

PROJETO DE SUBESTAÇÃO CLASSE 15kV CONFORME CPFL
CLASS 15kV SUBSTATION PROJECT ACCORDING TO CPFL

Bruno Dias de Oliveira¹

João Hermes Clerici²

Universidade São Francisco – *Câmpus* Swift Campinas

bruno.d.oliveira@hotmail.com | joao.clerici@usf.edu.br

¹Aluno do Curso de Engenharia Elétrica

²Professor Orientador

RESUMO. Com o passar dos anos, as empresas passaram a consumir uma maior quantidade de energia elétrica (aumentando cerca de 4,8% por ano) devido ao aumento dos maquinários. Com isso, foi necessário a criação do fornecimento de energia em tensão primária ou também conhecida como média tensão. O trabalho trata de um projeto de posto de transformação com objetivo de atender a demanda energética de uma entidade educacional seguindo a normatização da concessionária local e Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira (ABNT NBR) 14039. Para a sua elaboração, foi realizado a medição de grandezas elétricas da unidade atual para verificar potência ativa, reativa e aparente, seguido do cálculo de demanda, foi verificado os requisitos normativos da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), realizado os cálculos que especificam os equipamentos a serem utilizados e por fim, a criação do arranjo e *layout* do posto de transformação. O resultado obtido mostra que o fornecimento de energia elétrica deverá ser em tensão 11.900 V, sistema trifásico, 60 Hz, através de derivação a ser construída diretamente da rede primária de energia elétrica da, CPFL. Sendo assim, conclui-se que o planejamento para a realização da subestação é de extrema importância para que a mesma se enquadre nas normatizações previstas na CPFL.

PALAVRAS-CHAVE: subestação, média tensão, tensão primária, projeto, CPFL.

ABSTRACT. *As the years went by, companies started consuming a larger amount of electrical energy (increasing about 4.8% per year) due to the increase in machinery. With this, it was necessary to create an energy supply in primary voltage or also known as medium voltage. The work deals with a project of a transformer station with the objective of meeting the energy demand of an educational entity following the standards of the local utility and the Brazilian Association of Technical Standards, Brazilian Standard (ABNT NBR) 14039. For its elaboration, the measurement of electric magnitudes of the current unit was performed to verify active, reactive and apparent power, followed by the demand calculation, the normative requirements of the Paulista Power and Light Company (CPFL) were verified, the calculations that specify the equipment to be used were performed and finally, the creation of the arrangement and layout of the transformer station. The result obtained shows that the electric power supply must be in 11.900 V tension, three-phase system, 60 Hz, through a derivation to be built directly from the primary electric power network of CPFL. Thus, we conclude that planning for the construction of the substation is extremely important for it to fit into the norms predicted by CPFL.*

KEYWORDS: *substation, medium voltage, primary voltage, project, CPFL.*

INTRODUÇÃO

Para que a energia elétrica chegue até o consumidor final, seja ele residência, empresa ou indústria, ela passa por um processo de transformação denominado Sistemas Elétricos de Potência (SEP). Eles são definidos como grandes sistemas de energia englobando a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

A geração de energia elétrica é realizada pela transformação de fontes primárias (energia potencial gravitacional, térmica e cinética) em eletricidade. O órgão responsável pela coordenação e o controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica em larga escala é Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN), sob fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

As diversas fontes de energia são responsáveis pela produção de energia elétrica, sendo elas fontes renováveis e não renováveis. As fontes não renováveis de energia são esgotáveis, ou seja, finitas. Sendo elas, fontes fósseis (usina fóssil) e nuclear (usina nuclear). As fontes de energias renováveis possuem capacidade inesgotável de renovação. Sendo elas, solar (usina solar e fotovoltaica), eólica (usina eólica), biomassa (usina biomassa), geotérmica (usina geotérmica), maremotriz (usina maremotriz), hidráulica ou hidrelétrica (usina hidrelétrica).

Após a energia elétrica ser gerada em usinas, ela tem que percorrer grandes trajetos conhecidos como sistemas de transmissão. No início do trajeto da energia elétrica, transformadores de potência elevam a tensão, de forma a evitar perda excessiva de energia. Depois de percorrer o caminho entre as usinas e os centros consumidores nas redes de transmissão, a energia elétrica chega em subestações onde transformadores de potência diminuem o nível de tensão, para poder ser iniciado o processo de distribuição. Entretanto, a tensão fornecida ainda não é a adequada para o consumo e, por isso, outros transformadores de potência que diminuem a tensão elétrica são instalados em postes ou em subestações para diminuir a ponto da tensão elétrica para ficar adequada para os consumidores finais.

No processo de distribuição, é reduzida a tensão para que as redes alimentadoras sejam instaladas nos postes existentes nas ruas das cidades, formando as redes primárias de distribuição. Tensão primária de distribuição é aquela que disponibiliza a energia para alimentar a grande maioria das indústrias e comércios de grande porte. Estas redes primárias alimentam também os postos de transformação, localizados nos postes das cidades, que fornecem energia através da rede secundária de distribuição a todas as residências e comércios de menor porte.

Com o passar dos anos e com o aumento da tecnologia, as empresas passaram a consumir uma maior quantidade de energia elétrica devido ao aumento dos maquinários. Com isso, para não sobrecarregar a rede elétrica de baixa tensão, onde as concessionárias fornecem até 75 kW, foi criado o fornecimento de energia em tensão primária ou também conhecida como média tensão, de acordo com a classe de tensão de cada região, podendo ser 15 kV, 25 kV e 34,5 kV, no qual é exigido um posto de transformação e/ou subestação interna.

As subestações podem ser classificadas quanto a sua função, a sua instalação e ao nível de tensão de operação.

Quanto a função: Subestação emissora de transmissão, se encontram nas saídas de usinas de energia elétrica, elevam a tensão gerada em níveis mais altos transmitindo energia com valores de corrente elétrica mais baixas, que passarão pelos condutores para transmissão de energia até os centros consumidores; Subestação receptora de transmissão se encontram entre a geração e a distribuição, mantem a tensão gerada e servem para seccionar circuitos, isolar sistemas e interligar subestações de distribuição com subestações centrais de transmissão; Subestação de distribuição se encontram próximas aos centros de cargas, onde

possuem transformadores abaixadores, eles abaixam a tensão para distribuir a energia aos transformadores de distribuição ou para as subestações consumidoras; Subestação consumidora, são subestações de consumidores finais com objetivo de rebaixar o valor da tensão para utilização em equipamentos e maquinários.

Quanto a instalação: Externa é usada em subestações de alta tensão e com menor frequência em subestações de média tensão. Devido ficar exposta ao tempo, é necessário conter equipamentos a prova d'água e cercá-la para evitar o acesso de terceiros; Abrigada, normalmente encontradas próximas ao centro de carga, são instaladas em locais abrigados ou subterrâneos, ou seja, não é exposta ao tempo; Blindada, a estrutura é armazenada em uma cabine metálica que segue as normas da ABNT e são feitas de materiais com isolamento, ela também necessita de cerca para proteção de pessoas não autorizadas.

Quanto ao nível de tensão de operação (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação da subestação quanto ao nível de tensão.

