



**XX SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
XXX.YY  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO V**

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC**

**APLICAÇÃO DA NORMA IEC 61850 EM SISTEMAS DE OSCILOGRAFIA**

**Joao Ricardo Benetoli Duran \***

**Norbert Penner**

**Otavio Busnardo**

**Stéfano R. Gualtieri**

**RESUMO**

A evolução tecnológica em sistemas de proteção, controle e automação vem se direcionando para um cenário baseado em sistemas distribuídos e modulares, permitindo maior flexibilidade no processo de expansão, maior confiabilidade devido à autonomia, eficiência e velocidade, além da diminuição da cablagem reduzindo assim os custos de projeto e instalação. A introdução da norma IEC61850 no setor elétrico define padrões que acompanham esta tendência do desenvolvimento tecnológico. Um dos objetivos mais importantes da norma IEC61850 é permitir a interoperabilidade entre os módulos, ou IEDs – *Intelligent Electronic Devices*. Desta forma, diversos IEDs, independente do fabricante, podem trocar informações a fim de realizar uma determinada função. Os novos sistemas de oscilografia tendem a seguir esta evolução, garantindo mais rapidez e confiabilidade nas análises de uma perturbação do sistema elétrico. O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação prática de mensagens GOOSE em sistemas de oscilografia para registrar estados digitais (perturbações) sem a necessidade de cabeamento em registradores digitais de perturbação.

**PALAVRAS-CHAVE**

Norma IEC61850, GOOSE, Oscilografia, Registradores Digitais de Perturbação

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Atualmente, as subestações de energia elétrica possuem relés de proteção digitais, unidades de controle e supervisor, além de modernos sistemas de medição e oscilografia, capaz de fornecer informações que possam ser utilizadas para análise do sistema de potência em questão, utilizando os mais variados protocolos de comunicação existentes no mercado industrial e energético. Isto vem se tornando um sério problema nas subestações, pois numa ampliação do sistema instalado, pode haver dificuldades na atualização ou integração entre as tecnologias envolvidas que acarretam custos adicionais de projeto. Os diversos protocolos espalhados pelo mundo dificultam a integração entre diferentes fabricantes, além de tornar caro e complexo a utilização de diversos conversores de protocolo. Com o intuito de melhorar a integração entre sistemas, buscou-se encontrar alternativas que oferecessem redução de custo e tempo para realização de projetos e ampliações do sistema além da padronização do projeto, combinação das diferentes ferramentas com outros fabricantes (interoperabilidade), diminuição do tempo de troca de um dispositivo do sistema, melhoria da qualidade da engenharia criando ferramentas simples para implementação e atualização dos sistemas. Através do esforço em obter um protocolo com estas características, surgiu a norma IEC 61850, que pretende integrar todos os níveis de sistemas: automação da subestação, telecontrole e telecomando (níveis de supervisão), qualidade de medição e potência, equipamentos de campo (nível de processo), controle e monitoramento de sistemas hidro e aero-geração, proteção, relatórios e análise de oscilografia, como podem ser mostradas na Figura 1. Os diversos serviços são separados por Aplicação (Modelagem de Dados e Funções), Serviços (Relatórios e Controle) e Comunicação

(Mapeamento do meio físico), assim facilitando as mudanças de tecnologia envolvidas, sem alterar os padrões já existentes da norma.

