

DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS INTELIGENTES (IED'S) E A NORMA IEC 61850: UNIÃO QUE ESTÁ DANDO CERTO.

Sérgio Louredo Maia LACERDA (1); Greyce Hayana Ribeiro CARNEIRO (2)

- (1) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba. Rua Primeiro de maio, N°720, Jaguaribe, João Pessoa-PB. sergiolouredo@hotmail.com
- (2) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba. Rua Primeiro de maio, N°720, Jaguaribe, João Pessoa-PB. hayana_jp@hotmail.com

RESUMO

Este artigo aborda a norma IEC 61850 em sua funcionalidade, fazendo uma ligação entre a mesma e os IEDs (*Intelligent Eletronic Devices*), uma vez que o avanço tecnológico integra equipamentos e funções. Esses relés que outrora foram muito utilizados quando ainda eletromecânicos, hoje possibilitam uma extensa gama de aplicações devido à era digital. Apesar de estarem disponíveis no mercado há mais de dez anos, somente agora a sua aplicação em grande escala vem sendo difundida. Atribui-se tal difusão ao estabelecimento da norma IEC 61850, que prevê o uso de inúmeras aplicações, como o uso de redes locais de computadores nos sistemas elétricos de proteção; e à capacidade de tráfego da rede, que cresce cada vez mais devido ao avanço da tecnologia, agilizando os processos e reduzindo tempo, problemas e falhas devido à conexão com cabos rígidos de cobre. A unificação dos protocolos e de um vocabulário comum direciona os sistemas de proteção e controle para um novo tempo da eletricidade, possibilitando aos IEDs uma interoperabilidade e até mesmo intercambialidade entre eles. Pesquisas e estudos teóricos embasaram todo o conteúdo deste trabalho, possibilitando uma visão mais ampla do assunto.

Palavras-chave: IEC 61850, GOOSE, *Intelligent Eletronic Device*, *Logical Node*, interoperabilidade

1 INTRODUÇÃO

O mercado consumidor mundial apresenta-se sempre ávido por inovação, por isso, a tecnologia (telecomunicações, eletrônica, informática, etc.) precisa evoluir constantemente, buscando sempre abordagens criativas que permitam uma melhor utilização de recursos já implantados. Dentro da eletrônica percebeu-se, na última década, um crescimento exponencial no consumo de dispositivos de proteção para sistemas elétricos, como os disjuntores, relés, chaves, dentre outros (PAULINO, 2008).

Os relés digitais modernos, mais conhecidos como Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs - *Intelligent Eletronic Devices*), tem sido cada vez mais utilizados nas subestações elétricas à medida que agregam mais recursos. O uso dos IEDs permite uma redução no custo de implantação, bem como de manutenção; e no número de cabos e equipamentos necessários à sua utilização, possibilitando troca de informações mais rápidas, simplificação do projeto, maior confiabilidade, além de permitir a sincronização temporal dos dispositivos (PEREIRA, 2007).

Mesmo apresentando tantas vantagens e estando há bastante tempo no mercado, somente agora cresce a aplicação desses relés de proteção, e acredita-se que essa demora no crescimento deu-se devido à espera pela normatização do uso de tais dispositivos. A norma IEC 61850 veio suprir essa necessidade, trazendo a livre alocação de funções, e possibilitando expansão e integração das mesmas. A figura 1 demonstra a evolução tecnológica dos IEDs.



Figura 1 - Evolução das tecnologias na fabricação de IEDs (PAULINO, 2008).

Um problema encontrado antes da normatização era a individualização dos protocolos de comunicação, o que impossibilitava a utilização direta de dispositivos de diferentes fabricantes em uma única rede. A necessidade de tradução de diferentes protocolos acarreta gastos desnecessários e atraso na comunicação, ambas características indesejadas. Os relés digitais mais antigos de uma subestação, por exemplo, necessitam do módulo de interface de rede para que ocorra comunicação entre o protocolo e a interface física, sem esse dispositivo não haverá conexão com a rede local (LAN) dessa subestação (SE).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS INTELIGENTES – IEDs

Um crescente desafio para os profissionais da engenharia elétrica que atuam na área de proteção de sistemas é ampliar e atualizar seus conhecimentos para adequar-se ao uso das novas tecnologias. Por exemplo, um relé, esse dispositivo que foi criado para atuar de forma eletromecânica, hoje em dia é um dispositivo elétrico com comando digital. Um relé não pode mais ser tratado como uma simples chave eletromecânica, deve ser tratado como um IED. A norma IEC 61850 apresenta uma gama maior de funções e possibilidades para esses IEDs, a citar a redundância de informações para prover uma proteção ainda melhor para os equipamentos.