Níveis de tensão		
Ultra Alta Tensão (UAT)		$V > 765 \text{ kV}$
Extra Alta Tensão (EAT)	230 kV	$230 \text{ kV} < V \leq 765 \text{ kV}$
Alta Tensão (AT)	36 kV	$36 \text{ kV} < V \leq 230 \text{ kV}$
Média Tensão (MT)	1 kV	$1 \text{ kV} < V \leq 36 \text{ kV}$
Baixa Tensão (BT)		$V \leq 1 \text{ kV}$

Fonte: O Autor.

Para que a instalação da subestação atenda às necessidades do consumidor e esteja em conformidade com as normas internas da concessionária local, são utilizados um conjunto de normas técnicas. Sendo elas, GED 2855 (Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV- Volume 1), GED 2856 (Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV- Volume 2-Tabelas), GED 2858 (Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV- Volume 3-Anexos), GED 2859 (Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV- Volume 4.1-Desenhos), GED 2861 (Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV- Volume 4.2), contidas na CPFL Paulista, ABNT NBR 14039 (Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV) e ABNT NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão).

O presente estudo irá abordar o projeto de uma subestação consumidora na região da concessionária CPFL Paulista que irá rebaixar a tensão de 15 kV para distribuir 220 V. A mesma será uma instalação externa e de média tensão. Tem como objetivos facilitar a criação de projetos de subestações, identificar a potência a ser instalada na empresa, enquadrá-la dentro das normas regentes, dimensionar os equipamentos necessários para a realização do mesmo, mostrar o passo a passo da construção elétrica de uma subestação e fazer o estudo de coordenação e seletividade do sistema elétrico.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para compor uma subestação consumidora (posto de transformação) é necessário a utilização de equipamentos de média tensão como para-raios, chave fusível, elos fusíveis, condutor elétrico, isolador, transformador e equipamentos de baixa tensão como disjuntor, chave seccionadora trifásica com fusível.

Os para-raios são equipamentos utilizados com o objetivo de proteger os componentes de uma subestação de potência ou um transformador de distribuição instalado em poste. Eles limitam as sobretensões a um valor máximo, que é considerado o nível de proteção que o para-raio fornece ao sistema. (MAMEDE FILHO, 2015, p.1)

A chave fusível unipolar, ou chave corta circuito, é utilizada para a proteção de sobrecorrentes na rede primária, e encontra-se em redes aéreas de distribuição e em pequenas subestações de consumidor e de concessionária. É composta de um elo fusível que responde as características das curvas de atuação. (MAMEDE FILHO, 2015, p.63)

O elo fusível é um componente metálico onde possui uma parte sensível a correntes elétricas elevadas, rompendo-se em um intervalo de tempo inverso à grandeza da corrente. (MAMEDE FILHO, 2015, p.73)

O condutor elétrico é o meio onde se desloca a potência, de um ponto chamado de fonte ou alimentação, até um terminal consumidor. (MAMEDE FILHO, 2015, p.91)

Os isoladores são elementos com propriedades mecânicas capazes de suportar os esforços produzidos pelos condutores. Tem a função de isolar os condutores, que são submetidos a uma diferença de potencial em relação à terra ou outro condutor. (MAMEDE FILHO, 2015, p.635)

Transformador é um equipamento que por meio da indução eletromagnética transfere energia de uma bobina primária para uma ou mais bobinas denominadas, como secundária e terciária, sendo mantida a mesma frequência e alterando as tensões e correntes. (MAMEDE FILHO, 2015, p.368)

O disjuntor é um equipamento de proteção que interrompe a corrente quando há condições anormais no circuito, como sobrecarga e/ou curto-circuito. (SENAI, 2016, p.68)

A chave seccionadora de baixa tensão tem a finalidade de realizar manobras para interromper o circuito quando existe sobrecarga e/ou curto-circuito. Em alguns modelos possuem base fusível NH. (SENAI, 2016, p.79)

METODOLOGIA

Para saber se o cliente necessita ou não da instalação de uma subestação/posto de transformação para uso particular, foi necessária uma sequência de análises referentes ao consumo.

Onde inicialmente, houve o contato do cliente com o prestador de serviço, que desejava mudar a unidade para um novo endereço, assim, foi marcada uma reunião para discussão e análise das necessidades apresentadas por ele. Após isso, foi recomendado a realização da medição de grandezas elétricas com o intuito de descobrir a carga utilizada atualmente no local e se a mesma se apresenta constante, ou seja, se todos os dias de funcionamento a potência utilizada é a mesma. Após a confirmação, foi instalado o aparelho Fluke modelo 435, que registrou os dados das grandezas elétricas do local. Foram colocados os registros obtidos através do estudo no *software Power Log Classic 4.6*, que converte os dados em gráficos e tabelas, estes gráficos foram analisados e assim foi observado que o cliente possui uma carga instalada acima de 75 kW. Com isso, analisou-se a norma técnica GED 2855 da CPFL Paulista e verificou-se a necessidade da instalação de uma subestação de uso particular. Foi enviado um relatório técnico para o cliente explicando e mostrando os dados registrados pelos gráficos e também a obrigatoriedade da instalação de uma subestação e/ou posto de transformação.

Após a validação do serviço, o cliente encaminhou a planta baixa do local a ser implantada a subestação e as documentações exigidas pela CPFL. Foi realizado o memorial de cálculo, onde estudou-se a determinação da demanda, de acordo com o item 6.9 da GED 2855 da CPFL Paulista, seguido da relação de cargas, cálculo de demanda e cálculo do fator de potência e transformador, todos os itens de acordo com as normas GED da CPFL Paulista.

A próxima etapa foi o memorial descritivo, no qual visa descrever as características construtivas da entrada de energia elétrica com o dimensionamento, especificações técnicas e desenhos que completam o entendimento da obra na propriedade, onde analisa a característica

e finalidade do projeto, a entrada de serviço (que mostra as características da alimentação), posto de transformação (é analisado o que irá conter no posto de transformação), os condutores e eletroduto/tubo externo que serão utilizados, o sistema de medição, o sistema de aterramento e proteção secundária.

Foram postados os documentos, os memoriais, os desenhos e a carta de apresentação no portal da CPFL Paulista. Com a aprovação da CPFL é encaminhado para o cliente e realizado a compra dos equipamentos que serão utilizados. Então, foi realizado a implementação do posto de transformação. Com a finalização foi feita uma vistoria técnica da CPFL no local para ser verificado se está conforme o projeto encaminhado. Com a liberação é realizado a energização no ponto de entrega. Após isso houve o comissionamento da subestação que visa verificar as condições dos equipamentos e instalação elétrica. Por fim, é realizado o *startup*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de medição de grandezas, pode-se obter os valores máximo e mínimo das fases R, S e T da tensão elétrica, corrente elétrica, potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência e frequência.

Sobre a tensão elétrica, nas fases R, S e T foram registradas as tensões com o valor máximo de 125,7 V e o valor mínimo de 0 V onde houve a interrupção no fornecimento de energia elétrica por 30 minutos.

As amostras da corrente elétrica evidenciaram na fase R o valor máximo de 252 A e o valor mínimo de 0 A. Na fase S, o valor máximo de 286 A e o valor mínimo de 0 A. Na fase T, o valor máximo de 267 A e o valor mínimo de 0 A. Nas três fases houve a interrupção no fornecimento de energia elétrica com duração de 30 minutos.

