

Capítulo IX

Subestações

Por Marcus Possi*

As subestações de energia elétrica são, por que não dizer, uma das aplicações mais adequadas a essa norma, tendo em vista que reúnem em um só lugar todas as condições de sua aplicação. É conveniente dizer que, até o aparecimento da norma ABNT NBR 14039, a maioria dos serviços de projeto era orientada por normas estrangeiras ou internacionais, quando não conduzidas as referências, características ou limites dos fabricantes dos equipamentos que, isoladamente, ditavam os cálculos e dimensionamentos. A maior responsabilidade do comitê da norma estava no momento de seu desenvolvimento e implantação, reunir a expertise existente, nos diversos setores, de modo a trazer as melhores práticas e as melhores referências para dentro do texto final.



Figura 1 – Subestação.

Há diversas formas de abordagem do tema subestações, mas qualquer uma delas passa obrigatoriamente pela apresentação de sua definição: “subconjunto de dispositivos e equipamentos, predominantemente elétricos, que fazem parte de

um sistema elétrico de potência ainda maior, tem o objetivo de transformar, distribuir ou ainda direcionar blocos de energia, dentro de tensões, potências e parâmetros definidos, com garantias técnicas e de segurança a cargas elétricas específicas, atendendo às melhores práticas”.

Sendo assim, podemos iniciar este capítulo com um breve relato do que era encontrado com frequência na área de média tensão nas indústrias, comércio e outras potências significativas, antes do advento da ABNT NBR 14039 e da NR 10, ainda que algumas empresas insistam por ignorá-las nos dias atuais.

Equipamentos e dispositivos

A maioria dos equipamentos ou dispositivos era dimensionada, montada e abrigada em condições inadequadas quando considerando o tempo de projeto e execução e o tempo de uso e aplicação. Era comum verificar equipamentos e soluções atendidas por modelos predefinidos, sem adaptações ou adequações às realidades, desatualizados com relação às condições elétricas e aos novos resultados encontrados por conta das mudanças de perfis de cargas e de sua manutenção ou cuidados de limpeza e conservação. Os equipamentos elétricos possuíam tolerâncias e limites de fábrica que normalmente superavam em muito os dimensionamentos calculados ou previstos para uso, dando a eles uma “sobrevida” ao dito esquecimento e desatenção. Essa característica de projeto de equipamentos veio mudando em face de novas tecnologias e de estudos de viabilidade

econômica. Eventualmente, os equipamentos eram trocados não observando essas informações e compatibilidades elétricas, aumentando, assim, o nível de riscos de falhas e problemas para a produção. Os dispositivos de manobra e chaveamento sem manutenção tornavam os mecanismos perigosos ao acionamento e a mudanças, assim como levava os contatos elétricos a condições de corrosão e resistência ôhmica ao crítico, protegidos apenas pela “sorte”. A manutenção era do tipo “corretiva”, sempre de emergência, e evitando-se atuar nos equipamentos próximos e correlacionados por conta de custos, tempo e riscos associados.

Sistema elétrico de potência maior

As subestações encontradas no mercado de média tensão, na sua maioria, na função de distribuição de energia, fazem parte do SEP mencionado anteriormente e, por conta disso, devem estar integradas a ele. No caso da indústria e comércio, aqui citados como ênfase de análise, estão dentro do sistema do concessionário que, administrando o conjunto, deve prever ajustes e seletividades atualizados. No caso, encontravam-se sempre cartas de ajustes ultrapassadas, antigas ou esquecidas, que não compatibilizadas com as mudanças e investimentos constantes desses concessionários, colocava, por vezes, esse sistema em risco. As manutenções corretivas nesse caso se limitavam a troca e certas “adaptações” elétricas, nada mais.

Funções

Como já mencionado, a mais frequente função, embora não sendo única, a distribuição de energia do concessionário às cargas do consumidor, muitas vezes sofre reformas internas agregando funções como apoio para a transmissão para as subestações adicionais e novas no interior das instalações. A mudança de função, não sendo compatibilizada nem no quesito proteções e ajustes, como no quesito especificação e compatibilização de equipamentos e impedâncias, por vezes trouxeram problemas de operação e baixa no resultado dos negócios. Algumas vezes encontraram-se subestações específicas para a transição ou chaveamento a outras nas instalações, mas, com frequência, sua atenção e manutenção era mais precária à medida que essa não era manobrada e seu status de trabalho apoiava o aumento da “sorte” citada.

