

TELECOMUNICAÇÕES OPERACIONAIS EM SUBESTAÇÕES: VOZ, DADOS, TELEPROTEÇÃO E REDUNDÂNCIA

Entenda as telecomunicações operacionais em subestações: voz, SCADA, teleproteção, teleassistência, classes do ONS, redundância e testes.

SUMÁRIO

1. O QUE SÃO TELECOMUNICAÇÕES OPERACIONAIS EM SUBESTAÇÕES	4
2. TELECOMUNICAÇÕES OPERACIONAIS E REDE CORPORATIVA	4
3. QUAIS SERVIÇOS TRAFEGAM PELA INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	5
4. ARQUITETURA EM CAMADAS	5
4.1. CAMADA FÍSICA	5
4.2. CAMADA DE TRANSPORTE	5
4.3. CAMADA DE REDE	5
4.4. CAMADA DE APLICAÇÕES	5
4.5. CAMADA DE GESTÃO	5
5. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	6
6. CLASSES DE SERVIÇOS DE VOZ E DADOS DO ONS	6
6.1. CLASSE A	6
6.2. CLASSE B	6
6.3. CLASSE C	7
7. QUALIDADE DOS SERVIÇOS DE DADOS	7
8. VOZ OPERACIONAL	7
9. DADOS DE SCADA, UTR E SSCL	7
10. TELEPROTEÇÃO	8
11. TELEPROTEÇÃO, SCADA E TELEASSISTÊNCIA	8
12. DADOS SINCROFASORIAIS	8
13. SINCRONISMO DE TEMPO	9
14. TELEASSISTÊNCIA E MONITORAMENTO OPERATIVO	9
15. REDES INTERNAS E REDES WAN	9
16. TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE	10
17. REDUNDÂNCIA DE ROTAS	10
18. REDUNDÂNCIA DE EQUIPAMENTOS	10
19. ALIMENTAÇÃO AUXILIAR	10
20. QUALIDADE DE SERVIÇO E PRIORIZAÇÃO	11
21. MULTICAST E TRÁFEGO CRÍTICO	11
22. CIBERSEGURANÇA	11
23. COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E PROTEÇÃO CONTRA SURTOS	11
24. GESTÃO E SUPERVISÃO DA INFRAESTRUTURA	12
25. INDICADORES DE DISPONIBILIDADE	12
26. PROJETO E DOCUMENTAÇÃO	12

27. MODERNIZAÇÃO DE REDES OPERACIONAIS	12
28. FAT, SAT E COMISSIONAMENTO	12
29. APLICABILIDADE DOS PROCEDIMENTOS DE REDE	13
30. ERROS COMUNS	13
30.1. PROJETAR A REDE ANTES DE CLASSIFICAR OS SERVIÇOS	13
30.2. CONSIDERAR DUAS PORTAS COMO DUAS ROTAS	13
30.3. TRATAR TELEPROTEÇÃO COMO SCADA	13
30.4. COMPARTILHAR VÍDEO SEM CONTROLE DE BANDA	13
30.5. NÃO DOCUMENTAR CIRCUITOS LEGADOS	13
30.6. DUPLICAR EQUIPAMENTOS COM ALIMENTAÇÃO COMUM	14
30.7. MEDIR APENAS DISPONIBILIDADE DO ENLACE	14
30.8. NÃO TESTAR CONTINGÊNCIAS	14
30.9. IGNORAR SINCRONISMO	14
30.10. GENERALIZAR REQUISITOS DO ONS	14
31. CHECKLIST DE ENGENHARIA	14
32. CONCLUSÃO	14

As **telecomunicações operacionais em subestações** conectam equipamentos de campo, sistemas locais, centros de operação e outras instalações do sistema elétrico. Elas transportam informações e comandos que precisam chegar ao destino com disponibilidade, qualidade, prioridade e rastreabilidade compatíveis com a função atendida.