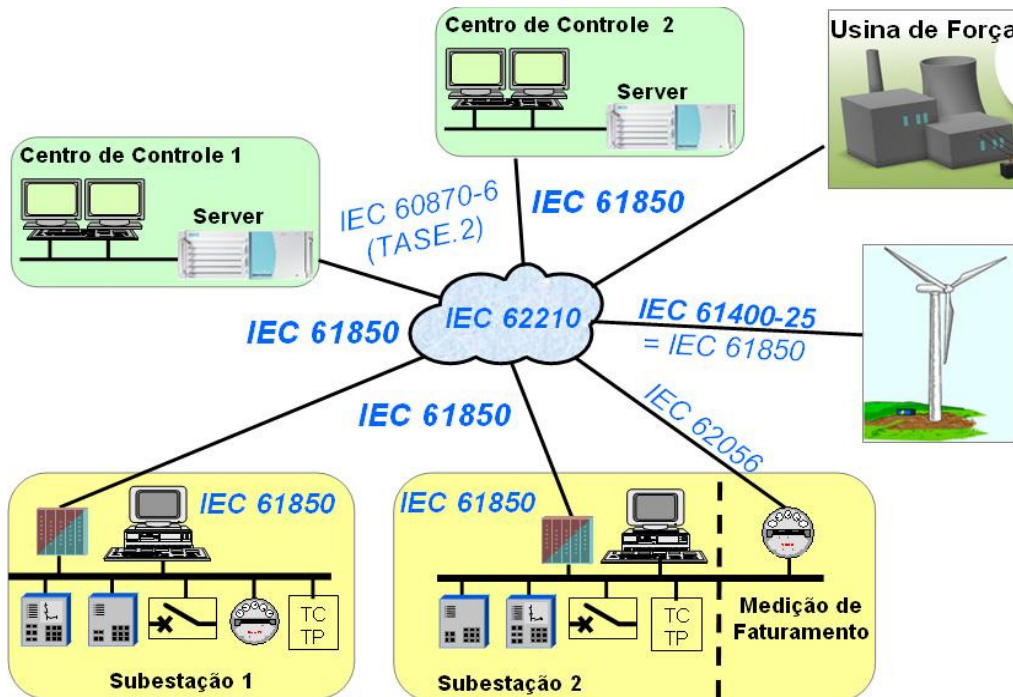


FIGURA 1 – Integração dos sistemas através da norma IEC61850

O protocolo de comunicação IEC 61850 foi desenvolvido para o meio de rede Ethernet, que é um meio de comunicação padrão e já consolidado no mercado de equipamentos dos mais diferentes fabricantes. Através da utilização dessa rede, os equipamentos podem se comunicar em alta velocidade (100 Mbit/s) trocando informações entre si, decidindo e operando com mais segurança e eficácia no nível do “bay”.

Assim, com a utilização da IEC 61850 para a implementação de funções do sistema elétrico de potência, os comandos que anteriormente eram enviados por fios elétricos, passam a ser enviados através de rede. Algumas soluções são inseridas dentro deste contexto da norma: a redundância de dispositivos de rede (garantindo a comunicação em caso de falhas no sistema ou nas partes físicas de comunicação) e a utilização de mensagens GOOSE. É definido nesta norma as mensagens GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*), utilizadas para uma comunicação horizontal em que os IEDs possam realizar operações lógicas de proteção e controle. As mensagens GOOSE são de alta prioridade na rede de comunicação garantindo operações importantes em curto intervalo de tempo.

Os registradores digitais de perturbações apareceram na segunda metade dos anos 80 e se consolidaram durante os anos 90. Com a evolução tecnológica, o baixo custo de hardware e ampliação do mercado, os recursos de oscilografia foram incorporados em grande parte dos relés digitais utilizados em sistemas de proteção. É importante destacar que a oscilografia tem o objetivo de viabilizar a análise pós-evento dos distúrbios, diferente dos sistemas de proteção que devem atuar em tempo real em resposta aos distúrbios. Na realidade, a oscilografia é um instrumento complementar aos sistemas de proteção, pois permite que o especialista em análise de perturbações verifique a correção dos ajustes da proteção, assim como eventuais defeitos que venham a surgir.

Através das mensagens GOOSE e toda estrutura de dados descritas na norma IEC 61850 é possível integrar controle e proteção. A oscilografia passa a fazer parte desta integração, facilitando os meios de aquisição das perturbações do sistema elétrico de potência.

Este trabalho permite apresentar as tecnologias em equipamentos de oscilografia envolvendo o protocolo 61850 e suas vantagens para a integração dos sistemas de automação em energia, apresentando uma arquitetura de sistemas, com integração e testes de aceitação e conformidade exigidos pelos clientes da área de energia elétrica.