Potências e tensões

Na maioria das vezes, as tensões de 13.8 kV e 25 KV foram pontas da lista. As potências de 1 MVA a 15 MVA eram encontradas atendendo à análise probabilística de um sistema elétrico de distribuição tradicional. Claro que as instalações de distribuição urbana e rurais existiam e em maior quantidade, mas não são objetos aqui se considerarmos as potências envolvidas e seus riscos associados. Por diversas vezes, foram encontrados padrões definidos de projeto e montagem, quase que como “kits” prontos

que dispensam os cálculos de projeto e inclusão no sistema elétrico maior. Não descartando a vantagem das definições de bons padrões, como fazem os concessionários quando se preocupam em padronizações de entrada de energia, a análise do que vem à jusante nas instalações é necessária e fundamental, assim como o ajuste certo para os equipamentos e suas características de uso individuais.

Garantias de segurança

Encontrando todas as subestações, e suas saídas, sempre fechadas e lacradas ao acesso, pelo menos os alertas e bloqueio ao sistema eram garantidos, ainda que as “chaves” ficassem sem procedimentos formalizados de entrega e uso, sem controle formal de acesso, e sempre nas mãos daqueles que, na sua maioria, eram menos preparados para tal. Os usuários, por conta de baixo investimento, falta de entendimento de manutenção preventiva e inspeções, e alta confiabilidade, quase que por conta de ignorância, deixaram por diversas vezes o risco habitar suas organizações, lançando mão de seguros e de apoio jurídico aos danos patrimoniais e à vida humana.

Melhores práticas

O que são as melhores práticas senão o uso consciente das normas e profissionais no real atendimento aos objetivos do negócio? A falta dessas, por diversas vezes, reduziu produções, ceifou vidas, e colocou em risco o patrimônio das organizações, em particular, justamente no elemento do sistema de energia mais crítico e de responsabilidade das instalações elétricas: a subestação de energia – normalmente, a entrada de energia elétrica. A norma de instalações de média tensão, claro que aliada a outras internacionais e específicas dos fabricantes e de equipamentos e produtos, veio dar uma orientação muito significativa ao corpo técnico. O advento da NR 10 revisada recentemente, aumentou de forma também significativa a responsabilidade dos gestores do negócio e trouxe clareza à responsabilidade dos profissionais da área elétrica envolvidos em projeto, execução, inspeções, montagem e operação.

Este capítulo da norma tem a função de orientar as equipes e os profissionais na validação das instalações elétricas. Validar uma instalação elétrica significa afirmar que a instalação está em condições de ser energizada e colocada em serviço em modo seguro.

Não devemos encarar qualidade de serviços e produtos realizando verificações ao final, mas, nesse caso em particular, não estamos falando de qualidade da instalação. Estamos falando de segurança.

Encarando o processo de projeto, aquisição, montagem e testes de funcionamento, como um trabalho contínuo e objetivo de produção de um ativo organizacional, podemos verificar que seu sucesso vem chancelado na “verificação final” – avaliação do estado e condições de uso de todo o conjunto proposto àquilo que

se destina. Não devemos encarar esse fechamento de processo como verificação de qualidade de processo, mas sim como garantia de segurança dos componentes e do conjunto.

Subestações

O capítulo 9 da norma ABNT NBR 14039, especificamente no subitem 9.1 – Dispositivos gerais, define uma classificação inicial para as subestações, como abrigadas e ao tempo: na superfície e acima (aérea) ou abaixo (subterrânea) do solo. Ao final, em seus itens 9.4 e 9.5, menciona referências que apoiam outra forma de classificação mais tradicional, a classificação por sua função: podem ser categorizadas como subestações de distribuição, subestações de transmissão, subestações de chaveamento e ainda qualquer combinação dessas. Iniciamos esse entendimento funcional aqui.

Subestações de distribuição

A subestação de distribuição é uma combinação de comutação, de controle e de equipamentos dispostos a reduzir a tensão de subtransmissão à tensão de distribuição primária em nível rural, residencial, cargas comerciais e industriais. A capacidade da subestação de distribuição rural pode variar e, como citado anteriormente, pode ser de 1 MVA até três transformadores de 5 MVA. Essas subestações podem ser atendidas de forma radial, podendo ter uma ou duas fontes de abastecimento. A coordenação da proteção e de sobtensões entre a fonte e consumidor é de primordial importância no apoio à determinação dos requisitos técnicos.

Subestações de transmissão

A subestação de transmissão é uma combinação de comutação, controle e de equipamentos dispostos a reduzir ou elevar a tensão de transmissão a outras tensões de subtransmissão para apoio à distribuição de energia elétrica para subestações de distribuição. Subestações de transmissão frequentemente têm dois ou mais transformadores de grande potência.

