34 kV;
- NBI: 95 kV;
- Relação de transformação: 15;
- Corrente primária nominal: 75;
- Corrente secundária nominal: 5 A;
- Exatidão para proteção: 10B100;
- Fator térmico: 1.2;
- Corrente térmica nominal: $I_T = 80 \times I_{N,P} = 80 \times 75 = 6kA$;
- Corrente dinâmica nominal: $I_D = 2.5 \times I_{T,P} = 2.5 \times 6000 = 15kA$;
- Meio Isolante: sólido (epóxi).

A corrente nominal do primário do TC deve ser maior que a corrente de carga no primário e maior que a corrente de curto-circuito sobre o fator de sobrecorrente ($\frac{I_{CC,máx}}{FS}$) no primário.

Uma vez que a demanda máxima é de 510 kVA, a corrente de carga é $I_{nom} = 21.33A$. Porém a corrente de curto circuito no primário é de 1,2 kA e para um fator de sobrecorrente de 20 resultaria em 60 A. No primário do TC a corrente nominal deve ser maior que ambas as correntes anteriores, logo $I_{P,TC} > 60A$.

O burden do TC foi estimado para cerca de 20.

A corrente dinâmica nominal foi escolhida como 2.5 vezes a corrente térmica nominal.

O transformador de potencial para proteção deve seguir as seguintes especificações, segundo a norma DIS-NOR-036:

- Fabricante: Soltran Transformadores;
- Modelo: SN12;
- Número de série: 20121034010040;
- Classe de tensão: 15 kV;
- Frequência: 60 Hz;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto (eficaz): 34 kV;
- NBI: 95 kV;
- Tensão primária nominal: 13,8/3 kV;
- Tensão secundária nominal: 115;
- Relação nominal: 69.28 ;
- Grupo de ligação: 2;
- Exatidão para proteção (classe e carga): 0.3P75;
- Potência térmica nominal: 500 VA;
- Meio Isolante: sólido (epóxi).

O transformador de potencial para proteção escolhido é do grupo de ligação 2 (ligação entre fase e neutro em sistemas diretamente aterrados).

O burden do TP foi estimado para cerca de 0.65.

2.7.2 Contra Sobretensão

A proteção contra sobretensões transitórias é feita por um conjunto de 3 para-raios monofásicos localizados no poste do ponto de entrega. As características elétricas dos para-raios devem seguir as especificações abaixo:

- Fabricante: Balestro;
- Modelo: PBP 12/ X;
- Número de série: 2016014074;
- Data de fabricação: 15/12/2020;
- Tipo válvula;
- Desligador automático;
- Óxido de Zinco (ZnO) sem centelhador;
- Corpo e suporte em material polimérico (silicone);
- Tensão nominal de fase (U_r): $12kV_{ef}$;
- Máxima tensão de operação contínua (U_c ou MCOV): $10.2kV_{ef}$;
- Corrente nominal de descarga: $10kA$;
- Máxima tensão residual para impulso de corrente íngreme: $43.9kV_{pico}$;
- Máxima tensão residual para corrente de impulso de manobra de $500A$: $32.0kV_{pico}$;
- Máxima tensão residual para um para-raios de $10kA$: $39.6kV$.

A proteção contra sobrecorrentes temporárias será realizada a partir de um conjunto de 3 chaves-fusíveis localizadas no poste do ponto de entrega. Para a proteção geral da subestação contra sobrecorrentes, serão utilizadas 3 chaves fusíveis. Considerando uma instalação de 13.8 kV, a norma DIS-NOR-036 prevê chaves fusíveis com base do tipo C e devem seguir as especificações abaixo para a base e porta-fusível:

- Modelo: DHC-1510011010;
- Fabricante: Hubbell Power Systems, Inc;
- Tensão máxima de operação: $15kV$;
- Corrente nominal da base: $300A$;
- Corrente nominal do porta-fusível: $100A$;
- Capacidade de interrupção simétrica: $7.1kA$;
- Capacidade de interrupção assimétrica: $10kA$;

- NBI: 110kV.