Para as empresas e concessionárias que utilizam os serviços elétricos e eletrônicos não é diferente, tais empresas precisam de uma estrutura de proteção confiável, eficiente e seletiva. A busca comum motiva tais empresas a unir esforços para encontrar uma solução única. Os dispositivos inteligentes possuem interfaces para o processo e para a interface homem-máquina - sendo simples sua compreensão e atuação. Tais dispositivos tem como principal característica, garantida pela norma, a interoperabilidade – habilidade desses dispositivos, independentemente do fabricante, de trocarem informações irrestritas entre si e as utilizarem para suas próprias funções (como bloqueio, *trip* – comando de abertura –, lógicas ou religamentos).

Os IEDs são unidades multifuncionais para a proteção, controle, automação, medição e monitoramento dos sistemas elétricos, permitindo a concepção de lógicas de intertravamento e bloqueio, ou seja, funcionalidades em uma única caixa ou funcionalidades em dispositivos diferentes. Cada IED traz a possibilidade de expansão do sistema de proteção, essa proteção é ampliada ainda mais com na norma IEC 61850. A norma tem sua plataforma baseada em protocolos abertos, sendo à prova de futuro, permitindo, assim, garantir que os investimentos não sejam em vão e acompanhem o avanço da tecnologia (SANTOS et al, 2008).

Na Figura 2 é apresentado um diagrama em blocos que mostra a integração das funções de controle e proteção.

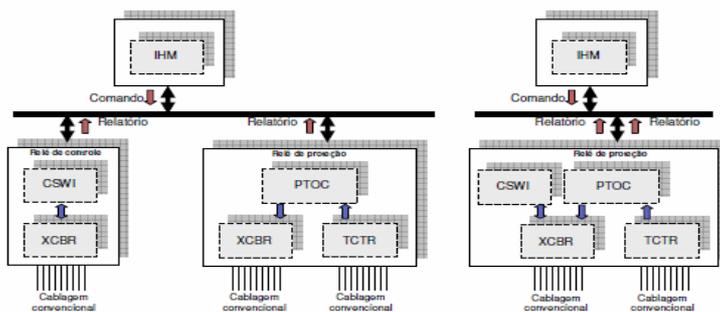


Figura 2 - Integração das funções de controle e proteção em um mesmo IED (SANTOS et al., 2008).

Diversas empresas surgiram para suprir a demanda do mercado global de IEDs, e isso levou a um aumento na competição entre tais empresas que, para se destacarem no mercado, tem investido na melhoria de seus produtos, aumento no desempenho dos mesmos, redução em seu custo de produção e desenvolvimento de produtos com funções exclusivas. Essa competição é vantajosa para usuários e concessionárias.

O fato que permitiu a criação desse cenário competitivo foi a normatização do sistema, mas apesar disso a norma ainda não tem aceitação plena. Muitos operários de distribuidoras de energia ainda não sabem operar ou supervisionar alguns desses novos dispositivos. Encarregados e engenheiros não têm conhecimento nem treinamento suficiente. Essa falta de mão de obra qualificada tem levado à hesitação de algumas distribuidoras em aderirem aos parâmetros da norma IEC 61850.

Apesar dos fatos acima citados, dezenas de distribuidoras já aderiram à norma e conseguiram avanços e melhorias em seus serviços, tais como: redução de custos, redução de acidentes, manutenções mais simplificadas (evitando a perda de equipamentos), etc. (PAULINO, 2007). Tais fatos resultaram do investimento em qualificação profissional e em pesquisa e desenvolvimento.

2.2 REDES DE COMUNICAÇÃO

Um sistema elétrico de subestações ou usinas equipado com IEDs e funcionando segundo as especificações da norma IEC 61850, realiza sua comunicação por meio uma rede local (LAN – *Local Area Network*). Uma vantagem na utilização dessa inovação é a drástica redução na quantidade de fios de cobre, uma vez que se possibilita o uso da rede *ethernet* para a troca de informações por cabos ópticos. A norma é baseada no modelo OSI, podendo, então, ser dividida em camadas para obter um melhor desempenho, representando, assim, não um novo protocolo de comunicações, mas uma nova fase tecnológica na área de proteção e controle (PEREIRA, 2007).