Subestações de chaveamento

A subestação de chaveamento é uma combinação de equipamentos de chaves e outros dispositivos de manobra e controle dispostos a fornecer flexibilidade e proteção ao SEP.

Disposições gerais

Nos seus dispositivos gerais, a norma chama a atenção para itens que, em tempos de projeto, devem ser levados em alta conta, por conta do foco em segurança.

Materiais construtivos

No item 9.1.2, em que é abordada a condição de características de construção, a norma evidencia que condições de uso para materiais que são de fácil combustão, instáveis pela sua natureza

de montagem ou posicionamento físico, ou mesmo por conta de soluções temporárias, devem trazer condições de bem-estar e segurança aos operadores, uma vez que, pela sua característica funcional, podem não ter o mesmo preparo técnico especialista dos demais trabalhadores dessa área.

Ergonomia e segurança

Nos itens 9.1.3, 9.1.6, e 9.1.8, o tema acessibilidade é destacado por conta de fatores ergométricos e de trabalho permanente. Os espaçamentos, assim como as dimensões, a ventilação e a iluminação naturais ou artificiais devem ser estudadas ainda na fase de projeto para essas garantias. A disposição e acesso aos equipamentos devem oferecer condições adequadas de operação. O seu acesso, ainda que de forma repetida aqui nesse item, reforça a restrição de forma exclusiva às pessoas habilitadas e capacitadas, excetuando-se, é claro, quando estiver completamente desenergizada e sem o perigo de reenergização. Os itens 9.1.7 e 9.1.9, ainda na linha de segurança da operação do sistema, prevêm que os projetistas atentem que os equipamentos de controle, proteção, manobra e medição operados em baixa tensão, devam ser montados como um conjunto separado, permitindo acesso fácil e com segurança, sem expô-los aos perigos naturais dos circuitos e instalações em média tensão. Todas as partes que dizem respeito à média tensão deverão ter fixadas placas com os dizeres “perigo de morte” nos locais possíveis de acesso pela parte externa e nos locais possíveis de acesso às partes energizadas nas partes internas.

Distâncias de segurança

Uma atenção especial para o item 9.1.5, que define as distâncias mínimas de segurança e nos faz voltar às distâncias de segurança que foram definidas no item “5.1.1.4 – Proteção parcial por colocação fora de alcance” e ao que diz a NR 10 em seu Anexo II – Zona de risco e zona controlada, em sua tabela de raios de delimitação de zonas de risco, controlada e livre.

5.1.1.4 Proteção parcial por colocação fora de alcance

5.1.1.4.1 A colocação fora de alcance é somente destinada a impedir os contatos fortuitos com as partes vivas.

5.1.1.4.2 Quando há o espaçamento, este deve ser suficiente para que se evite que pessoas circulando nas proximidades das partes vivas em média tensão possam entrar em contato com essas partes, seja diretamente ou por intermédio de objetos que elas manipulem ou transportem.

5.1.1.4.3 Os espaçamentos mínimos previstos para instalações internas são definidos nas Figuras 7-a) e 7-b) com os valores da Tabela 19 e para instalações externas na Figura 8 com os valores da Tabela 20.

Documentação das instalações

Agora que falamos de subestações pode ser conveniente o momento de um “flashback” nos artigos e seus temas, assim como um “flashforward” no tempo para uma regulamentação

que será abordada com mais propriedade em outros trabalhos. Reconsiderado o item “6.1.7 – Documentação da instalação”, considerando que este item já previa a documentação mínima de projeto, como plantas, esquemas (unifilares e outros que se façam necessários), memorial descritivo, etc., mas somente aqui, no item 9.1.10 da norma ABNT NBR 14039, é que temos uma orientação mais contundente que apela para que seja mantido no interior das subestações, em local acessível, o esquema geral da instalação. Em uma análise complementar de outros textos pertinentes, dessa vez como referência a NR-10, em seu item “10.2.6”, encontramos a orientação para que o conjunto de documentos técnicos e administrativos, denominado “Prontuário de Instalações Elétricas”, deva permanecer à disposição dos trabalhadores envolvidos nas instalações e seus serviços. Isso ratifica a nossa conclusão, não só pela documentação necessária e obrigatória, como requisito de segurança e de melhores práticas, mas, ainda, a subestação deve possuir os seus esquemas elétricos no local.

Instalações ou objeto do trabalho

As instalações são únicas e uma padronização ou modelagem “final” está longe de acontecer. Temos como classificar as instalações de diversas maneiras e no item “não condizentes” com as responsabilidades profissionais dos envolvidos.