Analisando a potência ativa por fase e total, evidenciaram na fase R, o valor máximo de 28,6 kW e o valor mínimo de 0 kW. Na fase S, o valor máximo de 31,4 kW e o valor mínimo de 0 kW. Na fase T, o valor máximo de 27,9 kW e o valor mínimo de 0 kW. No total (trifásica), o valor máximo de 85,6 kW e o valor mínimo de 0 kW. Em todas as ocasiões houve a interrupção no fornecimento de energia elétrica com duração de 30 minutos.

A potência reativa foi analisada por fase e total, mostraram na fase R, o valor máximo de 15,2 kVAr e o valor mínimo de -5,7 kVAr. Na fase S, o valor máximo de 16,4 kVAr e o valor mínimo de -6,4 kVAr. Na fase T, o valor máximo de 18,4 kVAr e o valor mínimo de -1,8 kVAr. No total (trifásica), valor máximo de 48,4 kVAr e o valor mínimo de -11,3 kVAr.

Analisando a potência aparente por fase e total, obteve-se na fase R, valor máximo de 30,7 kVA e o valor mínimo de 0 kVA. Na fase S, valor máximo de 34,9 kVA e o valor mínimo de 0 kVA. Na fase T, valor máximo de 32,4 kVA e o valor mínimo de 0 kVA. No total (trifásica), valor máximo de 97,3 kVA e valor mínimo de 0 kVA. Em todas as ocasiões houve a interrupção no fornecimento de energia elétrica com duração de 30 minutos.

Sobre a frequência, foram registradas as tensões com o valor máximo de 60,121 Hz e o valor mínimo de 59,855 Hz nas fases R, S e T.

De acordo com as análises de medição de grandezas elétricas, nota-se que o transformador de 112,5 kVA instalado na unidade atual se encontra próximo da potência nominal do equipamento. Podendo reduzir a vida útil do mesmo e também prejudicar o fornecimento de energia elétrica ocasionando paradas indesejadas.

O memorial de cálculo é um documento que apresenta as fórmulas e os cálculos utilizados para chegar no resultado da potência instalada e por consequência a potência do transformador. Primeiramente, foi feita a determinação da demanda, que mostrou a relação das cargas dos equipamentos que serão utilizados, assim também como a quantidade e a potência referente ao equipamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação de cargas

Item	Descrição	Equipamentos	Quantidade	Potência (kW)	Subtotal (kW)
A	Iluminação / Tomada	Luminárias 4x10W Tuboled	400	0,040	16,000
		TUG (100W)	140	0,100	14,000
B	Aparelhos	TUE (600W)	32	0,600	19,200
		Split, Hi Wall, 9MB	9	0,750	6,750
		Split, Hi Wall, 18MB	2	1,500	3,000
		Split, Hi Wall, 24MB	4	1,835	7,340
C	Condicionadores de Ar	Split, Piso Teto, 36MB	5	3,000	15,000
		Split, Piso Teto, 48MB	8	4,000	32,000
		Split, Piso Teto, 60MB	6	5,000	30,000
		Gabinete De Ventilação	2	1,500	3,000
		Insuflador P/ Dutos	2	0,135	0,270
D	Motores	Elevador (5cv)	1	3,680	3,680
		Bomba Incendio (15cv)	1	11,040	11,040
			Resumo	Total kW	161,280

Fonte: O Autor

Os equipamentos são divididos em itens, nos quais:

A = demanda referente a tomadas e iluminação

B = demanda de equipamentos de utilização específica

C = demanda referente a condicionador de ar tipo janela

D = demanda referente a motores elétricos e máquinas de solda a motor carga

Sendo assim, a demanda a ser contratada para a instalação é estimada em 152,00 kW. A potência da bomba de incêndio não é somada conforme CPFL GED 119 devido a demanda da mesma (11,040 kW) não ultrapassar 30% da demanda calculada (161,280 kW).

Ainda na determinação da demanda foi realizado o cálculo da demanda das instalações, onde o resultado da demanda total foi de 150,24 kW. Também feito o cálculo do fator de potência e transformador, onde de acordo com o item 6.9.4.2 do documento CPFL nº 2855, não há necessidade de se instalar capacitor para corrigir o fator de potência para o mínimo de 0,92. Conforme dimensionamento de transformadores particulares do documento CPFL GED 2856, o transformador a ser utilizado deve respeitar a demanda calculada. Neste caso, a demanda calculada é de 164,725 kVA. Sendo assim, o transformador será de 150 kVA. Como sugestão, sua instalação pode ser ao tempo, em poste singelo e medição na baixa tensão.

Após a determinação da demanda foi feito o memorial descritivo. Onde mostrou que o projeto tem por característica e finalidade fins comerciais através de locação junto ao setor escolar. O projeto trata-se de alteração de carga de baixa tensão (B1 atualmente) para posto de transformação ao tempo 150 kVA. A unidade consumidora (UC) atual fará parte da nova medição baixa tensão em posto de transformação ao tempo 150 kVA, devendo passar pelo procedimento “corta velha e liga nova” após finalização dos trâmites e aprovações da CPFL Paulista. Na entrada de serviço, o fornecimento de energia elétrica deverá ser em tensão 11.900 V, sistema trifásico, 60 Hz, através de derivação a ser construída diretamente da rede primária de energia elétrica da concessionária local, CPFL Paulista. A entrada de serviço será conforme ANEXO A. O ramal de ligação é dimensionado e instalado pela CPFL.

Ainda no memorial descritivo, é feito a determinação dos equipamentos que farão parte do posto de transformação, que deverá ser ao tempo conforme ANEXO B. O poste deverá ser de concreto 11 metros e 600 daN. E deverá ser instalado um jogo de chaves fusíveis 15 kV, 100 A – 10 kA de interrupção assimétrica, com elos fusíveis de 8k e cabos 15 kV – Coberto – 16 mm² - cor cinza no posto de transformação. Deverão ser instalados três

para-raios de linha com invólucro polimérico, a óxidos metálicos, sem centelhador, providos de desligador automático, para uso em redes de distribuição aérea, tensão nominal 12 kV e corrente de descarga nominal 10 kA.

Deverá ser instalado um transformador de distribuição conforme as seguintes características: Potência: 150 kVA; Frequência: 60 Hz; Tensões primárias: 13.800/13.200/12.600/12.000/11.400/10.800/10.200 V; Classe 15 kV: NBI 95 kV; Tensões secundárias: Trifásicos: 220/127; Elevação de temperatura: 55 °C; Classe térmica: 105 °C.

Projetados e construídos conforme norma ABNT NBR 5440, atendendo às normas das concessionárias de energia elétrica, com comutador de derivações sem carga e com acionamento externo, com buchas e terminais primários, buchas e terminais secundários, terminais de aterramento, suportes para fixação em poste, orelhas para suspensão, placa de identificação, óleo isolante mineral, dispositivo para alívio de pressão e suportes para fixação de para-raios.