## 2.0 - DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA E TESTES

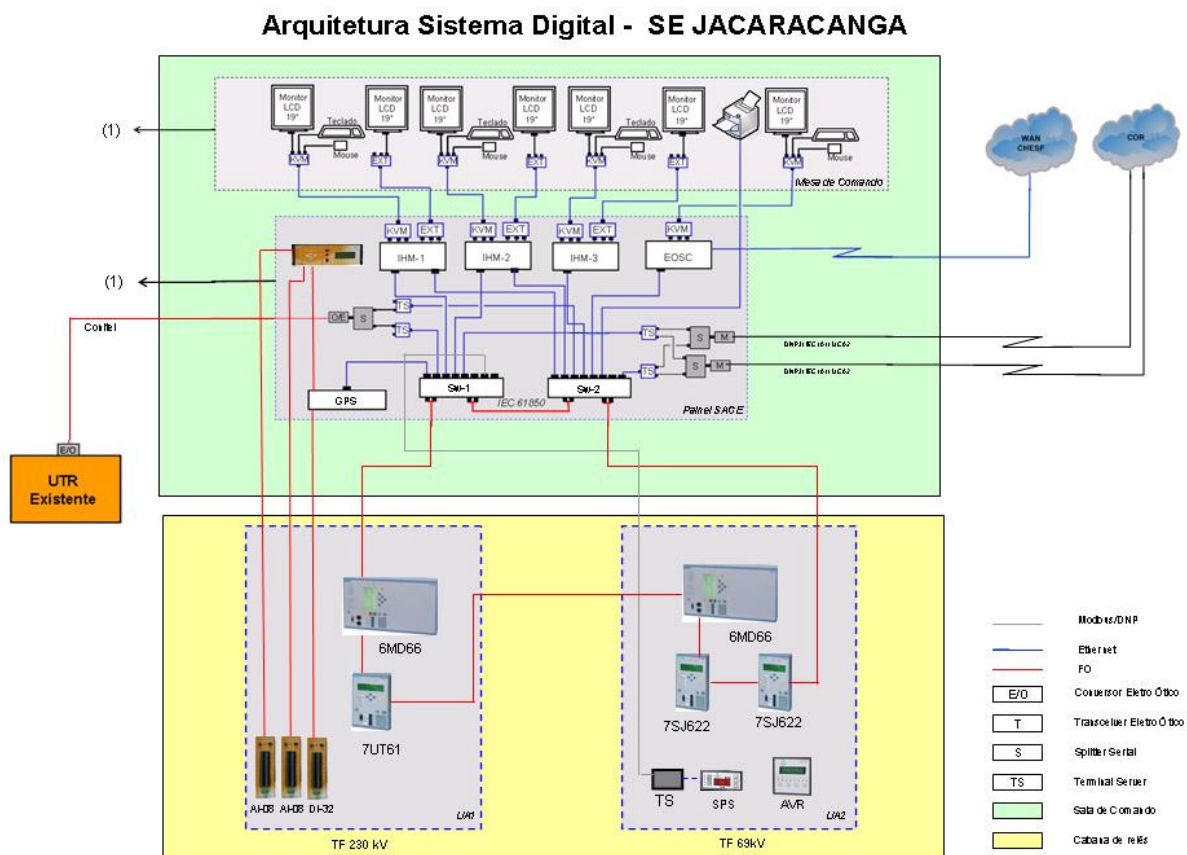
### 2.1 Arquitetura de Testes

Na integração dos equipamentos, foram utilizados: um oscilógrafo OSC-1000 módulo MR-1500 da ECIL, um IED 7SJ62 e um IED 7UT61 da SIEMENS, com todos os equipamentos ligados à uma rede TCP/IP e utilizando protocolos definidos na norma IEC61850 para comunicação entre os mesmos.

A utilização de um meio confiável para comunicação entre IEDs e o oscilógrafo é de extrema importância para o uso desta filosofia de repetição das mensagens GOOSE, garantindo o funcionamento correto do sistema. Assim, foi utilizado *switches* da RUGGEDCOM (certificado KEMA na norma IEC61850), fazendo com que as mensagens GOOSE cheguem no tempo esperado numa comunicação *point-multipoint*.

Através das mensagens GOOSE, os estados digitais aquisitados pelos IEDs são transmitidos para o equipamento MR-1500, onde oscilografias são registradas em formato *Comtrade*. Utilizando um software de integração e comunicação entre IEDs e o oscilógrafo MR-1500 numa rede IEC61850 (*IEC61850 station*, fornecido pela SIEMENS), pode-se conectar cada ponto digital com o respectivo endereço da mensagem GOOSE no oscilógrafo.

A mensagem GOOSE encapsula a estampa de tempo dos estados digitais enviados pelos IED. O MR-1500, por sua vez, permite registrar nos arquivos oscilográficos tanto esta estampa de tempo, quanto a estampa de tempo do próprio MR-1500 no momento em que o evento foi capturado.



