

Considerações sobre a IEC 61850 aplicada na Qualidade de Energia

Vinicius de Oliveira Villalta

Ricardo Elias Caetano
Benedito Donizetti Bonatto
UNIFEI
viniciusvillalta@gmail.com

Roberto da Silva Netto

Politecnico Di Milano
Roberto.netto@gmail.com

Resumo — Neste novo contexto do sistema elétrico, tem-se novas aplicações para os Equipamentos Inteligentes (*Electronic Intelligent Devices* - IED). Porém existe a necessidade de uma avaliação da capacidade dos dispositivos atenderem os requerimentos das novas aplicações. Para isso, deve ser analisado não só o dispositivo, mas a infraestrutura de comunicação a qual o mesmo está conectado, bem como o método ou protocolo empregado para efetuar a troca de informação. Desta forma, este artigo analisa a estrutura do protocolo de comunicação IEC 61850 frente à aplicação do Monitoramento da Qualidade de Energia, avaliando se atende às especificações das normas analisadas, as quais definem as características para realizar o monitoramento da qualidade de energia elétrica. Observou-se que o protocolo em estudo possui uma boa aderência as normas, porém alguns pontos ainda requer aprimoramento.

Palavras-chaves — Automação de Subestações, Comunicação, IEC 61850, Qualidade de Energia, Smart Grid.

I. INTRODUÇÃO

A inserção das matrizes energéticas renováveis no sistema elétrico traz como implicação direta a elevação da vulnerabilidade do sistema frente às perturbações elétricas. Exige-se assim, atuações mais rápidas sobre a operação do sistema de forma a garantir a confiabilidade do mesmo [1],[2].

Dessa forma, a implementação de equipamentos inteligentes (IEDs) surge como uma solução, de forma a integrar a rede (*Smart Grid*) e permitir a execução de aplicações que oferecem mais flexibilidade, estabilidade e eficiência ao sistema [3]. Com isso, surge a dependência sobre uma estrutura de comunicação para atender os requisitos de aplicações como monitoramento, automatização das subestações e gerenciamento de demanda [4], [5].

Neste cenário, o padrão IEC 61850 apresenta através de 10 capítulos, uma filosofia de comunicação para os dispositivos de uma subestação automatizada (*Substation Automation System* – SAS), tendo como foco, a interoperabilidade dos equipamentos de diferentes fabricantes [6].

Usando como meio físico de comunicação a Ethernet, o padrão IEC 61850 é estruturado em um documento que define os requerimentos físicos, tipo de linguagem, estrutura

de comunicação, tipos de mensagens e um modelo estrutural para representação das funções. Descrevendo as estruturas de dados do protocolo e apresentando-as em formato UML (*Unified Modeling Language*) que abstrai as funções através de um modelo hierárquico, as mesmas podem ser chamadas de Nós Lógicos (LNs). O protocolo define uma lista de LNs para as funções exercidas pelos equipamentos e atribuem múltiplas variáveis para cada função, nomeadas de Atributos de Dados (DAs) [7], [8].

Pelo fato do padrão IEC 61850 possuir uma metodologia de abstração de funções genéricas, pode ser aplicado em outras esferas fora das subestações. O seu está sendo ampliado de forma a atingir outros sistemas como os de distribuição de energia elétrica (IEC 61850 -7-420) e plantas de geração hidrelétrica (IEC 61850-7-410).

Desta forma, a análise do protocolo consiste em verificar se os atributos vinculados a cada nó lógico estão de acordo com as especificidades desejadas na função em questão. Levando este artigo a analisar minuciosamente o padrão IEC 61850, o mesmo aborda os parâmetros vinculados a qualidade de energia. Esses parâmetros devem atender as especificações das perturbações elétricas descritas nas normas de qualidade de energia, IEEE 1159 e o módulo 8 do Prodist, permitindo determinar se o padrão de comunicação está apto a executar funções relacionadas a Qualidade de energia, tais como, medição e monitoramento.

II. QUALIDADE DE ENERGIA

A qualidade de energia é um conceito determinado por diversas organizações, a qual trata a eletricidade como um produto a ser comercializado, e consequentemente o atendimento de requisitos parametrizados por normas. Desta forma, será apresentado nesta seção os principais fenômenos e distúrbios analisados por cada uma das normas, bem como os seus requisitos de identificação e medição dos mesmos [9].

