

## **ESTUDO DE MENSAGENS GOOSE NA NORMA IEC-61850 - SISTEMAS E REDES DE COMUNICAÇÃO EM SUBESTAÇÕES**

Gabriel Pinto da Silva (Coelba/SENAI CIMATEC) - [gabriel.pdasilva@gmail.com](mailto:gabriel.pdasilva@gmail.com)  
Oberdan Rocha Pinheiro (SENAI CIMATEC) – [oberdan.pinheiro@fieb.org.br](mailto:oberdan.pinheiro@fieb.org.br)

**Resumo:** *Os Sistemas de Automação de Subestação (SAS) passaram por grande evolução nos últimos anos, com o aperfeiçoamento da tecnologia dos relés digitais. Junto a isso, os Sistemas Elétricos de Potência estão em constante crescimento. Esses fatores foram determinantes para a criação da norma IEC-61850, que define um padrão para sistemas e redes de comunicação em subestações. Dentro da norma, um dos pontos mais importantes é a mensagem GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), que transporta algumas das informações mais importantes num SAS. Este artigo apresenta uma análise da mensagem e dos parâmetros mais importantes para a sua aplicação.*

**Palavras-Chaves:** *IEC; 61850; subestações; IED; GOOSE.*

## **GOOSE MESSAGES STUDY ON IEC-61850 STANDARD – SUBSTATION COMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS**

**Abstract:** *The Substation Automation Systems (SAS) have gone through a great development process lately, with the improvement of the digital relays technology - also known as digital relays. In accordance with that, the Electric Power Systems are constantly growing. These factors were crucial to the creation of the IEC-61850 standard, which defines the systems and communication networks in a substation. Within the standard, one of the key points is the GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) message, which carries some of the most important information in a SAS. This paper presents an analysis of the message and the most important parameters for its application.*

**Keywords:** *IEC; 61850; substations; IED; GOOSE.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) não sofreu grandes alterações desde a sua implantação. Com isso, acabou deixando de seguir a tendência dos sistemas automação, que evoluíram muito desde que foram criados. Sistemas automatizados estão cada vez mais incorporados na realidade e no cotidiano de outros setores de atividade econômica, como a indústria, o setor de segurança e até mesmo em residências. Essa evolução trouxe, enfim, a necessidade de uma modernização do sistema elétrico, o que levou ao surgimento de uma proposta de uma rede inteligente: a Smart Grid.

A *Smart Grid* é uma rede automatizada que surge da combinação de redes de comunicação e tecnologia da informação (redes de computadores) com componentes do SEP. Ele atua com base nas informações coletadas por medidores e sensores digitais, gerando uma resposta em tempo real, tornando o sistema mais confiável, flexível, eficiente. Do ponto de vista econômico, a *Smart Grid* pode trazer benefícios tanto para as empresas concessionárias de transmissão e distribuição do setor elétrico, evitando perdas e tornando o processo de manutenção mais eficaz, quanto para o consumidor final, pois o processo de medição digital torna a cobrança da tarifa mais eficiente.

A partir do conceito de *Smart Grid*, surgiram as necessidades de sistemas de comunicação e automação mais confiáveis, robustos e que proporcionassem um alto nível de disponibilidade. O advento dos relés digitais, hoje conhecidos como *Intelligent Electronic Devices* (IEDs), foi um fator determinante para a disseminação e evolução das *Smart Grids* justamente por atender boa parte desses requisitos. Junto com eles, a evolução dos equipamentos de redes de computadores ajudou na elaboração de redes mais robustas, tanto do ponto de vista operacional, quanto do ponto de vista dos equipamentos.

As diversas demandas dentro de um sistema de proteção e automação, fazem com que as empresas adquiram IEDs de diferentes modelos e, muitas vezes, de fabricantes distintos. Normalmente, as indústrias produzem os seus equipamentos com protocolos de comunicação diferentes, o que gera um grande problema na hora da implantação de um sistema: interoperabilidade entre equipamentos.