(1) Alimentação do Serv. Auxiliar da SE - 125/250Vcc

FIGURA 2 – Arquitetura de Testes

## 2.2 Procedimento de Testes

Os testes foram realizados utilizando o material citado com a configuração utilizada nas SE Jacaracanga e SE Ribeirão.

Primeiramente é necessário configurar o sistema como um todo. Os relés possuem uma ferramenta própria de configuração que não pode ser utilizada diretamente no oscilógrafo MR-1500. A norma 61850 estabelece, no entanto, padrões nos arquivos de configuração, a serem seguidos por todos os fabricantes, os principais são os arquivos de configuração de dispositivos, ou IEDs, que são arquivos XML, com extensão ICD, que descrevem as funcionalidades de cada equipamento; e os arquivos de configuração de estação, com extensão SCD, que também são arquivos XML só que agora descrevem o relacionamento entre os diversos equipamentos, ou IEDs, em uma subestação.

Como os relés da Siemens possuem uma ferramenta de configuração de estação, o processo foi então o seguinte:

- O MR-1500 possui uma interface web destinado a configuração para recepção de mensagens GOOSE (IEC61850). Utilizando esta interface foi gerado e realizado o download do arquivo MR1500.ICD para importação no DIGISI;
- Utilizando-se o software DIGSI 4.8, o arquivo de IED MR1500.ICD foi importado e parametrizou-se os pontos da tabela 1 nos relés F1 (7U7), F2(7SJ) e F3(7SJ), criando-se os pontos GOOSE destinados ao Registrador Digital de Perturbação (MR1500) conforme procedimento de rede 10.19;
- Foi gerado o arquivo STATION61850.SCD pelo DIGISI;
- No MR-1500, e utilizando a interface web, foi realizado o upload do arquivo STATION61850.SCD tornando os pontos GOOSE ativos para o MR-1500;
- Utilizando o aplicativo OSC-COM do MR-1500, os pontos GOOSE foram habilitados para geração de registros oscilográficos. Cada ponto GOOSE é denominado pelo oscilógrafo MR-1500 como "Canal Digital Virtual";
- Simulação dos pontos GOOSE descritos na tabela 1 e análise dos resultados;
- Simulação e análise da estampa de tempo de pontos GOOSE que também possuam pontos físicos relacionados no MR-1500.