Os condutores secundários do transformador deverão ser conforme ANEXO C. Método de instalação (2), sendo 2 cabos de cobre por fase, bitola de 95 mm² com isolamento 0,6/1,0 kV EPR 90°, cor preta. O condutor neutro será da mesma bitola dos condutores fase; dois cabos de cobre, bitola 95 mm² com isolamento 0,6/1,0 kV EPR 90°, cor azul.

A potência aparente geral é 164,73 kVA e a corrente elétrica para a mesma é 432,30 A. O arranjo para os condutores secundários conforme prescrito acima admite capacidade de 538 A. Para determinar a queda de tensão, multiplica-se a corrente nominal (A) do circuito pelo comprimento do mesmo em quilômetros (L) e pelo fator de queda de tensão (Ft=0,44) conforme ANEXO D.

Os condutores deverão possuir identificação das fases, tanto no poste quanto no interior do quadro de medição conforme:

- Fase "R" - cor vermelha (antiga fase A) (MUNSELL 5R-4/14)
- Fase "S" - cor azul escuro (azul royal) (antiga fase B) (MUNSELL 2,5PB-4/10)
- Fase "T" - cor branca (antiga fase C) (MUNSELL N9,5)

Os cabos deverão ser identificados através de sua própria cobertura ou fita.

De acordo com o cálculo de diâmetro do eletroduto/tubo externo, deverá ser utilizado um eletroduto de PVC rígido ou metálico conforme NBR-5597 e NBR-5598 de 4" (100 mm), devido sua taxa de ocupação à 40% apresentar 3.141,59 mm², (maior que 1.946,24 mm²) viabilizando a utilização do arranjo de cabos secundários adotado neste projeto.

Conforme CPFL, sistema de medição é um conjunto de equipamentos que são utilizados para realizar as medições e verificações da unidade consumidora. O sistema de medição deverá ser conforme ANEXO E e neste caso, o sistema de medição será na baixa tensão.

Conforme CPFL, sistema de aterramento é um conjunto de condutores de proteção e de equipotencialização. Tendo como objetivo interligar as estruturas metálicas (massa) com o terra de forma a proteger os terceiros contra falhas dos equipamentos elétricos. O sistema de aterramento deverá ser conforme ANEXO G.

Conforme CPFL, proteção secundária é dispositivo ou equipamento que atua na baixa tensão (disjuntores, fusíveis e etc) com finalidade de interromper a energia elétrica quando possuir alguma anomalia. Deverá ser utilizado um disjuntor tripolar termomagnético de 400 A, com capacidade de ruptura em 12,5 kA para o circuito geral da instalação após o transformador e uma seccionadora NH blindada de 160 A com fusíveis de 63 A para o circuito do sistema de combate ao incêndio.

CONCLUSÃO

Através do avanço da tecnologia e da necessidade de ter cada vez mais maquinários para facilitar e automatizar os serviços, aumentou consequentemente o consumo de energia elétrica. Sendo assim, notou-se a necessidade de criação de tipos diferentes de fornecimento da mesma.

O estudo foi desenvolvido com o intuito de elaborar o projeto de uma subestação (posto de transformação) de um colégio. O trabalho detalha as especificações dos equipamentos utilizados para composição e para proteção do posto de transformação. Seguindo as especificações das normas ABNT NBR 14039 e da CPFL Paulista.

O projeto descrito neste estudo foi aprovado pela CPFL e implementado, apresentando bons resultados. Desse modo, acredita-se que poderá contribuir para a realização de outros projetos nessa área, uma vez que notou-se a existência de poucas publicações que abordam o tema de subestações de média e alta tensão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. 236 p. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb. Acesso em: 12 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Prodlist módulo 8: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. 12 ed. Brasília: Aneel, 2021. 88 p. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_12/342ff02a-8eab-2480-a135-e31ed2d7db47. Acesso em: 09 maio 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414, de 9 de Setembro de 2010: capítulo II da unidade consumidora**. Brasília, DF: Aneel, 27 nov. 2015. p. 14-36. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 21 maio 2021.

ANEELCAST. **Parte 1: Qualidade do fornecimento de energia elétrica em 2020**. [Locução de]: Desconhecido [S.I.]: ANEEL, 15 mar. 2021. *Podcast*. Disponível em: <https://podcasts.google.com/feed/aHR0cHM6Ly9hbmNob3luZm0vcy81MTAxOWEyYy9wb2RjYXN0L3Jzcw==>. Acesso em: 21 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 209 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5656: Transformadores de potência**. Rio de Janeiro: Abnt, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039: Instalação elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 87 p.

BGF CONSULTORIA EM ENGENHARIA (São Paulo). **Medição de grandezas elétricas**. 2019. Disponível em: <https://www.bgfconsultoria.com.br/medicao-grandezas-eletricas>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CASTRO-GALEANO, J. C.; CABRA-SARMIENTO, W. J.; ORTIZ-PORTILLA, J. **F. Fault and load flows analysis of electricity transmission and distribution system in Casanare (Colombia)**. 2017. 21 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Yopal, 2017. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292017000100009&lang=pt. Acesso em: 22 maio 2021.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRA ESTRUTURA. **Como funciona a geração elétrica?** 2018. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-geracao-eletrica/>. Acesso em: 13 jun. 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 119: Fornecimento de Energia Elétrica a Edifícios de uso Coletivo**. São Paulo: Cpfl, 2020. p. 169. Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-119.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 2855: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV - Volume 1**. São Paulo: Cpfl, 2021. p. 66. Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2855.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 2856: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV - Volume 2 - Tabelas**. São Paulo: Cpfl, 2021. p. 25. Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2856.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 2858: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV - Volume 3 - Anexos**. São Paulo: Cpfl, 2021. p. 16. Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2858.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 2859: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV - Volume 4.1 - Desenhos**. São Paulo: Cpfl, 2021. p. 46. Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2859.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 2861: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV - Volume 4.2 - Desenhos**. São Paulo: Cpfl, 2021. p. 50. Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2861.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **História da Energia Elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/uso-consciente/historia-da-energia/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 12 jun. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 13 jun. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Transmissão de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados->

abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-70/Cap4_Texto.pdf. Acesso em: 13 jun. 2021.

FILHO, J. M. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2015. p. 1-657.

MENDONÇA, Luciana. Consumo de energia deve crescer 4,8% até 2020. 2011. Disponível em: <https://osetoreletrico.com.br/consumo-de-energia-deve-crescer-48-ate-2020/>. Acesso em: 07 nov. 2021.

OMS ENGENHARIA. **Subestação de energia: tudo sobre projeto, instalação e manutenção de subestações para indústrias e grandes consumidores**. 2020. Disponível em: <https://omsengenharia.com.br/blog/subestacao-de-energia/>. Acesso em 13 maio 2021.