No que diz respeito aos elos fusíveis, considerando a demanda máxima de 510 kVA a uma tensão de linha de 13.8 kV, a corrente primária máxima é da ordem de 21.33 A ($I = S/(\sqrt{3}V)$), assim permitindo escolher elos fusíveis 25K. A coordenação de proteção dos elos fusíveis 25K com a proteção de retaguarda da Neoenergia baseada em um elo 65K é verdadeira até uma corrente de falta de até 2200 A. Uma vez que a corrente de curto-circuito trifásica no local de instalação da subestação é de 1200 A, o elo 25K permitirá a coordenação de proteção. Assim o elo escolhido atende às especificações abaixo:

- Modelo: DMF25K20;
- Fabricante: Hubbell Power Systems, Inc;
- Corrente nominal: 25A;

Vide em anexo a figura ?? que consta as curvas de fusão mínima e máxima para o elo 25K fornecidas no catálogo do fabricante Hubbell.

2.7.3 Em baixa tensão contra sobrecorrente

A proteção em baixa tensão contra sobrecorrentes será feita por meio de disjuntores termomagnéticos tripolar. O disjuntor geral deve atender a corrente nominal de 770 A (razão entre potência instalada com a tensão do secundário dos transformadores). Assim, a especificação do disjuntor, é:

- Fabricante: WEG;
- Modelo: DWP800L-800-3;
- Número de série: 20131111150200;
- Data de fabricação: 28/02/2021;
- Capacidade de interrupção: 35 kA (400 VCA);
- Tipo de disparador: Magnético e térmico fixo;
- Corrente nominal: 800 A;
- Número de polos: 3 polos;
- Forma de fornecimento: sem acessórios;

Uma vez que os circuitos terminais não foram definidos no momento do projeto da subestação, estes ficarão ao encargo do cliente em futuras expansões. Desta forma ficará definido apenas o disjuntor geral.

2.8 Aterramento

Todas as partes metálicas não energizadas da subestação abrigada (portas, janelas, telas de proteção, ferragens, tanques de equipamentos, etc.) devem ser aterradas e ligadas ao sistema de aterramento com cabo de cobre nu de seção mínima de 50 mm² conforme dimensionamento mecânico da NBR 15751.

A malha de terra será interligada por condutores de cobre nu de seção mínima de 50 mm², conforme NBR 15751, enterrados a uma profundidade mínima de 60 cm e devidamente soldados por solda exotérmica entre seus pontos de contato. A dimensão total da malha de terra será um pouco maior que as dimensões da subestação, para que atenda corretamente toda a estrutura e imediações, portanto esta deverá ter 10m por 6m medidos a partir do centro da subestação. Os condutores de ligação da malha de terra deverão ter um comprimento de 1m a partir de cada conexão.

As medições realizadas concluem que a resistência de aterramento é compatível com o Quadro 4 da norma. Para uma corrente de curto-circuito fase-terra maior que 600 A, a resistência de aterramento se mantém abaixo de 20Ω.

O desenho referente à malha de aterramento está constante no apêndice de desenhos estruturais, figura 1.

2.9 Cargas

As cargas consideradas para o projeto seguem nas tabelas abaixo.

Tabela 1: Cargas 1

Tipo de carga	Potência (kW)
Iluminação	40
TUG	75
Aquecimento	50

Tabela 2: Cargas 2

Ar-condicionado Split (BTU)	Quantidade	Potência por aparelho (kW)
12.000	5	3,5
18.000	10	5,3
30.000	6	8,8
60.000	3	17,6

Tabela 3: Cargas 3

Potência de motor trifásico (cv)	Quantidade
3	2
5	6
10	4

Tabela 4: Cargas 4

Previsão de carga futura (expansão)	100 kW
-------------------------------------	--------

O cálculo da demanda foi realizado no memorial de cálculo em anexo.