Esse ambiente é diferente de uma rede corporativa convencional. Uma indisponibilidade que seria apenas incômoda para aplicações administrativas pode comprometer supervisão, comunicação entre operadores, transferência de eventos, teleproteção, teleassistência ou coordenação operacional.

O projeto deve começar pela classificação dos serviços e de seus requisitos. Somente depois são escolhidos meios físicos, equipamentos, protocolos, rotas, redundâncias e recursos de energia auxiliar.

1. O QUE SÃO TELECOMUNICAÇÕES OPERACIONAIS EM SUBESTAÇÕES

Telecomunicações operacionais são os serviços de comunicação necessários para operar, supervisionar, proteger e coordenar instalações do sistema elétrico.

Elas podem interligar:

A arquitetura precisa preservar a função mesmo quando ocorrem falhas previstas de equipamento, alimentação, enlace ou rota.

2. TELECOMUNICAÇÕES OPERACIONAIS E REDE CORPORATIVA

Uma subestação pode possuir redes operacionais e corporativas no mesmo local, mas seus objetivos e critérios são diferentes.

A rede corporativa normalmente atende aplicações administrativas, acesso a documentos, internet, colaboração e gestão empresarial. A rede operacional atende funções ligadas ao processo elétrico e à operação do ativo.

As diferenças podem envolver:

A convergência de infraestrutura pode ser tecnicamente possível, mas não elimina a necessidade de separar funções, riscos, responsabilidades e níveis de serviço.

3. QUAIS SERVIÇOS TRAFEGAM PELA INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

Uma única infraestrutura de telecomunicações pode transportar serviços com comportamentos muito diferentes.

Entre eles estão:

Cada serviço precisa ser analisado individualmente. A existência de largura de banda disponível não comprova que os requisitos de tempo, disponibilidade e isolamento foram atendidos.

4. ARQUITETURA EM CAMADAS

Uma forma consistente de organizar o projeto é separar a arquitetura em camadas.

4.1. CAMADA FÍSICA

Inclui fibras ópticas, OPGW, ADSS, cabos metálicos, rádio, dutos, caixas de emenda, DIOS, conectores e rotas físicas.

4.2. CAMADA DE TRANSPORTE

Inclui os recursos utilizados para transportar circuitos ou pacotes entre instalações, como SDH, OTN, WDM, MPLS-TP, Carrier Ethernet, IP/MPLS, rádio digital ou serviços contratados de operadoras.

4.3. CAMADA DE REDE

Inclui switches, roteadores, VLANs, endereçamento, protocolos de redundância, qualidade de serviço, multicast, roteamento e mecanismos de segurança.

4.4. CAMADA DE APLICAÇÕES

Inclui SCADA, teleproteção, voz, PMU, teleassistência, sincronismo, gestão e demais sistemas usuários da infraestrutura.

4.5. CAMADA DE GESTÃO

Inclui monitoração de desempenho, alarmes, inventário, configuração, backups, registros, indicadores de disponibilidade e gestão de mudanças.

A separação ajuda a identificar onde uma falha ocorreu e qual serviço foi afetado.

5. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O projeto deve transformar necessidades operacionais em parâmetros verificáveis.

O levantamento pode registrar:

Sem essa matriz, diferentes aplicações podem ser agrupadas em uma rede sem que seus requisitos sejam compreendidos.

Projeto de Telecomunicações para subestações e ambientes críticos

A engenharia deve relacionar serviços, requisitos de disponibilidade, rotas, equipamentos, alimentação, sincronismo, cibersegurança, testes e responsabilidades operacionais.

[Conhecer o serviço de Projeto de Telecomunicações](#)

6. CLASSES DE SERVIÇOS DE VOZ E DADOS DO ONS

O Submódulo 2.15 dos Procedimentos de Rede estabelece classes de serviço para as telecomunicações utilizadas no atendimento às atribuições do ONS e à teleassistência, dentro de seu campo de aplicação.