Disposições gerais

Nos seus dispositivos gerais, a norma (item 9.3.1) chama a atenção para itens que, em tempo de projeto, devem ser levados em alta conta pelo foco em segurança.

Subestações abrigadas

Neste item (item 9.2), basicamente encontramos as orientações para as subestações cujos componentes estão ao abrigo das intempéries.

Mais ergonomia e segurança na fase de projetos

Muitas vezes, são encontradas subestações que foram projetadas para se encaixar em condições impostas por diversos fatores, que vão ao encontro das melhores condições, conforme as definições a seguir:

- **“Construa-se no espaço disponível e, não no espaço necessário aos equipamentos e seus operadores”.** Isso trouxe, por diversas vezes, potencialização de riscos e acidentes consequentes. A norma preocupa-se em alertar que os corredores de controle, manobra e os locais de acesso devem possuir dimensões adequadas e suficientes para que haja espaço de circulação mínimo de 0,70 m, contando com as portas abertas e, se for o caso, com equipamentos extraídos para manutenção (item 9.2.1.2).
- **“O espaço que temos é esse”.** As manobras e alavancas devem ser consideradas parte integrante do equipamento e não espaço

livre, de forma que os movimentos de operação sejam preservados (item 9.2.1.2).

- **“Basta uma boa iluminação artificial”.** No item 9.2.1.3, está previsto que as subestações tenham iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminação fixados pela ABNT NBR 5413 e iluminação natural sempre que possível. Quanto a janelas e vidraças utilizadas para iluminação natural, estas devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção. As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de duas horas.

- **“Podemos ter pouca ventilação, pois ninguém trabalha permanente lá”.** No item 9.2.1.4, encontramos a orientação de que as subestações devem possuir ventilação natural, sempre que possível ou forçada. No item 9.2.1.7, outro reforço mostra que as aberturas para ventilação natural devem ser convenientes dispostas, de modo a promover circulação do ar.

- **“Instalações são locais quentes e abafados, pois ninguém trabalha permanente lá”.** No item 9.2.1.5, a norma limita que não se deve ultrapassar os 15 °C entre a temperatura interna, medida a 1 m da fonte de calor a plena carga e temperatura externa da subestação à sombra.

- **“O local pode ser quente, os operadores permanecem por lá, mas dá para suportar”.**

Elimina-se esse ponto com outra limitação dada pelo item 9.2.1.6. A temperatura ambiente, à qual os operadores são submetidos, não pode ser superior a 35 °C, sendo facultado que em regiões em que a temperatura externa, à sombra, exceder esse limite, a temperatura ambiente no local da permanência pode, no máximo, igualar à temperatura externa. Quando esta condição não puder ser conseguida, o local de permanência dos operadores deve ser separado das instalações elétricas.

Mais cuidados contra intempéries e ameaças na fase de projetos

Não são raras as construções que trouxeram lacunas quanto aos cuidados com agressões externas e, por conta disso, os envolvidos na elaboração dessa norma contribuíram com os seguintes itens e suas justificativas:

- Nas subestações situadas em ambiente de natureza corrosiva, o ar deve ser aspirado do exterior e o local deve ser mantido sob pressão superior à do ambiente de natureza corrosiva. Devem ser previstos dispositivos de alarme ou desligamento automático, no caso de falha desse sistema.

- A fim de evitar a entrada de chuva, enxurrada e corpos estranhos, as aberturas para ventilação devem ter as seguintes características: situarem-se, no mínimo, 20 cm acima do piso exterior; serem construídas em forma de chicana; e serem protegidas externamente

por tela metálica resistente, com malha de abertura mínima de 5 mm e máxima de 13 mm.

- Nas entradas subterrâneas, do lado externo, o cabo deve ser protegido por eletroduto metálico, classe pesada, no trecho exposto, até a altura mínima de 3 metros acima do nível do solo.

Há um item interessante e oportuno na norma ABNT NBR 14039, que mostra que, quando se trata de cabine metálica, sendo um equipamento, esta deverá estar em conformidade com o prescrito na antiga NBR 6979, atual ABNT NBR IEC 62271 Parte 200 – Conjunto de manobra e controle de alta tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e, inclusive, 52 kV.

Instalações na superfície e acima da superfície do solo

Ainda dentro do item maior de subestações abrigadas, quando elas estão instaladas na superfície ou de forma elevada (ambas abrigadas), há uma recomendação de que as subestações devam ser providas de portas metálicas, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m, e todas as portas devem abrir para fora.