Em 1994, visando solucionar esse tipo de problema e estabelecer padrões de automação e comunicação em subestações, a norma IEC-61850 foi criada. Os seus objetivos são:

- criar um único protocolo de comunicação para toda a subestação, considerando todos os diferentes tipos de dados necessários;
- definição dos serviços básicos necessários para a transferência de dados com previsão para futuras ampliações da subestação;
- promover a alta interoperabilidade entre os sistemas de diferentes fabricantes;
- um único formato comum para armazenar dados da subestação;

- definição de um modelo de teste para o equipamento que está em conformidade com a norma.

As características da norma são: equipamentos auto descritivos, convenções de nomeação de objetos, padronização da linguagem de configuração, tecnologia de rede moderna e padronização dos modelos de equipamento e objeto. Os benefícios da implementação da norma são: maior capacidade e flexibilidade, menor necessidade de instalação e configuração, maior interoperabilidade, menor custo de instalação e redução do esforço manual e de erros.

O aspecto da norma a ser estudado nesse artigo é o tipo de mensagem estabelecido para a comunicação entre os IEDs de uma subestação: mensagens GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Events* - Eventos de Subestação Genéricos Orientados a Objeto). Serão abordadas todas as características das mensagens: estrutura, formato e mecanismos utilizados para uma melhor operação dos sistemas.

O objetivo principal das mensagens GOOSE é reunir informações sobre o sistema no qual um IED está operando. Essas informações serão agrupadas num conjunto de dados (*data set*) e transmitidas para outros equipamentos que devem estar habilitados a receber essa mensagem, com o intuito de realizar alguma manobra em alguma parte do sistema ou simplesmente para monitoramento do mesmo.

### 1.1.Redes de computadores e protocolos de comunicação

As redes de computadores foram criadas com o objetivo de interligar estações de trabalho em uma só rede onde pudessem compartilhar arquivos e informações. Com o passar dos tempos, os conceitos relacionados a redes de computadores começaram a ser utilizados com o propósito de tornar sistemas industriais mais eficientes e inteligentes. Para tal, era preciso determinar protocolos de comunicação entre os diversos tipos de equipamentos e informações que transitavam por essas redes.

Segundo Kurose (2013), em redes de computadores, um protocolo determina um padrão de comunicação (formato e ordem das mensagens) entre os componentes de uma rede, além de ações realizadas na transmissão e no recebimento dessas mensagens. A padronização utilizada atualmente é o modelo de referência OSI, que está disposto e definido na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Modelo de referência OSI

CAMADA	NOME	DESCRIÇÃO
7	Aplicação	Esta camada funciona como uma interface de ligação entre os processos de comunicação de rede e as aplicações utilizadas pelo usuário.
6	Apresentação	Aqui os dados são convertidos e garantidos em um formato universal.
5	Sessão	Estabelece e encerra os enlaces de

comunicação.		
4	Transporte	Efetua os processos de sequenciamento e, em alguns casos, confirmação de recebimento dos pacotes de dados.
3	Rede	O roteamento dos dados através da rede é implementado aqui.
2	Enlace	Aqui, a informação é formada em quadros ( <i>frames</i> ). Um quadro representa a exata estrutura dos dados fisicamente transmitidos através do fio ou outro meio.
1	Física	Define a conexão física entre o sistema computacional e a rede. Especifica o conector, a pinagem, níveis de tensão, dimensões físicas, características mecânicas e elétricas, etc.

O conceito de VLANs é muito importante para a implementação da norma IEC-61850, pois alguns sistemas construídos com base nela utilizam topologias de VLAN para a troca de dados e mensagens.