A. IEEE 1159

Esta norma define a qualidade de energia pela categorização dos fenômenos eletromagnéticos que são percebidos através da perturbação da tensão e da corrente elétrica.

Sendo assim, a norma faz a classificação dos fenômenos eletromagnéticos do sistema de potência através de um bloco principal que categoriza o distúrbio e suas especificações, conforme apresentado na Tab. I.

Além da descrição dos diferentes distúrbios, a IEEE 1159 recomenda o formato de aquisição de dados para sinais de baixa e alta frequência, assim como valores de tensão e corrente RMS. Para os sinais de baixa frequência são usados a amostragem de 128, 256, ou 512 amostras por ciclo. Já, para a captação do sinal transiente de alta frequência é citado o método de resposta rápida, "narrow window", "resettable dual", "peak detectors" ou o conversor de alta frequência analógico-digital [10].

TABELA I. CARACTERÍSTICAS DOS FENÔMENOS ELETROMAGNÉTICOS [10].

Categorias	Duração típica	Magnitude de Tensão típica
1.0 Transitórios		
1.1 Impulsivo		
1.1.1 Nanosegundo	<50 ns	
1.1.2 Microsegundo	50ns – 1ms	
1.1.3 Milissegundo	>1 ms	
1.2 Oscilatório		
1.2.1 Baixa frequência	0.3 – 50 ms	0-4 pu
1.2.2 Média frequência	20 μ s	0-8 pu
1.2.3 Alta frequência	5 μ s	0-4 pu
2.0 Variação rms de curta duração		
2.1 Instantânea		
2.1.1 Afundamento	0,5 – 30 ciclos	0.1 – 0.9 pu
2.1.2 Elevação	0,5 – 30 ciclos	1.1 – 1.8 pu
2.2. Momentânea		
2.2.1 Interrupção	0,5 ciclos – 3 s	<0.1 pu
2.2.2 Afundamento	30 ciclos – 3 s	0.1 – 0.9 pu
2.2.3 Elevação	30 ciclos – 3 s	1.1 – 1.4 pu
2.3 Temporário		
2.3.1 Interrupção	>3 s – 1 min	<0.1 pu
2.3.2 Afundamento	>3 s – 1 min	0.1 – 0.9 pu
2.3.3 Elevação	>3 s – 1 min	1.1 – 1.2 pu
3.0 Variação rms de longa duração		
3.1 Interrupção	> 1 min	0.0 pu
3.2 Subtensão	> 1 min	0.8 – 0.9 pu
3.3 Sobretensão	> 1 min	1.1 – 1.2 pu
3.4 Corrente de Sobrecarga	> 1 min	
4.0 Desbalanceamento		
4.1 Tensão	Regime Permanente	0.5 – 2%
4.2 Corrente	Regime Permanente	1.0 – 30%
5.0 Distorção da forma de onda		
5.1 Offset DC	Regime Permanente	0 – 0.1%
5.2 Harmônicos	Regime Permanente	0 – 20%
5.3 Interharmônicos	Regime Permanente	0 – 2%
5.4 Notching	Regime Permanente	
5.5 Ruído	Regime Permanente	0 – 1%
6.0 Flutuação de Tensão	Intermitente	0 – 7%
7.0 Variação de frequência	<10 s	$\pm$ 0.10 Hz

B. Prodist Módulo 8

O módulo 8 do PRODIST foi desenvolvido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), realizando a abordagem através de três blocos principais, nomeados por: Qualidade de atendimento, qualidade de serviço e qualidade de serviço.

A fim de analisar a definição dos fenômenos de perturbação, a abordagem deste artigo tratará apenas da seção de qualidade de produto. Sendo assim, a descrição de cada aspecto é feita de forma semelhante às outras normas em que os parâmetros estabelecidos são desenvolvidos na qualidade do produto.