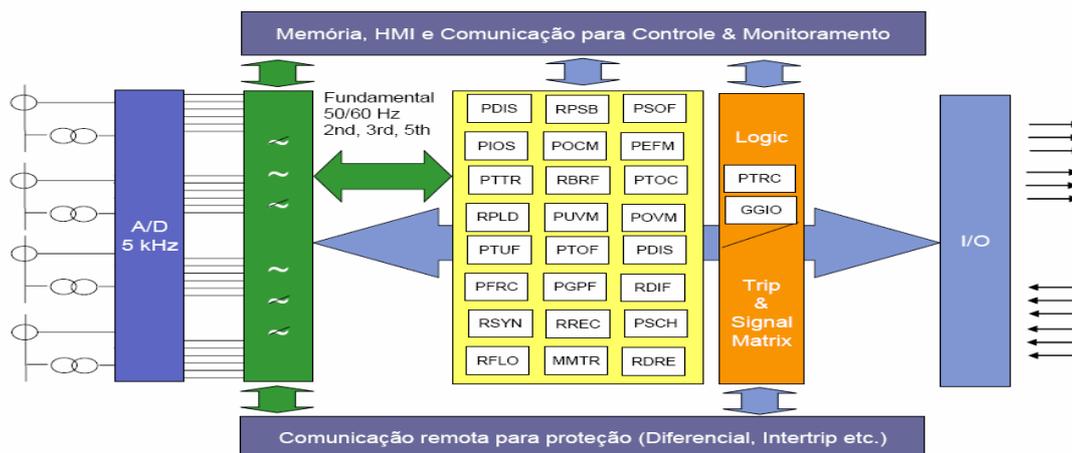


Figura 3 - Diagrama esquemático de um Dispositivo Eletrônico Inteligente (SANTOS, 2007).

Um sistema no qual são utilizados dispositivos com diferentes protocolos de comunicação necessita de *gateways* para fazer com que esses dispositivos se comuniquem. O uso desses *gateways* insere atrasos (da ordem de milissegundos) na troca de informação desses dispositivos. Dessa forma, dispositivos que não estiverem dentro das especificações da norma irão apresentar um tempo de retardo maior. Além de se comunicarem sem a necessidade de *gateways*, os dispositivos normatizados, que operarem em uma LAN, poderão atuar de forma independente uns dos outros.

A escolha dos componentes (*switches*, roteadores, pontes, cabos de comunicação) da rede deve priorizar o uso de equipamentos com baixo MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) para ambientes com elevados níveis de interferência eletromagnética. Esses dispositivos devem ainda ser aptos a operar com os sinais de alta velocidade, normalmente *fast ethernet*, previstos pela IEC 61850.

Um outro ponto a se desejar de uma rede em relação aos *switches* é a possibilidade de trabalhar com topologia em anel, com tempo mínimo de recomposição para o caso de alguma das rotas vier a falhar. Logo, uma subestação automatizada e em rede funcionando com o IEC 61850 tem facilidade de implementação do sistema SCADA, facilidade de entendimento de protocolo, interoperabilidade, facilidade na validação de dados, intercambiamento de equipamentos e dispositivos e facilidade na manutenção e comunicação.

Em uma rede que funcione com o padrão IEC 61850 a atual interface de comunicação é apresentada através de portas de comunicação em Ethernet TCP/IP, permitindo que os IEDs possam usufruir de todos os benefícios que essa tecnologia oferece. Nesse caso, cada IED ou porta de comunicação apresenta um endereço IP que permite a troca de informações em um ambiente de rede Ethernet. A arquitetura TCP/IP divide as funções do sistema de comunicação em camadas, a exemplo da arquitetura OSI. Assim sendo, um dispositivo físico pode ser visto como Servidor em um ambiente TCP/IP, apresentando uma interface de comunicação. Interface esta que apresenta um endereço IP que pode ser acessada através de uma rede por um Cliente externo. Com esse novo modelo de dados utilizando a rede, o IEC 61850 separa as aplicações em três níveis hierárquicos – nível estação, com a atribuição de mapear as camadas de comunicação (TCP/IP), gerenciar as mensagens GOOSE/GSSE (*link*) e sincronização de tempo; nível vão, encarregado pela aplicação das funções do sistema e; nível processo, que vem com os valores analógicos de tensão e corrente amostrados analogicamente através de trens de pulsos trafegando na rede, mensagens GOOSE/GSSE e também realizando sincronização de tempo. Porém, essa separação dá-se unicamente entre os níveis hierárquicos. Os dados trafegam entre os níveis através de um *link* físico.