Dentro do modelo OSI, a VLAN está inserida na camada de enlace. Ela surgiu com o objetivo de solucionar três problemas que as redes locais (LANs) não conseguiam. Apesar de, em redes locais, ser possível criar hierarquias com *switches* (comutador) de rede diferentes para grupos de trabalho diferentes, não era possível restringir o tráfego de dados somente ao *switch* de um grupo de trabalho. Havia também a ineficiência do uso de *switches*, pois grupos de trabalho pequenos acabavam utilizando equipamentos com capacidade de atender grupos maiores ou, até mesmo, toda a demanda de uma empresa. Por fim, o gerenciamento de usuários só era feito de forma física, através da conexão de cabos, o que era dificultado caso um usuário precisasse ter acesso a mais de um grupo de trabalho.

Existem diversas topologias de VLANs para conexão de IEDs que podem ser utilizadas. De acordo com o fabricante de IEDs *Schweitzer Engineering Laboratories* (SEL) as principais topologias que podem ser aplicadas à norma IEC-61850 são: em anel, estrela dupla, estrela simples e anel de cebola, que podem ser observadas na Figura 1, disposta abaixo. Na topologia em anel, os IEDs e o *switch* estão ligados em sequência, a rede é tolerante a faltas, é possível que ela se reconfigure automaticamente e há um custo moderado de engenharia e de *hardware*. Na topologia em estrela simples, todos os IEDs estão conectados diretamente a um único *switch* e há uma menor latência na transmissão de dados e um menor custo de engenharia e *hardware*; porém, o *switch* não é gerenciável e há uma quantidade maior de cabos para implementar. Na topologia em estrela dupla, todos os IEDs são ligados aos dois *switches* e é possível observar a vantagem de se ter redundância de caminho e de *switch* e um baixo custo de engenharia; em contrapartida, se tem uma maior quantidade de cabos para implementar e um alto custo de *hardware*. Na topologia em anel de cebola, existem dois *switches* principais que gerenciam a rede e cada IED é conectado a outros dois *switches*; essa disposição traz vantagens como tolerância a faltas e

reconfiguração automática da rede; porém, produz desvantagens como maior custo de engenharia e de *hardware*.

Figura 1. Topologias de comunicação entre IEDs.



## 1.2. Sistemas de Automação de Subestações (SAS)

Com o passar dos anos, a tecnologia de automação de subestação evoluiu bastante. Junto a essa evolução, houve também o desenvolvimento dos equipamentos de telecomunicações e de controle, automação e proteção. Todo esse novo cenário impactou na divisão dos SAS em níveis de hierarquia distintos: nível de estação, nível de *bay* e nível de processo.

No nível de estação, estão localizadas as unidades de comunicação, de controle de subestação (sistema SCADA, por exemplo) e a interface homem máquina (IHM). No nível de *bay*, estão localizados os IEDs. No nível de processo, estão os equipamentos que geram as grandezas elétricas utilizadas para monitorar e operar o sistema, como transformador de corrente (TC), transformador de potencial (TP) e disjuntores.

É importante salientar que há comunicação tanto entre os níveis do SAS (comunicação vertical) quanto entre os elementos dentro dos níveis (comunicação horizontal). A mensagem MMS (*Manufacturing Message Specification*), também prevista na norma IEC-61850, é um exemplo de comunicação vertical, levando informações do nível de *bay* para o supervisor. A mensagem GOOSE, objeto de estudo neste artigo, é um exemplo de comunicação horizontal, entre os componentes do nível de *bay*.

### 1.3.A Norma IEC-61850

Em subestações, quando há a necessidade de se propagar valores de grandezas elétricas, comandos e sinais digitais, isso é feito através de cabeamentos físicos que interligam todos os equipamentos que compõem o sistema, desde o transformador até o relé de proteção. Esse método exige a utilização de uma quantidade de cabos e fios de cobre muito grande, o que pode aumentar os pontos de falha, além de gerar um aumento no custo do projeto.