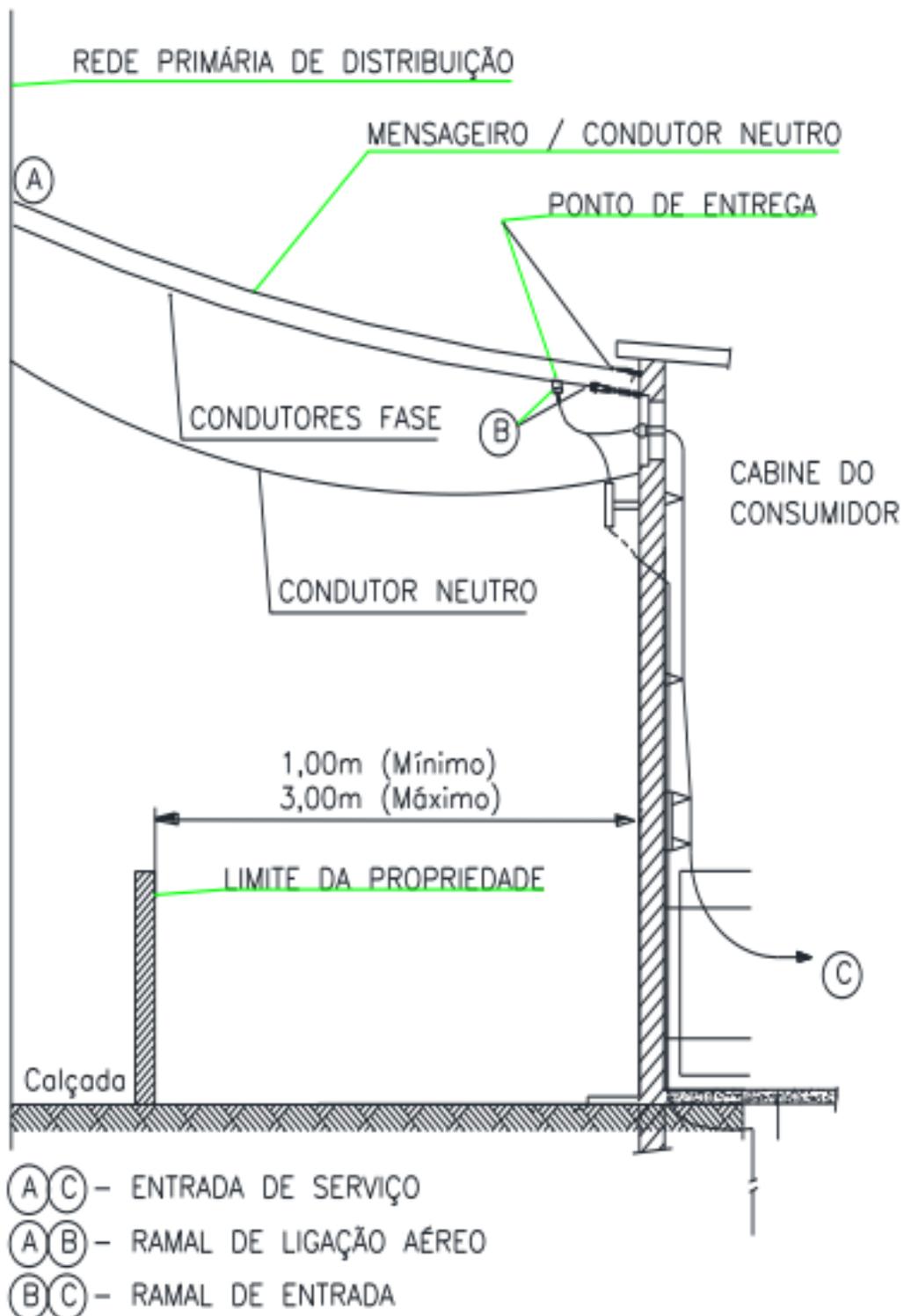
PEREIRA, A. C. **Integração dos Sistemas de Proteção, Controle e Automação de Subestações e Usinas - Estado da Arte e Tendências**. 2005. 181 f. Tese (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: https://www.academia.edu/8998209/Tese_INTEGRA%C3%87%C3%83O_DOS_SISTEMAS_DE_PROTE%C3%87%C3%83O_CONTROLE_E_AUTOMA%C3%87%C3%83O_DE_SUBESTA%C3%87%C3%83O_E_USINAS. Acesso em: 22 maio 2021.

PEREIRA, F. S. J., *et al.* **Gerenciamento de riscos durante a construção de subestações de energia elétrica**. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2019000400221&lang=pt. Acesso em: 21 maio 2021.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Eletrecidade**. São Paulo: Senai-Sp Editora, 2016. 376 p.

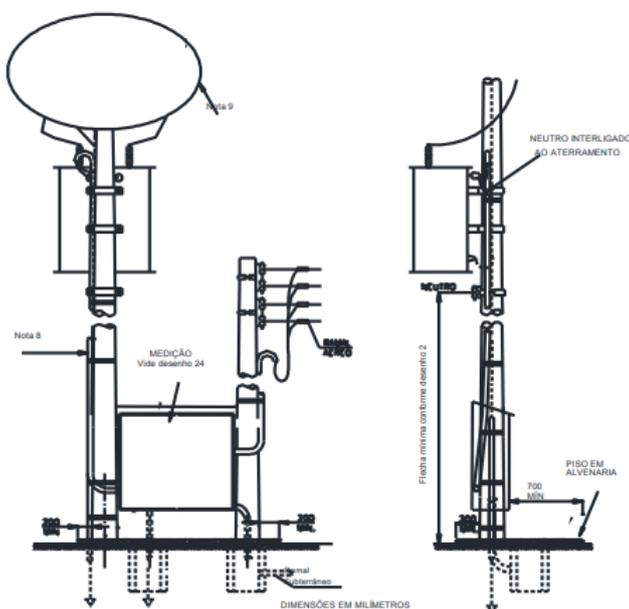
SUBESTAÇÃO ENERGIA DO BRASIL. **Inspeções e ensaios em transformadores a seco**. Blumenau 31 nov. 2018. Disponível em: <https://www.subestacao.com.br/blog/tecnico/inspecoes-e-ensaios-em-transformadores-a-seco>. Acesso em: 21 maio 2021.

ANEXO A – DES.1-1/4 - ENTRADA DE SERVIÇO - PONTO DE ENTREGA
(Desenho Ilustrativo)



Fonte: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2859.pdf>>

ANEXO B – DES.7- POSTO DE TRANSFORMAÇÃO AO TEMPO EM POSTE SINGELO CIRCULAR, DE CONCRETO, ATÉ 300KVA



Potência do Transformador	Classe de Tensão	Altura do Poste	Resistência Nominal do Poste
até 112,5kVA	15kV	10m ou 11m (nota 6)	400daN
150kVA			600daN
225kVA e 300kVA			1000daN
até 150kVA	25kV e 34,5kV	11m ou 12m (nota 6)	600daN
225kVA e 300kVA			1000daN

NOTAS:

- 1) Para sistemas de aterramento ver desenho 20.
- 2) Quando for saída subterrânea, o segundo poste pode ser dispensado.
- 3) Na cruzeta das chaves fusíveis, instalar somente três mãos francesas.
- 4) As chaves fusíveis devem ser instaladas formando um ângulo de 60° com a cruzeta.
- 5) A curva/cabeçote do eletroduto de entrada dos cabos secundários deve estar acima dos bornes secundários do transformador.
- 6) O poste do transformador deverá ser de 11m em redes 15kV ou 12m em redes 25kV ou 34,5kV, quando o ramal aéreo cruzar rua, avenida ou entrada de veículos pesados.
- 7) A caixa de medição não deve ser instalada de modo a impedir a operação da chave corta-circuito, seja através do uso de escada ou bastão de manobra. No caso de transformador e chave no mesmo lado, deverá haver um afastamento de 3,2m defronte aos mesmos.
- 8) Tubo ou eletroduto de PVC, PEAD ou aço-carbono zincado por imersão a quente.
- 9) O ramal de ligação deve atender ao padrão de rede primária compacta, portanto também a estrutura de ancoragem do mesmo (não exigindo o poste citado no documento CPFL referenciado), sendo padrão C3 da estrutura de fim de linha do documento CPFL nº 11846 (liberado para uso nas instalações do particular) ou do documento CPFL nº 14570.
- 10) Distância mínima exigida de 1,5m e máxima de 3m entre o poste e a divisão de propriedade.
- 11) Os afastamentos das chaves fusíveis são os dispostos nos documentos CPFL nº 11849 e nº 10570.
- 12) A área defronte ao quadro de medição e/ou locais de acesso à dispositivos de manobra e proteção, em instalações externas ao nível do solo, devem ter espaço livre mínimo de 1,5 metros, conforme NBR-14039.