### DIGSI system configurator - Jacaracanga / SE JCR / IEC61850 station / IEC61850 station

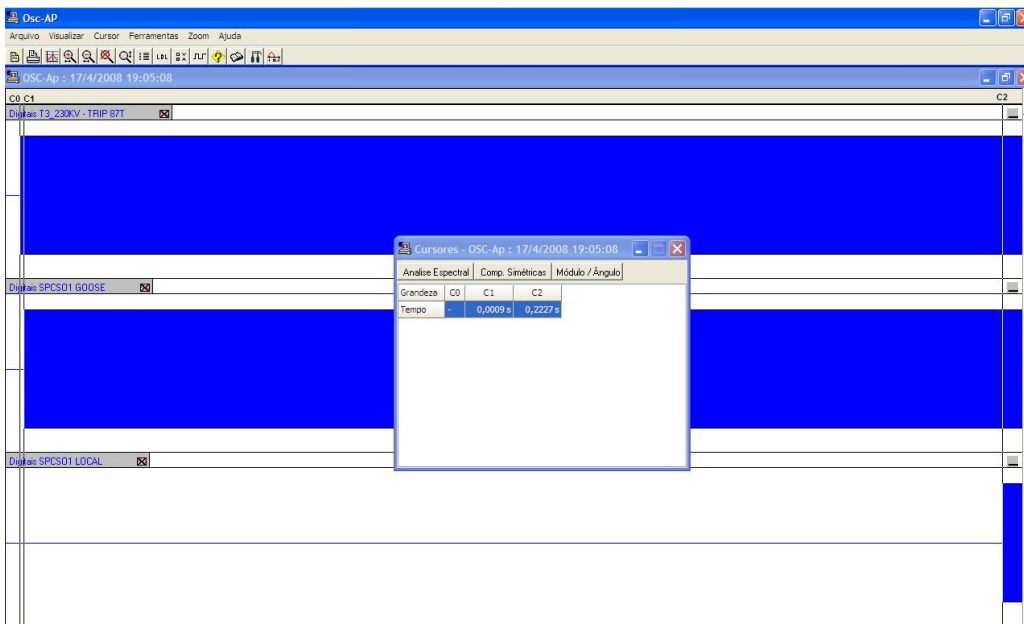
Source	Description	Destination
F1/CTRL/GASGGIO1/SPCS01	F1_7UT613/Control/GASGGIO1/>Buchh comutador	MR1500/CB/GGIO1
F1/CTRL/GASGGIO1/SPCS02	F1_7UT613/Control/GASGGIO1/>Valvula de Seguranca	MR1500/CB/GGIO1
F1/EXT/pdGGIO7/SPCS09	F1_7UT613/Extended/ - />Tank supervision from Buchh. protect.	MR1500/CB/GGIO1
F1/EXT/pdGGIO89/SPCS040	F1_7UT613/Extended/ - /87 TRIP Phase A	MR1500/CB/GGIO1
F1/EXT/pdGGIO89/SPCS041	F1_7UT613/Extended/ - /87 TRIP Phase B	MR1500/CB/GGIO1
F1/EXT/pdGGIO89/SPCS042	F1_7UT613/Extended/ - /87 TRIP Phase C	MR1500/CB/GGIO1
F2/CTRL/TEMP_GGIO1/SPCS01	F2_7SJ622/Control/TEMP_GGIO1/>Temperatura 2º grau - Oleo	MR1500/CB/GGIO1
F2/CTRL/TEMP_GGIO1/SPCS02	F2_7SJ622/Control/TEMP_GGIO1/>Temperatura 2º grau - Enrolamento 23...	MR1500/CB/GGIO1
F2/CTRL/TEMP_GGIO1/SPCS03	F2_7SJ622/Control/TEMP_GGIO1/>Temperatura 2º grau - Enrolamento 69kV	MR1500/CB/GGIO1
F2/CTRL/TRIP_GGIO1/SPCS04	F2_7SJ622/Control/TRIP_GGIO1/TRIP 50/51 FASE	MR1500/CB/GGIO1
F2/CTRL/TRIP_GGIO1/SPCS05	F2_7SJ622/Control/TRIP_GGIO1/TRIP 50/51 NEUTRO	MR1500/CB/GGIO1
F3/CTRL/TRIP_GGIO1/SPCS04	F3_7SJ622/Control/TRIP_GGIO1/TRIP 50/51 FASE	MR1500/CB/GGIO1
F3/CTRL/TRIP_GGIO1/SPCS05	F3_7SJ622/Control/TRIP_GGIO1/TRIP 50/51 NEUTRO	MR1500/CB/GGIO1
F3/EXT/pdGGIO94/SPCS020	F3_7SJ622/Extended/ - /Time Overcurrent 1Phase TRIP	MR1500/CB/GGIO1

Tabela 1 – Pontos GOOSE destinados ao MR-1500

### 2.3 Resultados dos testes

- a. Durante testes realizados na plataforma de Jacaracanga foi observado atraso médio menor que 1 ms entre um sinal digital físico e a mensagem GOOSE para eventos de subida e descida, mesmo o relé sendo sincronizados via NTP e o MR-1500 via IRIG-B (ver figura 3). Porém, em testes realizados na plataforma de Ribeirão o qual possui a mesma arquitetura de Jacaracanga foi observado atraso médio da ordem de 5 ms para eventos de subida e descida (ver tabela 2). Estes atrasos são considerados aceitáveis visto que os equipamentos, MR-1500 e Relé, estão utilizando bases de sincronismo diferentes sendo a precisão do NTP especificado em até 50 ms e o IRIG-B em até 1 us;