A revisão 2025.02 organiza os serviços em Classes A, B e C.

6.1. CLASSE A

É a classe de maior disponibilidade prevista no documento. Para os serviços enquadrados, o Submódulo 2.15 estabelece disponibilidade total de 99,98%, apurada segundo seus critérios, e uso de recursos independentes disponibilizados por duas rotas também independentes.

A independência não deve ser avaliada apenas no diagrama lógico. Duas conexões podem compartilhar poste, duto, sala, equipamento, fonte, operadora ou trecho de fibra e permanecer expostas à mesma falha.

6.2. CLASSE B

A Classe B possui requisito de disponibilidade inferior ao da Classe A e pode ser utilizada nos relacionamentos previstos pelo Submódulo 2.15.

O projeto deve verificar se um canal é suficiente para alcançar a disponibilidade exigida ou se serão necessários recursos adicionais.

6.3. CLASSE C

A Classe C é associada, no documento, a serviços que podem ser atendidos por telefonia pública comutada nos casos previstos.

A classificação não é escolhida livremente apenas pela conveniência do projeto. Ela decorre da função, do relacionamento entre instalações e do enquadramento definido nos Procedimentos de Rede.

7. QUALIDADE DOS SERVIÇOS DE DADOS

Disponibilidade indica por quanto tempo o serviço permanece acessível, mas não descreve toda a qualidade da comunicação.

Também devem ser controlados:

No campo de aplicação do Submódulo 2.15, os serviços de dados em redes terrestres devem atender aos limites de latência, variação do atraso e perda de pacotes indicados pelo documento. Esses valores não devem ser generalizados como requisitos universais para qualquer aplicação interna da subestação.

Funções mais sensíveis, como teleproteção ou mensagens críticas de automação, podem exigir critérios mais restritivos definidos pela aplicação e pelos equipamentos.

8. VOZ OPERACIONAL

A comunicação de voz continua relevante para coordenação em tempo real, pré-operação, pós-operação, manutenção e contingências.

O sistema pode incluir:

O projeto deve considerar prioridade, disponibilidade, gravação, identificação de chamadas, energia de reserva e recuperação após falhas.

Uma solução de voz baseada em IP continua dependendo da rede, dos servidores, das fontes e do sincronismo. A migração tecnológica não elimina os requisitos operacionais.

9. DADOS DE SCADA, UTR E SSCL

As interligações de supervisão e controle transportam medições, sinalizações, alarmes, eventos e comandos entre a instalação e os centros de operação.

A cadeia pode incluir:

O Submódulo 2.12 define requisitos para os recursos de supervisão e controle das instalações enquadradas. Ele diferencia interligações destinadas ao CAG, às funções tradicionais de supervisão, ao sequenciamento de eventos e a outras aplicações específicas.

O projeto deve preservar:

10. TELEPROTEÇÃO

Teleproteção é a aplicação de telecomunicações que permite a troca de sinais associados à proteção do sistema elétrico entre terminais ou instalações.

Ela pode suportar:

A teleproteção não é o cabo OPGW e não é o SCADA. O OPGW pode ser o meio físico; equipamentos de transporte podem prover o canal; relés e terminais de teleproteção executam a função; o esquema de proteção define a lógica.

Os requisitos podem envolver:

O artigo específico de teleproteção deverá aprofundar esquemas permissivos, bloqueio, transferência de disparo e critérios de ensaio. Nesta página, a teleproteção é tratada como um serviço usuário da infraestrutura operacional.

11. TELEPROTEÇÃO, SCADA E TELEASSISTÊNCIA

Essas funções não devem ser confundidas.

Uma mesma infraestrutura pode atender às três funções, desde que o projeto preserve prioridade, isolamento, desempenho, disponibilidade e segurança.

12. DADOS SINCROFASORIAIS

PMUs e concentradores de fasores enviam grandezas sincronizadas no tempo para aplicações de supervisão e análise do sistema elétrico.