Fonte: <<http://sites.cpf.com.br/documentos-tecnicos/GED-2859.pdf>>

ANEXO C – Tabela 6a - Ampacidade de condutores isolados e cabos unipolares de cobre em baixa tensão (3 condutores carregados) (NBR-5410)

Seção Nominal (mm ²)	Condutores de PVC 70°C (Ampères)				Cabos Unipolares - 0,6/1kV - EPR ou XLPE (Ampères)			
	(1)	(2)	(3) (vide nota b)	(4) (vide nota c)	(1)	(2)	(3)	(4)
10	42	50	52	71	54	66	61	88
16	56	68	67	97	73	88	79	120
25	73	89	86	130	95	117	101	161
35	89	110	103	162	117	144	122	201
50	108	134	122	197	141	175	144	246
70	136	171	151	254	179	222	178	318
95	164	207	179	311	216	269	211	389
120	188	239	203	362	249	312	240	454
150	216	275	230	419	285	358	271	527
185	245	314	258	480	324	408	304	605
240	286	370	297	569	380	481	351	719
300	328	426	336	659	435	553	396	833

Métodos de Instalação:

(1) Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante.

(2) Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto ou eletroduto circular embutido em alvenaria.

(3) Cabos unipolares em eletroduto/duto diretamente enterrado e/ou envelopado em concreto (instalação subterrânea).

(4) Cabos unipolares espaçados ao ar livre (fixação direta).

Notas:

a) A tabela foi montada de acordo com tabelas e métodos de instalação estabelecidos pela NBR-5410.

b) Para condutores de PVC com isolamento menor ou igual a 750V, o método de instalação (3) não é permitido, pois tais condutores não são adequados a locais sujeitos a umidade.

c) Para condutores de PVC com isolamento menor ou igual a 750V, o método de instalação (4) não é permitido, pois tais condutores não são adequados a exposição direta ao tempo.

d) A tabela deve ser aplicada para o dimensionamento de condutores até a medição e proteção, inclusive, e pressupõe que as cargas estão igualmente distribuídas entre as fases.

e) Quando os condutores são instalados num percurso ao longo do qual variam as maneiras de instalar, as ampacidades dos condutores devem ser determinadas para a condição mais desfavorável.

f) Para condutores com outro tipo de isolamento, ou com maneira de instalar diversa da especificada, deve ser adotada a tabela do fabricante, não podendo as seções calculadas para o projeto serem alteradas na execução para outra marca ou fabricação, sem prévia consulta a concessionária.

g) Para cálculo do eletroduto, utilizar tabela do fabricante para se saber o diâmetro externo do cabo a ser utilizado.

Fonte: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2856.pdf>>

ANEXO D – Tabela 19 - Queda de Tensão - Superastic (cobre) QUEDA DE TENSÃO

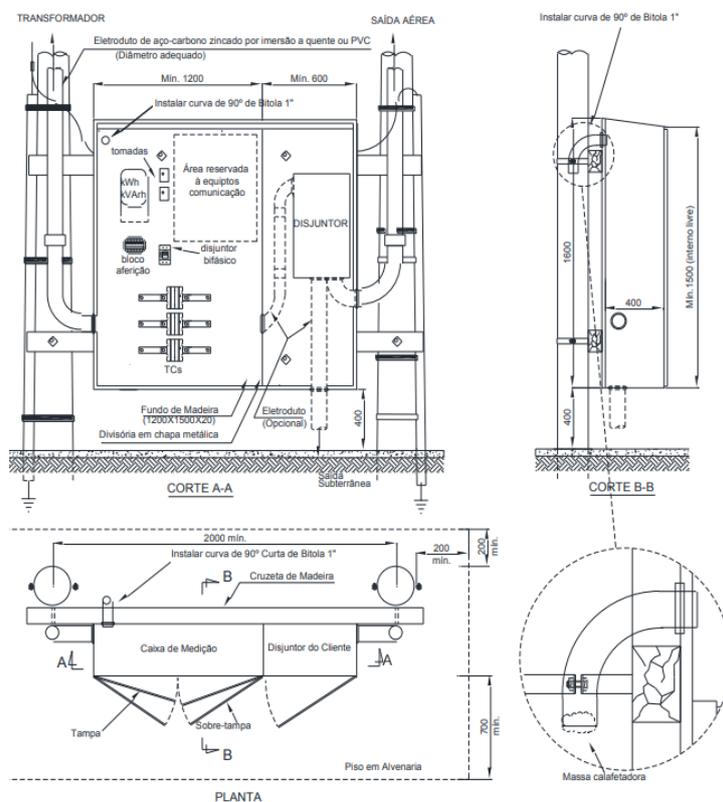
Seção nominal (mm ²)										
			s = 2.D		s = 13 cm		s = 20 cm			
	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)
1,5	23,34	27,62	23,40	27,66	23,68	27,80	23,72	27,82	20,21	23,90
2,5	14,33	16,93	14,39	16,96	14,66	17,09	14,69	17,11	12,41	14,65
4	8,96	10,56	8,99	10,55	9,24	10,68	9,31	10,74	7,77	9,14
6	6,03	7,07	6,11	7,13	6,34	7,25	6,37	7,25	5,23	6,13
10	3,63	4,23	3,71	4,28	3,93	4,39	3,95	4,39	3,16	3,66
16	2,33	2,68	2,39	2,72	2,63	2,86	2,63	2,84	2,03	2,33
25	1,51	1,71	1,57	1,75	1,76	1,84	1,80	1,86	1,32	1,49
35	1,12	1,25	1,18	1,28	1,35	1,37	1,39	1,39	0,98	1,09
50	0,85	0,94	0,92	0,97	1,08	1,05	1,12	1,07	0,76	0,82
70	0,62	0,67	0,68	0,70	0,83	0,78	0,87	0,80	0,56	0,59
95	0,48	0,50	0,54	0,53	0,68	0,60	0,71	0,62	0,43	0,44
120	0,40	0,41	0,46	0,44	0,59	0,50	0,63	0,52	0,37	0,36
150	0,35	0,34	0,41	0,37	0,53	0,43	0,56	0,45	0,32	0,31
185	0,30	0,28	0,36	0,32	0,47	0,37	0,51	0,39	0,28	0,26
240	0,26	0,23	0,32	0,26	0,41	0,31	0,45	0,33	0,24	0,21