a



b

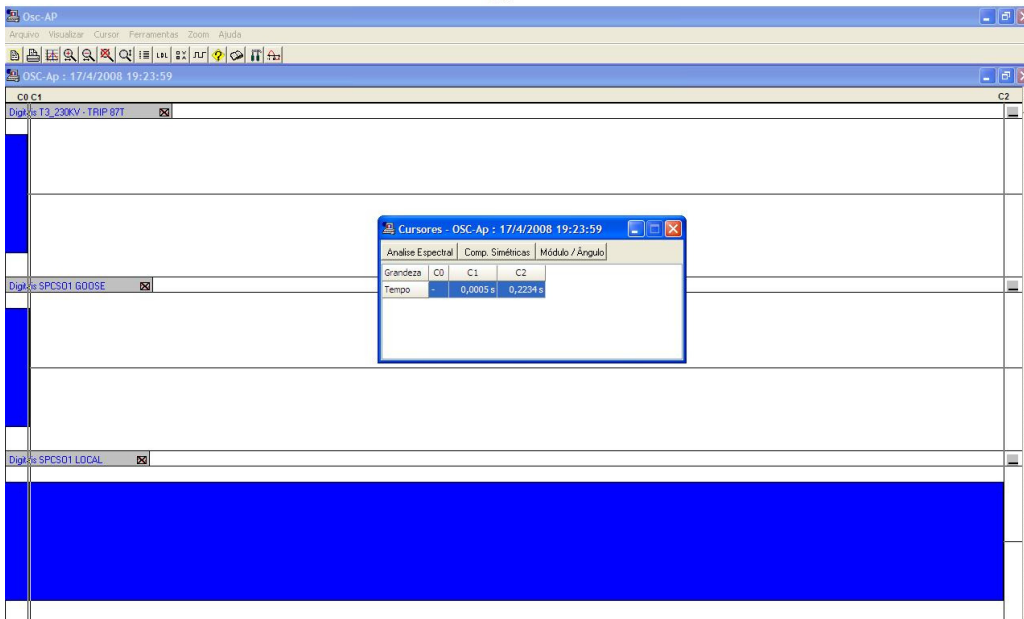


Figura 3 – Sincronismo de tempo entre GOOSE proveniente do Relé e seu referido ponto digital físico no MR-1500 para plataforma Subestação Jacaracanga. a) Evento de subida, b) Evento de descida.

Teste	GOOSE (seg)	MR-1500 (seg)	Atraso (ms)
1	27,2161	27,2219	5,8000
2	31,5503	31,5553	5,0000
3	22,8264	22,8307	4,3000
4	39,4671	39,4727	5,6000
5	17,6204	17,6261	5,7000
6	33,6986	33,7029	4,3000
7	18,3977	18,4019	4,2000
8	25,8449	25,8494	4,5000
9	56,0979	56,1028	4,9000
10	52,9179	52,9243	6,4000
11	16,8759	16,8825	6,6000
12	53,6899	53,6944	4,5000
13	51,0715	51,0764	4,9000
14	15,4123	15,417	4,7000
15	10,4202	10,4254	5,2000
16	6,2602	6,2663	6,1000
17	45,7823	45,7879	5,6000
18	19,3528	19,3573	4,5000
19	21,0179	21,0236	5,7000
20	38,7249	38,7310	6,1000
		<b>MÉDIA</b>	<b>5,2300</b>

Tabela 2 – Sincronismo de tempo entre GOOSE proveniente do Relé e seu referido ponto digital físico no MR-1500 para plataforma da Subestação Jacaracanga.

- b. Foi verificado que é possível analisar de forma gráfica pelos arquivos COMTRADE, os sinais digitais provenientes de mensagens GOOSE originadas pelas IEDs. Estes sinais digitais GOOSE podem ser configurados via interface web (browser) residente no próprio MR-1500 e são denominados “Canais Digitais Virtuais”;
- c. O MR-1500 permite a configuração de um canal digital virtual com estampa de tempo do MR-1500, quando do recebimento de GOOSE. Contudo, durante os testes foi observado que o MR-1500 registra este tipo de evento com um atraso médio da ordem de 250 ms em relação ao próprio GOOSE. Este recurso é adicional e considerado um método redundante a fim de analisar a estampa de tempo fornecida pelo GOOSE e o momento em que esta é capturada pelo MR-1500. Este recurso possibilitará quantificar os tempos de propagação na rede dos eventos GOOSE;
- d. A fim de experimento, o Relé F1 foi configurado para sincronismo IRIG-B, contudo foi observado atraso da ordem de 5 ms entre a mensagem GOOSE e seu referido sinal digital físico pra eventos de subida, e atrasos menores que 1 ms para eventos de descida. Esta característica é típica de acionamento/desacionamento de relé que gera o fenômeno conhecido como “bouncing”, e analisando o projeto foi observado que o ponto utilizado no teste utiliza um relé como interface de acionamento do canal digital físico do MR-1500 (ver tabela 3).