Na figura 4 estão representados os níveis hierárquicos: estação, vão e processo.

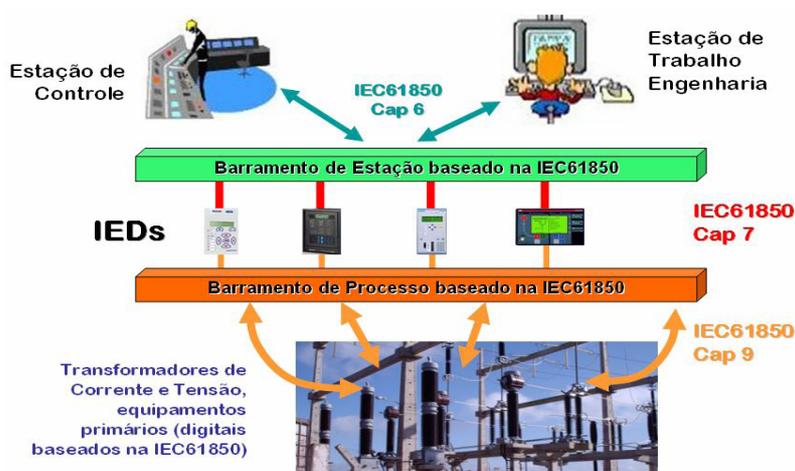


Figura 4 - Representação dos barramentos de estação e processo na subestação (PAULINO, 2008).

Alguns testes de seletividade foram realizados para se fazer um comparativo entre a fiação rígida de cobre comum e cabos de dados (ou cabos ópticos), e percebeu-se que foi possível obter um tempo de seletividade menor que o método convencional utilizando a tecnologia oferecida pela norma IEC 61850, através de mensagens GOOSE, pois o IED mostrou-se mais sensível a esta tecnologia do que aos contatos físicos com os fios rígidos. Essa minimização no tempo de seletividade traz benefícios aos sistemas elétricos, diminuindo o tempo que uma falha permanece no sistema e, assim, causando menos danos aos equipamentos, fazendo com que estes tenham uma maior disponibilidade no sistema e prolonguem sua vida útil.

A figura 5 ilustra um comparativo entre fiação de cobre e cabo de dados.

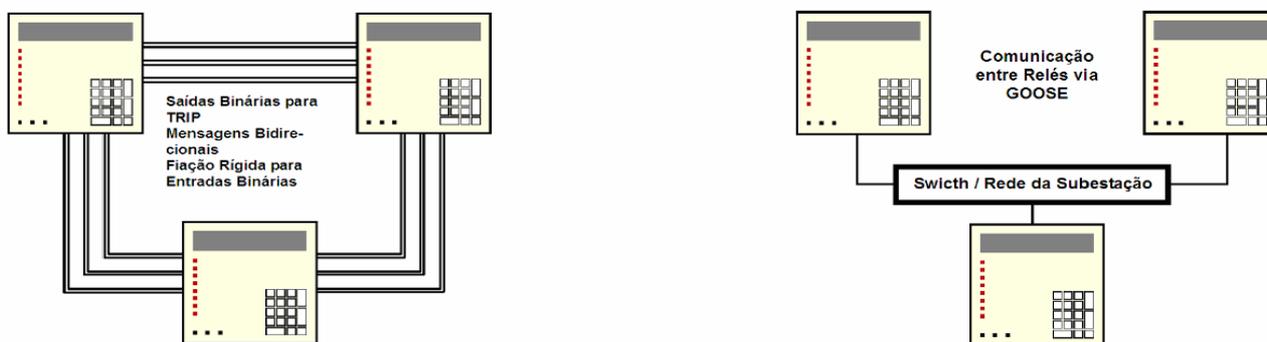


Figura 5: Comunicação: fiação rígida de cobre x rede de comunicação via cabo de dados (PAULINO, 2007).

Para atingir em totalidade as aplicações do novo padrão, utiliza-se uma abordagem orientada a objetos e subdivide-se as funções em objetos denominados nós lógicos (LN – *Logical Nodes*), conforme observa-se na

figura 6. Por isso, todas as funções na subestação foram divididas em objetos menores, cada um possuindo todas as informações necessárias a serem transmitidas.