2.10 Tarifação

Considerando que o nível de alimentação da subestação possui uma tensão de fornecimento binômia, e 13.8kV que se encaixa no patamar entre 2.3kV e 25kV, o consumidor será classificado como do Grupo A e subgrupo A4 e com modalidade tarifária horo-sazonal verde.

Essa modalidade tarifária exige uma demanda contratada pelo consumidor independente da hora do dia. Inicialmente a demanda contrata atenderá a demanda máxima de 510 kVA a um fator de potência de 0.92, ou seja, uma demanda contratada de 469.2 kW que deve ser acordada com a concessionária.

3 Informações Adicionais

3.1 Previsão de ligação

O cronograma de execução da ligação deve seguir como descrito abaixo:

- Prazo da obra civil: 90 dias;
- Execução do projeto elétrico: 30 dias;
- Ligação com a rede elétrica da concessionária: 45 dias;
- Testes com a instalação em funcionamento: 7 dias.

3.2 Transferência de acervo

Os materiais de interligação, que serão implantados na rede da COSERN até o PDE, serão transferidos ao acervo técnico da COSERN.

4 Apêndice

4.1 Memorial de cálculo

A norma NOR.DISTRIBU-ENGE-0022 de Fornecimento de Energia Elétrica à Edificações com Múltiplas Unidades Consumidoras foi utilizada como base para o cálculo da demanda da edificação do tipo prédio de escritórios.

Para simplificação dos cálculos o fator de potência dos eletrodomésticos foi determinada como 0.92, exceto para equipamentos notadamente resistivos.

A parcela "a" para a soma das demandas diz respeito à iluminação e tomadas de uso geral e tem como base o Quadro 4 da norma supracitada.

Para escritórios deve-se aplicar um fator de demanda de 100% para os primeiros 20 kVA e 70% para o excedente de 20 kVA.

Tabela 5: Cálculo da parcela "a" da demanda

Descrição	Potência (kW)	F.P.	Potência (kVA)
Iluminação	40	1	40
TUG	75	0,92	81,52
TOTAL	115		121,52

Dessa forma, a demanda para esta parcela é:

$$Da = 100\% \times 20 \text{ kVA} + 70\% \times 101.52 \text{ kVA} = 91.06 \text{ kVA}$$

E a potência instalada:

$$Pa = 115 \text{ kW}$$

A parcela "b", $b = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6$ representa a soma das demandas dos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento. Referente a essa parcela, a contribuição do quadro de cargas diz respeito apenas à subparcela "b2" que diz respeito a aquecedores de água com potência superior a 1 kVA de acordo com o Quadro 5 da norma. Para cerca de 10 aquecedores o fator de demanda é de 60%.

Tabela 6: Cálculo da parcela "b" da demanda

QTDA	UND	Descrição	Potência (kW)	F.P.	Potência (kVA)
10	und	Aquecedores	50	1	50
TOTAL			50		50

Dessa forma, a demanda para esta parcela é:

$$Db = 60\% \times 50 \text{ kVA} = 30 \text{ kVA}$$

E a potência instalada:

$$Pb = 50 \text{ kW}$$

A terceira parcela "c" representa a demanda dos aparelhos de ar condicionado calculada aplicando-se os fatores de demanda do Quadro 7, e como são 24 aparelhos, o fator de demanda será de 80%.

Tabela 7: Cálculo da parcela "c" da demanda

QTDA	UND	P. UNID. (W)	Descrição	Potência (kW)	F.P.	Potência (kVA)
5	und	3.500	Ar Condicionado 12.000 BTU	17,5	0,92	19,02
10	und	5.300	Ar Condicionado 18.000 BTU	53	0,92	57,61
6	und	8.800	Ar Condicionado 30.000 BTU	52,8	0,92	57,39
3	und	17.600	Ar Condicionado 60.000 BTU	52,8	0,92	57,39
TOTAL				176,1		191,41