Esses fluxos exigem:

O Submódulo 2.15 prevê, para os casos enquadrados, interligações de dados associadas ao envio de informações sincrofásoriais aos sistemas designados pelo ONS.

13. SINCRONISMO DE TEMPO

A correlação de eventos depende de relógios consistentes.

Entre as tecnologias utilizadas estão:

O projeto deve definir:

Distribuir tempo não é apenas instalar um receptor GNSS. A cadeia inclui antena, cabo, proteção contra surtos, receptor, grandmaster, switches, interfaces e configuração dos equipamentos finais.

14. TELEASSISTÊNCIA E MONITORAMENTO OPERATIVO

Teleassistência pode utilizar a infraestrutura operacional para transportar:

O vídeo possui comportamento diferente de sinais de proteção e SCADA. Ele pode consumir banda elevada e variar conforme cena, resolução, taxa de quadros e compressão.

Por isso, o projeto deve separar classes de tráfego, definir limites e impedir que vídeo ou transferência de arquivos comprometam serviços críticos.

A exigência de recursos de teleassistência deve ser avaliada conforme o enquadramento da instalação, a classificação estratégica, o regime operacional e os requisitos específicos aplicáveis. Não se deve afirmar que toda subestação necessita dos mesmos recursos.

Teleassistência e Monitoramento Operativo em Subestações

A solução integra telecomunicações, imagens, sensores, SCADA, energia auxiliar, disponibilidade, contingência e recursos de operação remota conforme o enquadramento da instalação.

[Conhecer a solução de Teleassistência e Monitoramento Operativo](#)

15. REDES INTERNAS E REDES WAN

A rede interna conecta sistemas dentro da instalação. A WAN interliga subestações, centros de operação e outros pontos externos.

A fronteira entre essas redes precisa ser documentada, incluindo:

Falhas na demarcação podem gerar lacunas: o equipamento local indica enlace ativo, a operadora indica circuito entregue, mas a aplicação continua indisponível sem que exista responsável pelo diagnóstico ponta a ponta.

16. TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE

A escolha depende da base instalada, dos serviços, da vida útil e da estratégia do proprietário.

Podem ser utilizados:

Tecnologias legadas podem continuar adequadas quando atendem aos requisitos e possuem suporte. Modernizar não significa substituir indiscriminadamente; significa avaliar capacidade, obsolescência, sobressalentes, interoperabilidade, cibersegurança e continuidade da migração.

17. REDUNDÂNCIA DE ROTAS

Duas interfaces não formam necessariamente duas rotas independentes.

A análise deve verificar:

A diversidade física precisa ser comprovada em desenhos, cadastros e inspeções.

18. REDUNDÂNCIA DE EQUIPAMENTOS

Equipamentos podem operar em configuração ativa-ativa, ativa-reserva ou com redundância interna.

O projeto deve definir:

Duplicar equipamentos sem eliminar pontos comuns de falha pode aumentar a complexidade sem elevar a disponibilidade real.

19. ALIMENTAÇÃO AUXILIAR

Telecomunicações operacionais dependem dos sistemas CA e CC da subestação.

Devem ser considerados:

Equipamentos com duas fontes devem ser alimentados por circuitos que preservem a independência pretendida. Conectar as duas entradas à mesma régua não cria redundância efetiva.

20. QUALIDADE DE SERVIÇO E PRIORIZAÇÃO

Quando múltiplas aplicações compartilham a rede, a qualidade de serviço deve refletir a criticidade.

O projeto pode definir:

QoS não substitui capacidade. Ela organiza o comportamento durante disputa por recursos, mas a rede continua precisando de dimensionamento e margem adequados.

21. MULTICAST E TRÁFEGO CRÍTICO

Aplicações de automação podem utilizar multicast. O projeto deve controlar sua propagação por meio de mecanismos compatíveis com a arquitetura.