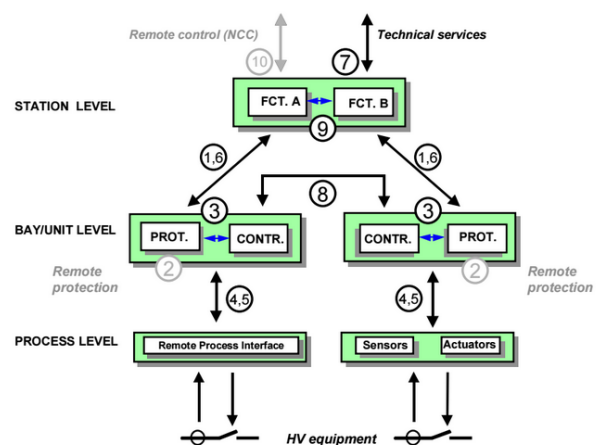
- Tensão em regime permanente;
- Fator de potência;
- Harmônicos;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de Tensão;
- Variações de tensão de curta duração;
- Variação da frequência.

No caso do Prodist módulo 8, são especificados métodos de medição para cada tipo de fenômeno, requisitando características para a instrumentação aplicada à medição normalizada [11].

III. IEC 61850

A fim de representar as funções realizadas dentro das subestações, o padrão IEC 61850, inicialmente, define a setorização das funções dos equipamentos, com o intuito de facilitar a localização e identificação das funções e dos links de comunicação entre os dispositivos físicos e lógicos, e consequentemente, seus requerimentos. Desta forma, o processo dentro da subestação é dividido em três níveis: Nível de processo (*Process level*), nível de bay (*Bay level*) e o nível da estação (*Station level*), conforme a Fig 1.

No primeiro estágio, nível de processo, localizam-se as funções que atuam e possuem contato com o processo na subestação, podendo ser realizadas por equipamentos como o Transformador de Corrente (TC), o Transformador de Potencial (TP), os sensores inteligentes, etc. No segundo estágio, nível de bay, localizam-se as funções dos dispositivos que irão controlar, proteger e monitorar os equipamentos do bay. O nível da estação refere-se às estações computadorizadas que possuem a função de armazenar dados e gerar a interface com o cliente [8].



IEC 1375/03

Fig.1 – Níveis internos de uma subestação conforme IEC 61850 [8].

A. Requerimentos

O principal objetivo do protocolo é a interoperabilidade entre os equipamentos, determinando quais os requerimentos para decomposição das funções dos LNs e com que abstração lógica seja capaz de operar corretamente. Pelo fato de cada LN possuir requerimentos específicos para sua aplicação, a norma define dois principais blocos: Requerimento dos LNs e Requerimento de performance [8]. Os mesmos definem o que é necessário para abstrair uma função em um LN e quais as exigências para que ocorra uma troca de informação eficiente.

1) *Requerimentos dos LNs*: Inicialmente, o padrão define que é necessário identificar os detalhes das variáveis vinculadas à função para que a mesma seja alocada no respectivo LN. Para isso, é tabelado diversos grupos de LNs que englobam classes de aplicações nas subestações, listados pela Tab. II [8]. Dentro de cada grupo, pode-se identificar o LN referente à função desejada.

Indicador do Grupo	Grupos de nós lógicos
M	Medições
P	Funções de proteção
Q	Detecção relacionada a eventos de qualidade de energia
T	Instrumentos transformadores e sensores
X	Disjuntores

2) *Requerimentos de performance*: Para que ocorra uma troca de mensagens efetiva, define-se diferentes tipos de mensagem de forma a atender as aplicações das funções. Assim, as classes de desempenho das mensagens são divididas pelos tipos de aplicações, sendo separadas pelos seus respectivos requerimentos de tempo de transferência e a resolução de amostragem necessária.

Assim, considerando que a aplicação em questão é a medição da qualidade de energia, encontra-se a classe de performance apresentada pela Tab. III [8].

TABELA III. CLASSE DE PERFORMANCE PARA MEDIÇÃO DE QUALIDADE DE ENERGIA [8].