Seção nominal (mm ²)								
	s = 2.D		s = 13 cm		s = 20 cm			
	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)	FP=0,80 (V/A.km)	FP=0,95 (V/A.km)
1,5	20,26	23,93	20,50	24,06	20,54	24,08	20,19	23,89
2,5	12,47	14,68	12,69	14,80	12,73	14,81	12,40	14,64
4	7,82	9,17	8,04	9,28	8,07	9,30	7,75	9,13
6	5,29	6,16	5,49	6,26	5,52	6,28	5,21	6,12
10	3,21	3,69	3,40	3,79	3,44	3,81	3,14	3,66
16	2,08	2,36	2,26	2,45	2,30	2,47	2,01	2,32
25	1,38	1,52	1,54	1,60	1,57	1,62	1,30	1,48
35	1,04	1,12	1,19	1,20	1,22	1,22	0,97	1,08
50	0,81	0,85	0,95	0,92	0,98	0,94	0,74	0,81
70	0,61	0,61	0,74	0,68	0,77	0,70	0,54	0,58
95	0,49	0,47	0,60	0,53	0,64	0,54	0,42	0,43
120	0,42	0,39	0,53	0,44	0,56	0,46	0,35	0,35
150	0,37	0,33	0,47	0,38	0,51	0,40	0,30	0,30
185	0,33	0,28	0,42	0,33	0,46	0,35	0,26	0,25
240	0,29	0,24	0,37	0,28	0,41	0,30	0,22	0,20

Valores válidos para todos os tipos de instalação, exceto quando instalados em conduto metálico fechado ferromagnético.

Fonte: <https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_Dimensionamento_Baixa_Tensao.pdf>

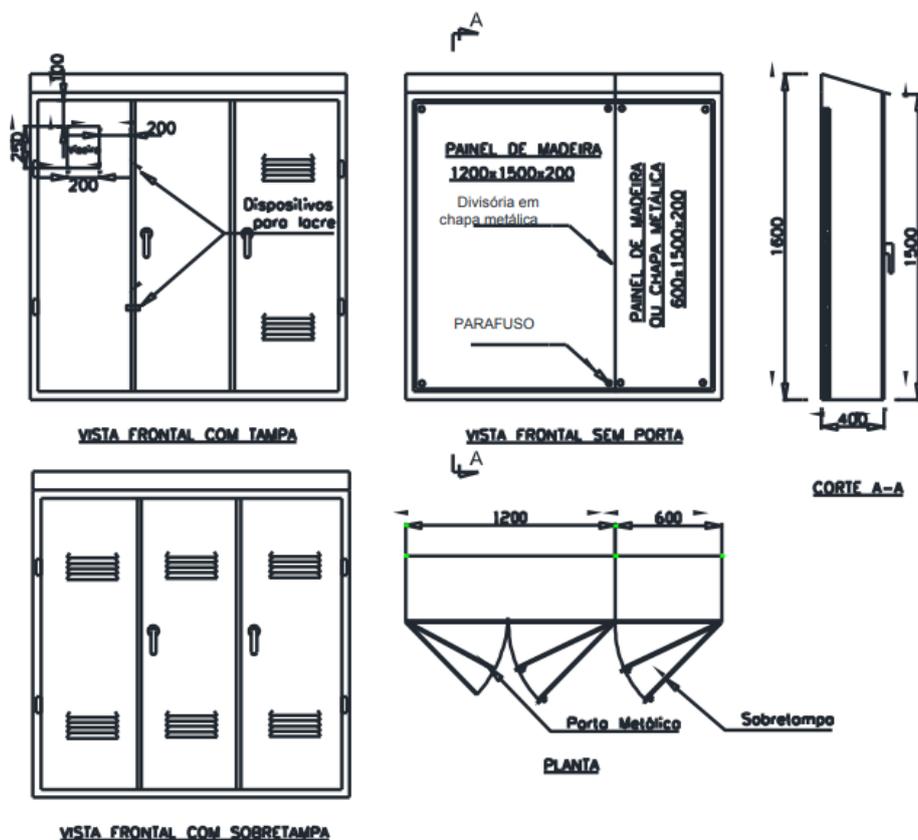
ANEXO E – DES.24-1/3 - MEDIÇÃO E PROTEÇÃO NA BAIXA TENSÃO - CAIXA

**Notas:**

- 1) A caixa de proteção poderá ser em alvenaria desde que conserve as dimensões internas indicadas e possua porta metálica.
- 2) Detalhe de aterramento da caixa vide desenho 20.
- 3) Na ausência do eletroduto opcional entre a caixa de proteção de TC e o disjuntor, a abertura para saída dos cabos na caixa deverá ter seus vãos preenchidos com massa calafetadora ou material similar, evitando a entrada de animais e insetos na mesma.
- 4) Para instalação de antena de comunicação, deve-se instalar curva de 90° de bitola de 1", que deverá ser devidamente fixada à chapa da caixa, através de buchas e/ou flange de modo a evitar rebarbas que venham a danificar o cabo da antena.
- 5) A curva deverá ser em PVC.
- 6) Eventualmente, em função da posição do medidor, a curva deverá ser instalada do outro lado do quadro de medição, ficando mais próximo do medidor.
- 7) A fim de evitar a entrada de insetos, deve-se vedar a abertura externa da curva com um pouco de massa calafetadora ou tampão adequado à abertura.
- 8) A caixa deve ser conforme desenho 30 e a ligação dos componentes internos conforme desenho 33.
- 9) A área defronte ao quadro de medição e/ou locais de acesso à dispositivos de manobra e proteção, em instalações externas ao nível do solo, devem ter espaço livre mínimo de 1,5 metros, conforme NBR-14039.
- 10) Dimensões em milímetros.

Fonte: < <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2861.pdf>>

ANEXO F – DES.30 - CAIXA DO CONJUNTO DE MEDIÇÃO NA BAIXA TENSÃO

**Notas:**

1) Material:

- 1.1) Caixa metálica em chapa de ferro nº 18 (1,27mm) protegida com duas demão de zarcão, alumínio ou aço inoxidável.
- 1.2) Caixa em alvenaria, com portas e sobretampa em chapa de ferro nº 18 (1,27mm) protegida com duas demão de zarcão, alumínio ou aço inoxidável.
- 1.3) Caixa em resina poliéster com fibra de vidro com no mínimo 3mm de espessura.

2) Medidas indicadas são internas livres.

3) Para fixação dos equipamentos concessionária deverá ter painel de madeira com espessura de 20mm.

4) Para instalação dos equipamentos ver desenho 29-2/2.

5) Quando em uso interno não há necessidade de pingadeira e sobretampas.