Com a evolução das tecnologias de telecomunicações digitais, foi possível fazer com que essa propagação de dados se desse por meio de redes locais (LANs) dentro das subestações. Porém, um outro problema surgiria: a utilização de protocolos proprietários por parte dos fabricantes de equipamentos dificultava a troca de informações entre dispositivos de marcas diferentes.

Por conta dessa necessidade de integração entre os equipamentos de diferentes fabricantes, os grupos de trabalho WG10, WG11 e WG12 do Comitê Técnico TC57 (Gerenciamento de Sistemas de Energia e Troca de Informações Associadas) do IEC (*International Electrotechnical Commission*) se reuniram para elaborar propostas de padronização de comunicação em sistemas de automação de subestações, que depois se tornariam a norma IEC-61850. As seguintes propostas foram feitas pelo grupo e, depois, aceitas pelo Comitê Técnico:

- elaborar uma norma para a arquitetura funcional, estrutura de comunicação e requisitos gerais;
- elaborar uma norma para a comunicação dentro e entre os níveis de unidade e subestações;
- elaborar uma norma para a comunicação dentro e entre os níveis de processamento e unidade;
- elaboração de uma norma complementar para a interface informativa dos equipamentos de proteção.

A norma é dividida em 10 partes onde é feita uma introdução (parte 1) e é apresentado um glossário com termos utilizados na norma (parte 2). A partir daí, aspectos mais técnicos da norma são abordados, como exigências básicas para a implantação da norma (parte 3), gerenciamento de sistema e projeto (parte 4), requisitos de comunicação para as funções e modelos de dispositivos (parte 5), linguagem de configuração (parte 6), estrutura básica de comunicação para subestação e equipamentos alimentadores (parte 7), mapeamento de serviços de comunicação (partes 8 e 9) e testes de conformidade (parte 10).

A abordagem utilizada na elaboração da norma foi a de misturar os pontos fortes de três métodos: decomposição funcional, fluxo de dados e modelagem de informações. A decomposição funcional é utilizada para compreender a relação lógica entre os componentes da função distribuída (que é quando os dispositivos devem ter uma função em conjunto, se aplicável) e é apresentada na forma de *logical nodes* (nós lógicos), que descrevem as

funções, subfunções e interfaces funcionais. O fluxo de dados é utilizado para entender as interfaces de comunicação que devem apoiar a troca de informações entre os componentes funcionais distribuídos e os requisitos de desempenho funcional. Por fim, a modelagem de informações é usada para definir a sintaxe abstrata (que é quando os dispositivos devem estar conectados em um barramento comum com um protocolo comum) e semântica das informações trocadas (os dispositivos devem entender a informação postada por outro dispositivo) na forma de classes e tipos de dados de objetos, atributos, métodos de objetos abstratos e seus relacionamentos.

Esses aspectos caracterizam duas recomendações da norma: interoperabilidade, que é a capacidade de todos os equipamentos da subestação compreenderem a estrutura e o significado das mensagens sem a necessidade de uma “tradução”, e intercambialidade, que é a possibilidade de se trocar o equipamento de um fabricante por outro sem alterar os demais. Porém, atualmente, esses aspectos ainda não são atendidos de forma completa.

#### **1.4. Mensagens GOOSE**

A proteção de sistemas elétricos tem como objetivo limitar danos ao sistema (requisito da seletividade de sistemas elétricos), minimizar perigo às pessoas, reduzir o *stress* aos equipamentos e manter a estabilidade ao restante do sistema. No caso de ocorrer uma falta ao longo de uma linha de distribuição de energia elétrica, por exemplo, para que todos esses objetivos sejam atingidos, é preciso isolar a falta no menor tempo possível. Para tal, é necessário que os equipamentos de proteção estejam parametrizados corretamente.

Porém, no caso de um sistema construído sob a norma IEC-61850 é preciso garantir também que a alimentação ao trecho onde ocorreu a falta seja interrompida dentro de um tempo pré-estabelecido. Isso faz com que a mensagem de *Trip*, que é uma mensagem GOOSE que determina a abertura de uma chave ou disjuntor por atuação de proteção, seja o principal exemplo da importância desse tipo de mensagem.