TESTE	ESTADO	RELÉ (seg)	MR-1500 (seg)	Atraso (ms)
				Relé <-> MR-1500
1	1	26,2352	26,2409	5,7000
2	1	59,1250	59,1295	4,5000
3	1	53,0276	53,0326	5,0000
4	0	0,4785	0,4794	0,9000
5	1	35,6962	35,7007	4,5000
6	0	15,8837	15,8844	0,7000
7	1	34,0000	34,0045	4,5000
8	0	32,6474	32,6474	0,0000
9	1	44,1611	44,1653	4,2000
10	0	43,4648	43,4649	0,1000
11	1	25,7382	25,7406	2,4000
12	0	31,0410	31,0420	1,0000

Tabela 3 – Sincronismo de tempo entre GOOSE proveniente do Relé e seu referido ponto digital físico no MR-1500 para plataforma Ribeirão com sincronismo IRIG-B (MR-1500 e Relé).

### 3.0 - CONCLUSÃO

A aplicação prática de mensagens GOOSE para registro de estados digitais em sistemas de oscilografia mostrou-se eficaz durante os testes realizados nas plataformas de proteção das Subestações de Jacaracanga e Ribeirão. Em ambas as plataformas, o tempo para o tráfego da mensagem GOOSE na rede está dentro do especificado em norma.

A escolha da base de sincronismo de tempo, tal como NTP (*Network Time Protocol*) ou IRIG-B, faz diferença quando o assunto é IEC61850 em sistemas de oscilografia. Isto pode ser comprovado através de resultados obtidos no experimento em que um evento de mensagem GOOSE e seu respectivo contato de saída físico proveniente de uma IED são ambas utilizadas para gerar registros oscilográficos, sendo possível, desta forma, analisar suas estampas de tempo. Por isso, há necessidade de uma base geradora de sincronismo de tempo precisa para aplicação de mensagens GOOSE. Através dos testes realizados na plataforma de proteção e sistema de oscilografia, obteve-se bons resultados com relação aos tempos de disparo da oscilografia.

Através deste método, a fiação elétrica do painel foi reduzida, aproveitando as características que a norma IEC61850 oferece, diminuindo custos e melhorando a configuração do sistema, integrando a oscilografia ao sistema de proteção.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) International Standard IEC61850, Communication networks and systems in substations, First edition.
- (2) A. Apostolov, B. Vandier, "Functional Testing of IEC 61850 Based IEDs and Systems". New York – USA, 2004
- (3) S. Gualtieri, M. Silveira, "Manual Geral – OSC 1000". São Paulo – SP, 2008
- (4) Siemens, "Manual – Ethernet & IEC61850 – Concepts, Implementation and Commissioning". Nurenberg – Alemanha, 2006

## 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Joao Ricardo Benetoli Duran

Nascido em São José do Rio Preto, SP em 02 de janeiro de 1970.

Mestre em Engenharia Elétrica (1996) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Ilha Solteira

Graduado (1993) em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrotécnica na Universidade de Lins

Empresa: Siemens Ltda, desde 2000.

Atua como Líder Técnico na Área de Automação e Controle do Departamento E D EA.

Norbet Penner

Nascido em São Paulo, SP em 16 de junho de 1967.

Mestre em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (1996) pela

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Graduado (1993) em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrônica na

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Empresa: Itech, desde 2007.

Atua no departamento de Engenharia, no núcleo de desenvolvimento de soluções para o sistema elétrico de potência.

Otávio Busnardo

Nascido em Bauru, SP em 02 de julho de 1981.

Mestre em Engenharia Eletrônica (2006) pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - São José dos Campos

Graduado (2003) em Engenharia Elétrica, modalidade Informática Industrial

pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Bauru

Empresa: Siemens Ltda, desde 2006.

Atua como Engenheiro de Desenvolvimento na Área de Automação do Departamento E D EA.

Stéfano Regis Gualtieri

Nascido em Osasco, SP a 1º de março de 1980.

Mestrando em Engenharia Elétrica, modalidade Sistemas de Potência

na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP (previsto para 2010).

Graduado (2003) em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrônica

na Faculdade de Ciências da Fundação Instituto Tecnológico de Osasco – FAC-FITO.

Empresa: ECIL, desde 2001.

Atua no departamento de Engenharia, no núcleo de desenvolvimento de soluções para o sistema elétrico de potência.