Alguns projetos colocam a subestação de entrada de energia no segundo piso, acima do solo, e distribuem os cabos de baixa tensão e alimentação a partir desse pavimento. É um padrão que permite alguns arranjos elétricos particularmente interessantes, tanto pelo lado da distribuição, como de utilização de espaços verticais como ancoragem mais alta e próxima às redes de distribuição aérea da

concessionária. Nesses casos, é conveniente uma porta de acesso à carga e descarga de equipamentos.

Subestações subterrâneas

Por opção de espaços e disposição de recebimento e distribuição de energia às instalações, há a opção de instalar as subestações de energia no subterrâneo. Essa condição não só é suportada pelas melhores práticas e técnicas como mereceu atenção da norma. Em seu item 9.2.3.1, a norma prevê que esta opção de construção deva possuir recursos que garanta a impermeabilização total contra infiltração de água, e em nota diz que, quando essa impermeabilização não for viável ou não puder evitar a infiltração de água, deve ser implementado um sistema de drenagem. Nos centros urbanos em que houver possibilidade de inundação, medidas adicionais deverão estar presentes para aumentar essas garantias até meios para o seu desligamento total.

O item 9.2.3.2 diz que esse tipo de construção deve ser provido de, pelo menos, uma abertura para serviço com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m, quando laterais, e ter dimensões suficientes para permitir a inscrição de círculo de, no mínimo, 0,60 m, quando localizados no teto.

Sendo de difícil acesso natural por estarem abaixo do nível do solo, as subestações subterrâneas devem prever meios adequados para a instalação inicial e eventual com a substituição/remoção de componentes e equipamentos elétricos. Se esses acessos existirem no topo da subestação, esses ainda devem ser cuidados para que o

projeto contemple uma construção do tipo chaminé, devendo, nesse caso, ter altura suficiente, de modo a impedir uma inundação. Os condutores de força, sempre que relativos a subestações desse tipo, devem ter acesso por meio de condutos ou envelopes de concreto. Nesses casos, todas as entradas e saídas de condutos devem ser obturadas de maneira a assegurar a estanqueidade da subestação.

Tratando-se de instalação elétrica de média tensão, conta-se ainda com o atendimento às referências do item 4.3, que fala da classificação das instalações quanto a influências externas, comentado superficialmente em artigos anteriores. Vamos ver algumas dessas classificações a título de exemplo.

Pelo item 4.3 de nossa norma sobre instalações de média tensão, podemos estabelecer uma classificação por codificação em função das influências externas, que devem ser consideradas na concepção e na execução de subestações.

Cada condição de influência externa é designada por um código que compreende sempre um grupo de duas letras maiúsculas e um número ("x" "x" "0"). A primeira letra indica a categoria geral da influência externa: A = meio ambiente; B = utilização; C = construção das edificações. A segunda letra (A, B, C,...) indica a natureza da influência externa. Por fim, o número (1, 2, 3,...) indica a classe de cada influência externa. Se analisarmos os subitens "4.3.3 Construção das edificações", especificamente "4.3.3.1 Materiais de construção" e "4.3.3.2 Estrutura das edificações", teremos de lançar mão das Tabelas 17 e 18, reproduzidas a seguir:

TABELA 17 – MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO (ABNT NBR 14039)

CÓDIGO	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES E EXEMPLOS
CA1	NÃO COMBUSTÍVEIS	—	—
CA2	COMBUSTÍVEIS	Edificações construídas principalmente com materiais combustíveis.	Edificações construídas principalmente com madeira ou com outros materiais combustíveis.

TABELA 18 – ESTRUTURA DAS EDIFICAÇÕES (ABNT NBR 14039)

CÓDIGO	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES E EXEMPLOS
CB1	Riscos desprezíveis	—	—
CB2	Propagação de incêndio	Edificações cuja forma e dimensões facilitam a propagação de incêndio (por exemplo, efeito de chaminé).	Edificações de grande altura (ver código BD2 da tabela 15) ou edificações com sistemas de ventilação forçada.
CB3	Movimentos	Riscos devidos aos movimentos de estrutura (por exemplo, deslocamentos entre partes diferentes de um prédio ou entre um prédio e o solo), assentamento dos terrenos ou das fundações das edificações.	Edificações de grande altura ou construídas sobre terrenos não estabilizados.
CB4	Flexíveis ou instáveis	Construções frágeis ou que possam ser submetidas a movimentos (tais como oscilações).	Instalações sob toldos, fixadas a divisórias, paredes desmontáveis ou em coberturas inflamáveis.