Netto (2012) define que as mensagens GOOSE utilizam um datagrama ISO não orientado à conexão. Esse datagrama contém em seu cabeçalho as informações de endereço, nome do emissor, tempo do evento que disparou e tempo esperado para uma nova mensagem GOOSE. As mensagens GOOSE são do tipo *multicast*, ou seja, são enviadas somente os componentes da rede (IEDs) interessados em receber a mensagem. Apesar de serem desse tipo, as mensagens GOOSE podem ser do tipo *unicast*, caso somente um IED esteja configurado para receber a mensagem, ou *broadcast*, se todos os IEDs da mesma VLAN estiverem configurados para receber a mensagem. Esse fato possibilita a diminuição de fios metálicos para a troca de mensagens entre IEDs.

Ainda de acordo com Netto (2012), as mensagens GOOSE utilizam o serviço *Specific Communication Service Mapping* (SCSM), que é um método de retransmissão de mensagens em intervalos variados de tempo, com o

objetivo de garantir com que o IED *Subscriber* receba a mensagem, já que não há confirmação de recebimento e pode ocorrer a perda ou degradação da mensagem ao longo da transmissão. O SCSM funciona baseado em intervalos de tempo que representam estados diferentes quanto ao envio e retransmissão de mensagens. Esses estados são:

- $T_0$ : condição estável de retransmissão (sem eventos por um longo período de tempo);
- $(T_0)$ : condição estável de retransmissão (será diminuída na ocorrência de um evento);
- $T_1$ : menor tempo de retransmissão após um evento;
- $T_2, T_3$ : tempo de retransmissão até retornar a  $T_0$ .

A Figura 2 mostra esses estados em uma linha do tempo, onde é possível ver que o intervalo de retransmissão da mensagem GOOSE diminui logo após a ocorrência do evento e vai retornando ao seu intervalo de origem  $T_0$ .

Figura 2. Intervalo de retransmissão de mensagens GOOSE



Um intervalo de tempo máximo para a retransmissão da mensagem GOOSE é definido como `timeAllowedToLive`. Se não houver nenhuma nova mensagem dentro desse intervalo, o receptor admite que o pacote foi perdido.

O tempo de transferência de uma mensagem GOOSE é de extrema importância e o cálculo desse tempo se dá a partir de três variáveis. São elas:

- $t_a$ : tempo entre o IED *publisher* (que publica a mensagem na rede) colocar o dado no topo da pilha de comunicação e a mensagem ser enviada à rede;
- $t_b$ : tempo de transferência da mensagem pela rede;
- $t_c$ : tempo entre o IED *subscriber* (que “assina” para receber a mensagem) receber a mensagem da rede e retirar o dado da sua pilha de comunicação.

A equação final que define o tempo de transferência de uma mensagem GOOSE é:

$$t = t_a + t_b + t_c \quad (1)$$

Devido à dificuldade de se determinar os tempos  $t_a$ ,  $t_b$  e  $t_c$ , o cálculo pode ser simplificado para o tempo entre a publicação da mensagem na rede por parte do IED *publisher* e o recebimento dela por parte do IED *subscriber*. Esse tempo pode ser medido utilizando um software analisador de protocolos de rede, como o Wireshark. Dele, é possível extrair o momento no qual a



mensagem foi publicada, o momento no qual ela foi recebida e calcular o tempo de transferência.

O tempo de transferência da mensagem GOOSE pode ser separado em três classes diferentes, de acordo com o seu desempenho e a sua funcionalidade. São eles:

- classe P1: *bays* de distribuição ou em casos onde um baixo desempenho seja aceitável - tempo de transferência de até 10 ms;
- classe P2: *bays* de transmissão ou por decisão do usuário - tempo de transferência de até 3 ms;
- classe P3: *bays* de transmissão onde há a necessidade de alto desempenho de sincronismo ou proteção diferencial - tempo de transferência de até 3 ms.