Figura 6: Nó lógico (LN) com os elementos de comunicação (PAULINO, 2007)

2.3 NÓS LÓGICOS (LN)

Esses LNs, quando agrupados, formam os dispositivos lógicos (LD – *Logical Devices*) que, por sua vez, compõem os dispositivos físicos (PD – *Physical Devices*). O nó lógico é uma subfunção, que se divide em novas subfunções. Os dispositivos lógicos são funções agrupadas compondo o IED. Os dados são compartilhados entre os LNs obedecendo regras, valendo o mesmo para os LDs. Esse nós são alocados convenientemente, de acordo com a possibilidade permitida pela tecnologia (Fig. 7). Sendo uma função de proteção básica do SAS, é projetada e implementada pelo seu fabricante, porém, com alguma ressalvas, pois a norma padroniza os dados de entrada e saída dessa função. Designam-se dados e atributos a cada LN.

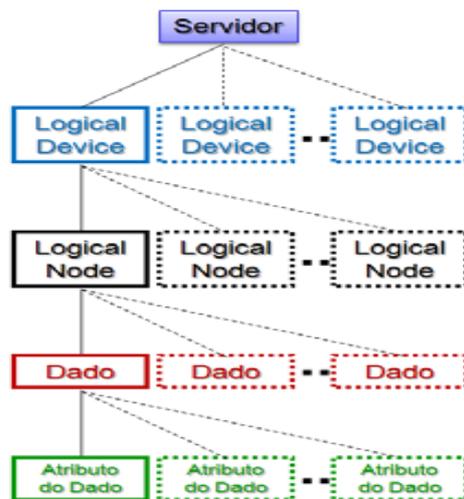


Figura 7: Hierarquia do modelo de dados (PAULINO, 2008)

O rompimento de equipamentos/dispositivos em objetos lógicos resulta na produção de modelos que necessitam de identificação de todas as suas funções e atributos. Cada atributo deve ter um nome e uma classe – simples ou complexa – representando dados nos dispositivos que podem ser lidos ou atualizados. Graças a esse modelo orientado a objetos permite-se a padronização de nomes para IEDs padronizados, independentemente do fabricante.

2.4 MENSAGENS GOOSE

A Norma IEC 61850 utiliza para a comunicação entre equipamentos mensagens denominadas GOOSE. Tais mensagens são baseadas no envio assíncrono de variáveis binárias, orientado a eventos e direcionada à aplicações de proteção em SEs. Trafegam ponto-a-ponto em alta velocidade. Para uma maior confiabilidade as mensagens são repetidas até um tempo limite. Utilizam o serviço SCSM (*Specific Communication Service Mapping*). Este serviço usa um esquema de retransmissão especial para alcançar um alto nível de confiabilidade, que consiste em repetir a mensagem diversas vezes até que seja recebida uma confirmação de confirmação. A cada nova tentativa, dobra-se o tempo de espera visando evitar colisões. Cada mensagem dessa retransmissão carrega consigo um parâmetro denominado “*Time Allowed To Live*”, informando ao receptor o tempo máximo de espera para a próxima retransmissão. Caso uma nova mensagem não seja

recebida nesse intervalo de tempo, o receptor entenderá que a conexão foi encerrada. Toda essa troca de dados é feita de forma serial – ou horizontal – com 64 pares de bits cada mensagem, com o especificado pela norma. Pode-se observar nas figuras 8, 9 e 10 essa comunicação e o modelo da mensagem GOOSE.

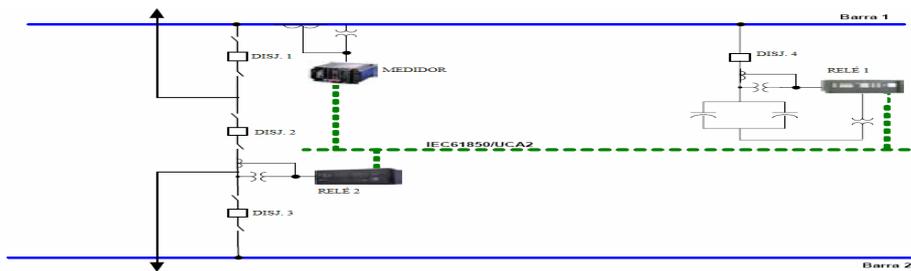


Figura 8 – Sistema de comunicação via GOOSE.