Devem ser avaliados:

Uma configuração inadequada pode espalhar tráfego crítico por segmentos desnecessários ou sobrecarregar equipamentos.

22. CIBERSEGURANÇA

A proteção da rede operacional deve ser integrada ao projeto.

Entre os controles estão:

Segurança não deve impedir a operação, mas também não pode ser removida para facilitar manutenção. Exceções precisam ser formalizadas, temporárias e rastreáveis.

23. COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E PROTEÇÃO CONTRA SURTOS

Subestações possuem campos eletromagnéticos, correntes de falta e transitórios que podem afetar equipamentos e interfaces.

O projeto deve coordenar:

A ABNT NBR 5419-4:2026 fornece princípios para proteção de sistemas elétricos e eletrônicos internos contra efeitos de descargas atmosféricas dentro de seu campo de aplicação.

24. GESTÃO E SUPERVISÃO DA INFRAESTRUTURA

A rede operacional deve informar sua própria condição.

Podem ser monitorados:

SNMP, syslog, telemetria e plataformas de gestão podem apoiar o diagnóstico. A coleta deve ser segregada e dimensionada para não comprometer o ambiente operacional.

25. INDICADORES DE DISPONIBILIDADE

A disponibilidade precisa ser medida do ponto de vista do serviço, não apenas do equipamento.

Um enlace pode permanecer ativo enquanto a aplicação está indisponível por falha de rota, protocolo, configuração, servidor ou interface.

Indicadores podem considerar:

A metodologia de apuração deve ser definida antes da operação.

26. PROJETO E DOCUMENTAÇÃO

Os entregáveis podem incluir:

A documentação deve permitir que operação e manutenção compreendam o caminho completo de cada serviço.

27. MODERNIZAÇÃO DE REDES OPERACIONAIS

A modernização precisa preservar a continuidade dos serviços existentes.

O plano deve considerar:

Desativar um multiplexador antigo sem rastrear todos os canais pode interromper telefonia, teleproteção, supervisão ou alarmes aparentemente não relacionados.

28. FAT, SAT E COMISSIONAMENTO

Os testes devem verificar cada camada e o serviço ponta a ponta.

O FAT pode avaliar:

O SAT e o comissionamento podem incluir:

A aprovação de uma interface isolada não comprova o desempenho do serviço completo.

29. APLICABILIDADE DOS PROCEDIMENTOS DE REDE

Os Submódulos 2.12 e 2.15 possuem campos de aplicação próprios.

O Submódulo 2.15 estabelece requisitos para os serviços de telecomunicações utilizados no suporte às atribuições do ONS e à teleassistência. O Submódulo 2.12 trata dos recursos de supervisão e controle para os agentes e instalações enquadrados.

Os requisitos dependem do agente, da instalação, da função, da classificação estratégica, do regime de operação e do relacionamento com o ONS.

Não é correto aplicar automaticamente os mesmos requisitos de Classe A, redundância ou supervisão a toda cabine primária ou subestação industrial.

30. ERROS COMUNS

30.1. PROJETAR A REDE ANTES DE CLASSIFICAR OS SERVIÇOS

Isso leva à escolha de tecnologias sem requisitos objetivos.

30.2. CONSIDERAR DUAS PORTAS COMO DUAS ROTAS

As portas podem depender do mesmo equipamento, cabo, duto ou fonte.

30.3. TRATAR TELEPROTEÇÃO COMO SCADA

As funções possuem requisitos de tempo, segurança e comportamento distintos.

30.4. COMPARTILHAR VÍDEO SEM CONTROLE DE BANDA

Picos de tráfego podem afetar aplicações críticas.

30.5. NÃO DOCUMENTAR CIRCUITOS LEGADOS

Serviços importantes podem permanecer ocultos até a desativação de um equipamento.

30.6. DUPLICAR EQUIPAMENTOS COM ALIMENTAÇÃO COMUM

A falha da fonte elimina os dois caminhos.