Como as mensagens são enviadas para diversos IEDs, elas precisam ser filtradas para que cheguem aos destinatários corretos. Normalmente, a filtragem de endereços *multicast* que receberão uma mensagem na rede é feita utilizando endereço IP. Porém, a IEC-61850 prefere por utilizar o endereço MAC (*Media Access Control*) dos IEDs. O endereço MAC é um endereço físico que é único para cada dispositivo e é associado à interface de rede dele. O MAC é dividido em 6 *bytes* (ou octetos), sendo os 3 primeiros definidos pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers* - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) e os outros 3 definidos pelo fabricante do equipamento.

A norma recomenda que filtragem dos receptores da mensagem GOOSE seja feita da seguinte forma: os 3 primeiros octetos, definidos pelo IEEE, são 01-0C-CD; o quarto octeto define o tipo da mensagem (no caso das mensagens GOOSE, 01); os 2 últimos octetos definem o endereço individual de cada equipamento (05-CF, por exemplo). Com isso, o endereço a ser configurado como destinatário de uma mensagem GOOSE seria o 01-0C-CD-01-05-CF, que é o endereço MAC que consta no arquivo ICD (arquivo de capacidades do IED) do IED *publisher*.

As mensagens GOOSE trazem a possibilidade de trocar diversas informações comuns entre IEDs. Isso se dá organizando essas informações em um *DataSet*, que é um grupo de dados. Esse *DataSet* deve contemplar algumas características essenciais do serviço de mensagens GOOSE para atender a norma: utilizar o serviço *multicast* para entregar os dados para mais de um equipamento ao mesmo tempo, possibilitar a segregação de IEDs utilizando VLANs e utilizar prioridade para informações mais importantes.

Desta forma, Miranda (2009) estabelece seis pontos de extrema importância para que as mensagens GOOSE funcionem de forma apropriada. São eles:

1. Autorizar o serviço de mensagem GOOSE;
2. Conferir um nome para o serviço de mensagens GOOSE que, de preferência, já descreva a sua utilização;
3. Informar um endereço de *multicast*,

4. Informar o identificador da VLAN, de forma que o *switch* identifique esse parâmetro;
5. Configurar um valor de prioridade para as mensagens, também de forma que o *switch* identifique o parâmetro;
6. Ajustar o atributo ConfRev, que diz quantas vezes a configuração do DataSet foi alterada (ver parte 7-2 da norma).

Dentro de um SAS, algumas mensagens precisam ser priorizadas, como, por exemplo, mensagens de falha de disjuntor, mensagens de tempo excessivo de interrupção e, obviamente, mensagens de Trip e comandos de abertura e fechamento de circuitos. Para isso, é necessário que a rede de comunicação esteja configurada para que tal prioridade seja reconhecida e, portanto, posta em prática.

A priorização de mensagens GOOSE é feita dentro do quadro MAC, como mostra a Figura 3:

Figura 3. Priorização de mensagens GOOSE



Na figura é possível observar que, dentro do quadro MAC, junto com o identificador da VLAN para qual aquela mensagem deve ser encaminhada, existem 3 *bits* (valores binários) que determinam a prioridade da mensagem. Podem ser determinados 8 níveis de prioridades diferentes, de acordo com a norma IEEE 802.1D-1998:

- 0 (000<sub>2</sub>) - melhor esforço - baixa prioridade;
- 1 (001<sub>2</sub>) - segundo plano - é possível transmitir grandes volumes de dados, porém ainda tem um baixo nível de prioridade;
- 2 (010<sub>2</sub>) - não definido;
- 3 (011<sub>2</sub>) - esforço excelente - nível mais alto de esforço, mas ainda não é o de maior prioridade;
- 4 (100<sub>2</sub>) - carga controlada - aplicações sujeitas a controle;
- 5 (101<sub>2</sub>) - vídeo - não se aplica à norma IEC-61850;
- 6 (110<sub>2</sub>) - voz - não se aplica à norma IEC-61850;
- 7 (111<sub>2</sub>) - controle de rede - nível mais alto de prioridade.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a elaboração deste artigo foi baseada em pesquisa bibliográfica em publicações disponíveis sobre o tema. Através dessas publicações, num primeiro momento, temas importantes para o entendimento da norma IEC-61850 serão apresentados. Em seguida, a própria norma será explicada, enfatizando os seus tópicos mais importantes para a compreensão do tema principal, que são as mensagens GOOSE. Por fim, será feita uma análise da abordagem da norma em relação às mensagens GOOSE destacando os pontos fundamentais para o seu pleno funcionamento dentro de uma subestação cujo sistema de automação foi concebido sob a norma IEC-61850.

## 3. CONCLUSÃO

Após analisar o cenário dos sistemas de automação de subestações de transmissão e distribuição de energia elétrica, é possível assegurar que uma melhoria das condições e dos equipamentos de trabalho era necessária. Mais do que isso, uma evolução na prestação desse tipo de serviço era, e ainda é, imprescindível e indispensável. Esses fatores somados justificam a criação da norma IEC-61850 que, como visto neste artigo, define padrões para sistemas de comunicação de subestações. A implantação da norma traz benefícios evidentes à gestão de um SAS, pois, além da diminuição do cabeamento de comunicação em uma subestação, o sistema não precisa passar por reconfigurações constantes, do ponto de vista da rede de comunicações.

Pode-se constatar também a importância da total compreensão da mensagem GOOSE e da correta configuração dos seus parâmetros. As mensagens GOOSE transportam informações de suma importância dentro do SAS, como as mensagens de *Trip*, o que justifica a preocupação com o pleno entendimento delas. Neste artigo também foi possível observar os parâmetros de comunicação mais importantes para as mensagens GOOSE, desde os equipamentos e cabeamento até a linguagem de configuração utilizada para a geração das mensagens.

Outro ponto importante a ser destacado é a facilidade de expansão do sistema sem a necessidade de uma intervenção no painel de controle do SAS que a implantação da norma e, conseqüentemente, de mensagens GOOSE, traz. Além disso, o fato de ser necessária uma estrutura de rede de comunicação para que o sistema atenda aos requisitos da norma, implica numa maior flexibilidade para implantações e modificações de configurações remotamente.

## 4. REFERÊNCIAS

MORGAN, M. Granger; APT, Jay; LAVE, Lester. **The Many Meanings of “Smart Grid”** (2009).

AMIN, S. Massoud; WOLLENBERG, Bruce F. **Toward a Smart Grid** (2005).

KUROSE, James F; ROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet - 6ª Ed.** (2013).

LEÃO, Ruth. **GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica** (2009).

MIRANDA, Juliano Coêlho. **IEC-61850: Interoperabilidade e Intercambialidade entre Equipamentos de Supervisão, Controle e Proteção Através das Redes de Comunicação de Dados** (2009).

NETTO, Ulisses Chemin. **Determinação de um Parâmetro para Monitoramento do Desempenho de Mensagens GOOSE do Padrão IEC 61850 Utilizadas em Subestações de Energia Elétrica** (2012).

International Electrotechnical Commission. **IEC-61850-1 - Communication networks and systems in substations** (2003).

SILVA, E. L. **Redes IEC-61850 – Estudo de Protocolo e Exemplo de Aplicação (Parte I)**. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/redes-iec-61850-estudo-de-protocolo-e-exemplo-de-aplicacao/>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

National Instruments. **How Do I Set MAC Addresses for an IEC 61850 GOOSE Subscriber**. Disponível em: <<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/04D52ED0C39B298086257D2E0021BBE7>>. Acesso em: 8 nov. 2017.