Dessa forma, a demanda para esta parcela é:

$$Dc = 80\% \times 191.41 \text{ kVA} = 153.13 \text{ kVA}$$

E a potência instalada:

$$Pc = 176.1 \text{ kW}$$

A parcela "d" representa a demanda dos motores monofásicos e trifásicos calculada utilizando-se os valores dos Quadros 8 e 9. No caso deste projeto, será usado apenas o Quadro 9 que diz respeito a motores trifásicos e os dados extraídos para motores trifásicos de 3cv, 5cv e 10cv estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 8: Cálculo da parcela "d" da demanda

QTDA	UND	P. UNID. (W)	Descrição	Potência (kW)	F.P.	Potência (kVA)
2	und	2.870	Motor Trifásico 3 cv	5,74	0,61	9,41
6	und	4.330	Motor Trifásico 5 cv	25,98	0,64	40,59
4	und	8.560	Motor Trifásico 10 cv	34,24	0,62	55,23
TOTAL				65,96		105,23

Dessa forma, a demanda para esta parcela é:

$$Dd = 105.23 \text{ kVA}$$

E a potência instalada:

$$Pd = 65.96 \text{ kW}$$

Em relação a previsão de carga para futuras expansões de 100 kW, foi atribuído um fator de potência de 0.8, justificado como a média entre futuras cargas que podem ter natureza motora ou resistiva. Assim, resultando em um demanda de $Dexp = 125 \text{ kVA}$ e potência instalada de $Pexp = 100 \text{ kW}$

Portanto, a carga total instalada em kW será de:

$$Ct = Pa + Pb + Pc + Pd + Pexp = 507.08 \text{ kW}$$

E a demanda total em kVA:

$$Dt = Da + Db + Dc + Dd + Dexp = 504.4 \text{ kVA}$$

A corrente máxima prevista será:

$$I_{max} = \frac{Dt}{V_{MT}\sqrt{3}} = \frac{504.4 \times 10^3}{13.8 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = 21.103 \text{ A}$$