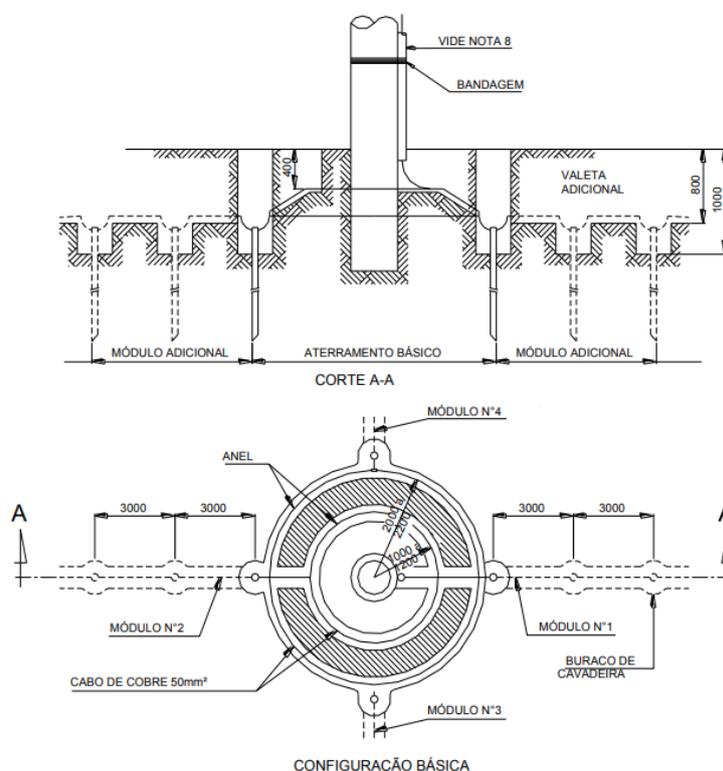
6) Em cabines blindadas convencionais (isoladas a ar) até 300kVA, quando o disjuntor se localiza em compartimento em separado, considerar apenas o compartimento da medição.

7) Para instalação de antena de comunicação, deve-se instalar curva em PVC de 90° de bitola de 1", que deverá ser devidamente fixada à chapa da caixa, através de buchas e/ou flange de modo a evitar rebarbas que venham a danificar o cabo da antena. A fim de evitar a entrada de insetos, deve-se vedar a abertura externa da curva com um pouco de massa de calafetar ou tampão adequado à abertura.

8) Dimensões em milímetros.

Fonte: < <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2861.pdf> >

ANEXO G – DES.19 - POSTO DE TRANSFORMAÇÃO EM POSTE SINGELO - MEDIÇÃO AFASTADA - DETALHE DE ATERRAMENTO

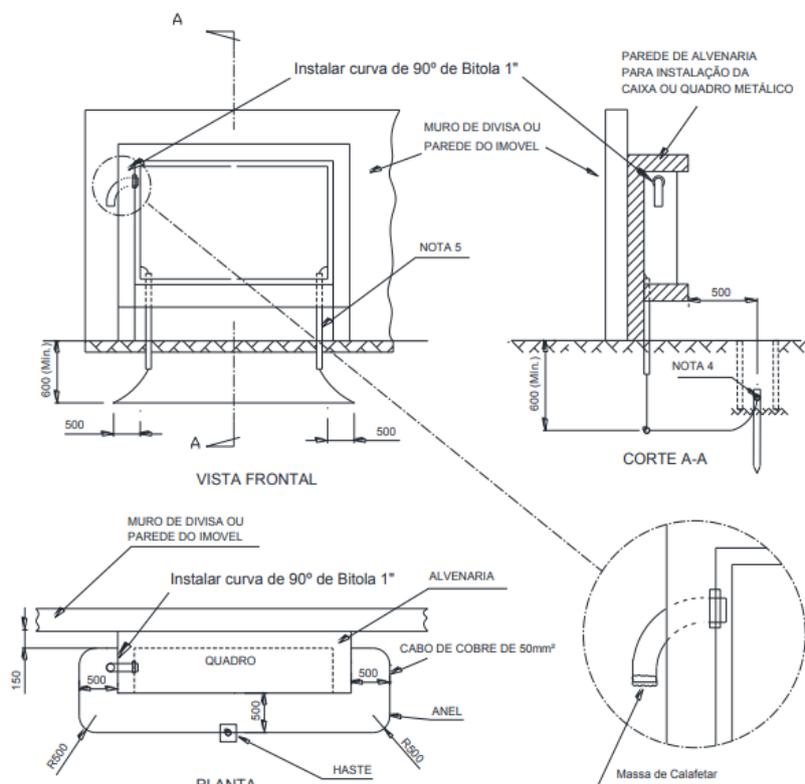


Notas:

- 1) Os anéis que circundam o poste, destinam-se a reduzir a tensão de passo e de toque em ocasiões de defeito.
- 2) O condutor neutro da linha (quando existir) deverá ser interligado ao sistema de aterramento.
- 3) Fixar o cano ao poste através de bandagem com 5 voltas de arame nº 12BWG a cada 500mm.
- 4) Todas as conexões que envolvem ferro zincado, deverão ser cobertos por massa calafetadora.
- 5) No caso de cano de ferro, na sua entrada e saída, conectá-lo eletricamente ao condutor.
- 6) A conexão da haste na malha pode ser feita com solda exotérmica ou conetor protegido com massa calafetadora.
- 7) As conexões cabo-cabo podem ser feitas com solda exotérmica ou conetor tipo parafuso fendido (Split-bolt) protegido com massa calafetadora (neste caso é exigida caixa de inspeção, conforme NBR-14039).
- 8) Tubo ou eletroduto de PVC ou aço-carbono zincado por imersão a quente.
- 9) Detalhes vide item 6.6 do documento CPFL nº 2855.
- 10) Dimensões em milímetros.

Fonte: < <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2861.pdf>>

ANEXO H – DES.20-4/4 - ATERRAMENTO - NEUTRO MULTIATERRADO MEDIÇÃO AFASTADA DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO



Notas:

- 1) O sistema de aterramento do posto de transformação está definido no desenho 22.
- 2) O anel do quadro de medição deve ser interligado ao anel do posto de transformação através de cabo de cobre de 50mm², em valeta de 60cm de profundidade.
- 3) O afastamento máximo permitido entre o posto de transformação e o quadro de medição é de 6 metros.
- 4) A conexão da haste na malha deve ser feita com conetor protegido com massa calafetadora, instalada em caixa de inspeção.
- 5) Tubo ou eletroduto de PVC ou aço-carbono zincado por imersão a quente.
- 6) Detalhes vide item 6.6 do documento CPFL nº 2855.
- 7) O trecho subterrâneo do ramal entre o transformador e o quadro de medição, deve ser mostrado em planta e projetado de modo adequado ao cabo e maneira de instalar da tabela 7 do documento CPFL nº 2856.
- 8) Para instalação de antena de comunicação, deve-se instalar curva de 90° de bitola de 1", que deverá ser devidamente fixada à chapa da caixa, através de buchas e/ou flange de modo a evitar rebarbas que venham a danificar o cabo da antena.
- 9) A curva deverá ser em PVC.
- 10) Eventualmente, em função da posição do medidor, a curva deverá ser instalada do outro lado do quadro de medição, ficando mais próximo do medidor.
- 11) A fim de evitar a entrada de insetos, deve-se vedar a abertura externa da curva com um pouco de massa calafetadora ou tampão adequado à abertura.
- 12) Dimensões em milímetros.

Fonte: < <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-2861.pdf> >

ANEXO I – Projeto da Subestação