30.7. MEDIR APENAS DISPONIBILIDADE DO ENLACE

O serviço pode estar indisponível mesmo com a interface ativa.

30.8. NÃO TESTAR CONTINGÊNCIAS

Redundância não testada é apenas uma hipótese de projeto.

30.9. IGNORAR SINCRONISMO

Eventos deixam de ser correlacionáveis e aplicações podem degradar.

30.10. GENERALIZAR REQUISITOS DO ONS

O enquadramento deve ser analisado para cada instalação e serviço.

31. CHECKLIST DE ENGENHARIA

Uma revisão técnica deve confirmar:

32. CONCLUSÃO

Telecomunicações operacionais não são apenas enlaces entre pontos. Elas formam a infraestrutura que sustenta voz, supervisão, controle, proteção, sincronismo e teleassistência.

Uma arquitetura confiável começa pela classificação dos serviços, segue pela definição de desempenho e disponibilidade e somente então seleciona meios, equipamentos, protocolos e redundâncias.

O resultado deve ser verificável por documentação, indicadores e testes ponta a ponta. Essa abordagem reduz falhas comuns, facilita a manutenção e dá à operação conhecimento real sobre a condição de cada serviço.

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 61850-10:2018 — Redes e sistemas de comunicação para automação de sistemas de potência — Parte 10: Ensaio de conformidade. Consultar edição vigente no [Catálogo ABNT](#).

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5419-4:2026 — Proteção contra descargas atmosféricas — Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Consultar edição vigente no [Catálogo ABNT](#).

[3] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. [Submódulo 2.15 — Requisitos mínimos para telecomunicações](#), revisão 2025.02. Aplicar conforme o enquadramento do documento.

[4] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. [Submódulo 2.12 — Requisitos mínimos de supervisão e controle para a operação](#), revisão 2025.02. Aplicar conforme o enquadramento do documento.

O que são telecomunicações operacionais em subestações? São os serviços de voz e dados utilizados para operação, supervisão, controle, proteção, sincronismo, teleassistência e comunicação entre instalações e centros de operação. **Qual é a diferença entre rede operacional e rede corporativa?** A rede operacional atende funções do processo elétrico e normalmente possui requisitos mais rigorosos de disponibilidade, latência, segregação, sincronismo e governança de mudanças. **Teleproteção é o mesmo que SCADA?** Não. A teleproteção participa da atuação automática dos esquemas de proteção. O SCADA realiza supervisão, aquisição de dados, alarmes, eventos e comandos operacionais. **OPGW é teleproteção?** Não. O OPGW é um cabo para-raios com fibras ópticas e pode ser utilizado como meio físico para transportar teleproteção, SCADA, voz e outros serviços. **O que são Classes A, B e C do ONS?** São classes de serviços de voz e dados definidas no Submódulo 2.15 para os casos enquadrados, com requisitos diferentes de disponibilidade, configuração e aplicação. **Duas operadoras garantem rotas independentes?** Não necessariamente. As operadoras podem compartilhar dutos, postes, fibras, salas ou equipamentos. A diversidade precisa ser comprovada. **Quais parâmetros devem ser medidos além da disponibilidade?** Latência, jitter, perda de pacotes, taxa de erro, tempo de convergência, congestionamento e qualidade do sincronismo podem ser relevantes conforme o serviço. **Vídeo de teleassistência pode compartilhar a rede operacional?** Pode, desde que a arquitetura controle banda, prioridade, segregação e impacto sobre os serviços críticos. **Como testar a redundância da rede?** Devem ser simuladas falhas previstas de enlace, rota, equipamento e fonte, verificando tempo de recuperação, perda de dados, alarmes e manutenção do serviço. **Os requisitos do ONS valem para toda subestação?** Não. A aplicação depende do agente, da instalação, da função, da classificação estratégica, do regime de operação e dos requisitos específicos do empreendimento.

Soluções

Serviços de engenharia

Materiais técnicos complementares

Conteúdos correlatos

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.