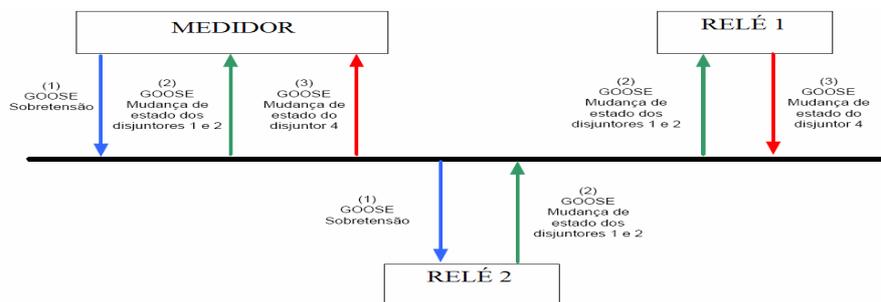


Figura 9 – Comunicação via GOOSE.

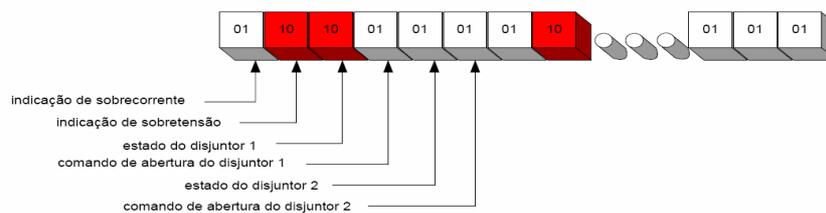


Figura 9 – Modelo de mensagem GOOSE (CRISPINO et al., 2010).

Estes tipos de mensagens são realizados através do tráfego de informações do tipo *multicast*, ou seja, as informações são lançadas na camada do modelo OSI mais inferior e atingem de maneira eficiente e rápida todos os dispositivos conectados a rede em que se encontram. Assim, apenas os IEDs habilitados a usufruírem daquela informação a absorverão e a utilizarão de maneira conveniente. Portanto, a comunicação torna-se rápida, segura e eficaz. A diferença entre mensagens GOOSE e mensagens GSSE é que a primeira é configurável e utiliza um *data set*. Já as GSSE suportam apenas uma estrutura fixa de informação de estado, que é publicada e disponibilizada na rede.

Alguns testes de comparação de performances entre tempo de contato e tempo de GOOSE foram realizados com um certo relé, percebendo-se que o tempo de resposta do GOOSE foi aproximadamente 4ms menor que o tempo de resposta através do contato. Além de obterem-se tempos menores com o GOOSE, também é possível trocar uma quantidade muito maior de dados entre os equipamentos do sistema, uma vez que não se torna necessária a utilização das entradas e saídas binárias do relé, proporcionando um melhor controle de todo o sistema de proteção. Neste tipo de mensagem a comunicação é testada o tempo todo.

2.5 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES (SAS)

As características dos Sistemas de Automação de Subestações (SAS) evoluíram consideravelmente com o uso de relés de proteção microprocessados. Há várias subestações utilizando protocolos concebidos para aplicações específicas. Outras utilizando protocolos de normas internacionais, porém projetados para atender as finalidades das instalações locais. Para se atender a todas as necessidades do SAS esses protocolos não são suficientes. A Norma IEC 61850 define caminhos para o intercâmbio de dados entre os dispositivos

eletrônicos. Esses caminhos podem ser usados de diferentes maneiras para as aplicações de proteção. Esses caminhos são aplicados aos componentes individuais do SAS. As características da Norma permitem que o SAS seja considerado uma plataforma aberta de proteção e automação de SEs, independente dos fornecedores. A especificação do SAS utilizando a Norma tem semelhanças com um sistema comum, a citar: fornecimento de informações sobre o diagrama unifilar da subestação, a lista de pontos, as funcionalidades requeridas com os requisitos de desempenho, as interfaces com o processo e com outros IEDs, incluindo informações sobre seus protocolos, as condições do ambiente, dentre outras. Um SAS utilizando o IEC 61850 realiza a comunicação de modo tanto horizontal quanto vertical, a depender da informação a trafegar pela rede. A padronização dos protocolos de comunicação em Sistemas de Automação de Subestações resultou na IEC 61850.