4.2 Desenhos estruturais

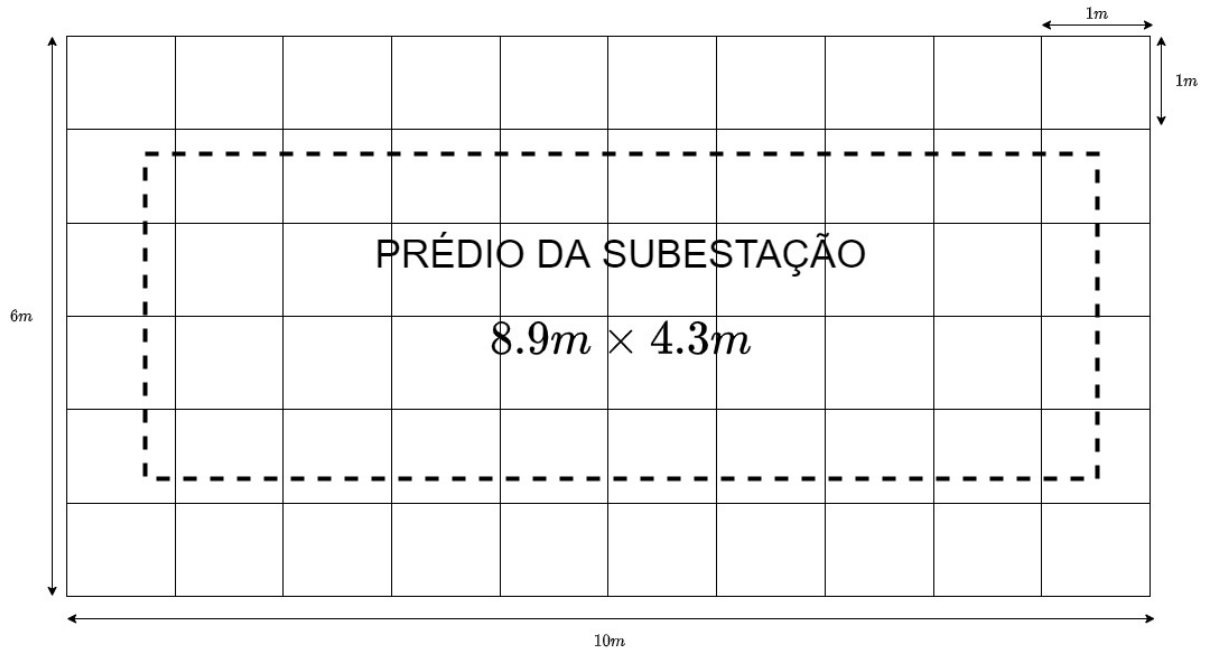


Figura 1: Desenho estrutural da malha de aterramento proposta.



Natal, 22 de abril de 2021.

À Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN

Este projeto diz respeito a uma subestação plena de consumidor do tipo abrigada, para atender uma demanda máxima de 510 kVA de um prédio de escritórios de 5 andares com risco de explosão/incêndio pertencente ao grupo empresarial Santos-Dumont (CNPJ: 09.377.261/0001-08, Razão social: Santos-Dumont Serviços Empresariais Ltda.).

A modalidade de tarifação será do grupo A, subgrupo A4 e com modalidade tarifária horo-sazonal verde. A demanda inicial contratada irá atender à demanda máxima a um fator de potência de 0.92, logo esta demanda será 469.2 kW

Contatos:

Projetista – Levy Gabriel da Silva Galvão e Nicholas Medeiros Lopes.

Cliente – Santos-Dumont Serviços Empresariais Ltda..

Aguardando as providências de V.Sa. Subscrevemo-nos

Atenciosamente,

Levy Gabriel da Silva Galvão
Engenheiro Eletricista

Nicholas Medeiros Lopes
Engenheiro Eletricista

Referências

- [1] Notas de Aula.
- [2] WEG. Transformador Seco 300 kVA. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Transformadores-a-Seco/Pequeno-%28At%C3%A9-300kVA%29/Transformador-Seco-300-0kVA-13-8-0-22kV-CST-IP-00-AN/p/14543066>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [3] WEG. Transformador Seco 225 kVA. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Transformadores-a-Seco/Pequeno-%28At%C3%A9-300kVA%29/Transformador-Seco-225-0kVA-13-8-0-38kV-CST-IP-00-AN/p/14908883>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [4] Sarel. Chaves seccionadoras, isoladores e buchas de passagem. Disponível em: <http://www.sarel.com.br/catalogo/files/assets/common/downloads/Sarel.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [5] Etelmaster. Muffa terminal. Disponível em: https://www.etelmaster.com.br/catalogo_energia.pdf. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [6] Soltran. Transformadores de potencial. Disponível em: <http://www.soltran.com.br/pdf/SN12.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [7] Soltran. Transformadores de corrente. Disponível em: <http://www.soltran.com.br/pdf/SN1.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [8] ADS disjuntores. Disjuntor a vácuo. Disponível em: <https://www.adsdisjuntores.com.br/produto/disjuntor-a-vacu-modelo-d27-u-ff-off-board-com-carrinho-630a/>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [9] WEG. Disjuntor em caixa moldada para BT. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Circuitos-El%C3%A9tricos/Disjuntores/Caixa-Moldada/Disjuntores-em-Caixa-Moldada-DWP/DISJUNTOR-DWP800L-800-3/p/14256868>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [10] HUBBEL. Chave Fusível Distribuição "DHC". Disponível em: <http://www.delmar.com.br/PDF/DHC.PDF>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [11] HUBBEL. Elos fusíveis de distribuição. Disponível em: <http://hubbelpowersystems.com.br/PDF/ELoS.PDF>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [12] BALESTRO. Para-raios de Óxido de Zinco Polimérico (Silicone). Disponível em: https://www.coideasa.com/f_productos/descargador-de-oxido-de-zincpdf.pdf. Acesso em: 17 abr. 2021.
- [13] Mamede Filho, João. Instalações elétricas industriais. Livros Tecnicos e Científicos, 2007.