2.6 LINGUAGEM DE CONFIGURAÇÃO DE SUBESTAÇÃO (SCL)

A Linguagem de Configuração de Subestação (SCL) habilita a configuração da subestação e possibilita a especificação da relação da comunicação entre as unidades que compõem o SAS. Esse arquivo também descreve a relação entre o equipamento secundário e o diagrama unifilar. Porém, sua finalidade maior consiste em uniformizar a nomenclatura utilizada através de um modelo único de dados, criando, assim, um vocabulário comum. Esse tipo de padronização é essencial para uma comunicação eficiente, pois modelos diferentes acarretam muitas vezes em uma tradução equivocada por parte de dispositivos de tradução, ocasionando falha na comunicação ou retardo na chegada dos dados. Vislumbra-se, então, uma importação direta de dados.

Agregando-se à SCL informações contendo as características e configuração da rede de comunicação, cria-se um arquivo que representa todo o sistema: o SSD (*System Specification Description*). Tal arquivo possui a descrição dos dados deste sistema e contém o diagrama unifilar com as funções alocadas. Adicionando ao arquivo SSD o arquivo ICD (*IED Capability Description*), que contém as possibilidades e funcionalidades disponíveis no IEDs, obtém-se o arquivo SCD (*Substation Configuration Description*), que faz a descrição da configuração da subestação. Este arquivo corresponde aos diagramas esquemáticos e lógicos de uma subestação em formato digital. O arquivo ICD de um IED após configurado para um fim específico, torna-se o CID (*Configured IED Description*), que descreve a configuração do dispositivo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alocação de funções pode aumentar ou diminuir o número de IEDs e a disponibilidade do sistema. Cada concessionária escolhe sua configuração para sua finalidade, Porém, essa escolha terá impacto direto na arquitetura física do sistema. Logo, deve-se atender ao critério de falha simples, que aponta que a falha de qualquer um dos componentes de um sistema de proteção responsáveis pela eliminação de defeitos não deve resultar na falha completa do processo. Para se conseguir essa proteção extra pode-se inserir redundância no sistema ou fazer proveito da livre alocação de funções dos dispositivos.

Sistemas digitalizados podem ser expandidos individualmente através de um upgrade no software e reajustando-se os parâmetros. Essa capacidade mostra-se realmente à prova de futuro, uma vez que a tecnologia está em constante mudança e as empresas querem melhorar seus produtos gastando cada vez menos.

Por fim, vale ressaltar a importância de um bom sistema de proteção em que todos saem ganhando: as empresas, com menos gastos e mais lucros; os trabalhadores que nela desempenhem alguma função, ganhando mais segurança e confiança em executar suas tarefas; e o usuário final, recebendo um serviço padronizado que leva consigo uma maior qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PAULINO, M.E.C. Aspectos da Implementação e Validação de sistemas Baseados na IEC 61850, **Anais do SBSE 2008 -Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos 2008** – Belo Horizonte-MG, Abril 2008.

_____. Testes de IED's e Sistemas Operando com redes de Comunicação com IEC 61850, **Anais do XII ERIAC - Décimo Segundo Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ** – Foz do Iguaçu-PR, Maio 2007.

JÚNIOR, P.S.P.; MARTINS, C.M.; PEREIRA, P.S. Testes de performance em IED's através de ensaios utilizando mensagens GOOSE, **Anais do IX STPC - Nono Seminário Técnico de Proteção e Controle** – Belo Horizonte-MG, Junho 2008

CRISPINO, F., et alii. **Uma experiência aplicando um padrão orientado a objetos: IEC61850 na integração de IEDs na automação de subestações**. Disponível em:
< http://www.cteep.com.br/port/institucional/artigos/Artigo_T05_0068_024_2002.pdf> Acesso em: 10 julho 2010.

SANTOS, L.F.; PEREIRA, M. Uma Abordagem Prática do IEC 61850 para Automação, Proteção e Controle de Subestações, **Anais do VII SIMPASE - Sétimo Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos** – Salvador-BA, Agosto 2007.

_____. Integração de Funções em Subestações: Possibilidades e Desafios, **Anais do IX STPC - Nono Seminário Técnico de Proteção e Controle** – Belo Horizonte-MG, Junho 2008.

PEREIRA, A. Cascaes; et alii. Automação de Subestações e Usinas – Estado da arte e tendências utilizando a Norma IEC 61850, **Anais do VII SIMPASE - Sétimo Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos** – Salvador-BA, Agosto 2007.