Classe de Performance	Valor	Resolução	Taxa de Amostragem [1/s]
MM1	Tensão	12	1500
	Corrente	14	1500
MM2	Tensão	14	4000
	Corrente	16	4000
MM3	Tensão	16	12000
	Corrente	18	12000

B. Modelo de informação

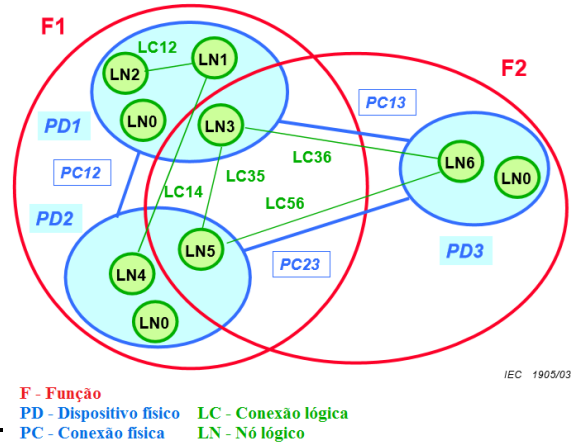
O modelo de informação do padrão IEC 61850 é definido em quatro tópicos:

- IEC 61850-7-1: Princípios e modelos:

- IEC 61850-7-2: Interface de serviço de comunicação abstrata (ACSI);
- IEC 61850-7-3: Classe de dados comuns;
- IEC 61850-7-4: Classe de nós lógicos compatíveis e classe de dados.

No primeiro módulo, é apresentada uma visão ampla de como as informações da subestação estão representadas através do modelo hierárquico dos LNs e como estes se comunicam, surgindo a definição de diversos conceitos como: serviços, atributos, LN e *Common Data Class* (CDC). Nos módulos seguintes, são catalogadas estas informações. Na IEC 61850-7-2 há a especificação dos serviços responsáveis por gerar as duas interfaces utilizadas, entre aplicação e dispositivo ou entre cliente e servidor. Já na IEC 61850-7-3, são especificados os CDCs e os *Common data attributes* que definem uma parte da camada do modelo de informação. A IEC 61850-7-4 categoriza os LNs e os dados que os definem.

A fundamentação do modelo de informações inicia-se através da decomposição de funções que é realizada pela metodologia dos LNs. As funções são divididas em pequenas partes que se comunicam e são identificadas através desses LNs, conforme ilustrado na Fig. 2 [5]. Como dito anteriormente, a estrutura de dados segue um modelo hierárquico em que a parametrização dos LNs é realizada, seguindo a graduação de classes de informações que formam uma árvore de parâmetros que se ramificam e determinam as funções e suas especificidades. Assim, o modelo básico das informações segue uma ordem definida.



1) *LNs*: A fim de determinar as variáveis tratadas pelo LN, é feita a análise da composição dos dados, possibilitando situar a aplicação do LN e também determinar a forma que a informação é tratada pelo mesmo. Concentrando no grupo de LN referente à detecção dos eventos de qualidade de energia, selecionou-se os LNs e os dados de medição que os estruturam, formando a Tab. IV.

Observa-se que dentro do grupo Q encontram-se os LNs de detecção de variação de frequência (QFVR), Transitório de Corrente (QITR), Desbalanceamento da corrente (QIUB), Transitório de tensão (QVTR), Desbalanceamento de tensão (QVUB) e Variação de tensão (QVVR).

TABELA IV. COMPOSIÇÃO DOS LNS DE QUALIDADE DE ENERGIA [8].

LN	Nome do Dado	CDC	Descrição
QFVR	HzVaTm	MV	Duração Var. Frequência
	HzVaMag	MV	Mag. Var. Frequência
QITR	ATrsTm	MV	Duração Transitório da Corrente
	MaxATrs	MV	Corrente máx. Transitório
QIUB	AVaTm	MV	Duração desbalanc. da Corrente
	MaxAVa	MV	Variação máx. desbalanc. Corrente
QVTR	VTrsTm	MV	Duração da variação da Tensão
	MaxVTrs	MV	Variação Máx. da Tensão
QVUB	VVaTm	MV	Duração desbalanc. da Tensão
	MaxVVa	MV	Variação máx. desbalanc. Tensão
QVVR	VVa	MV	Variação da Tensão do ultimo evento
	VVaTm	MV	Duração do Var. da Tensão do Último evento

A informação fornecida por cada LN é definida pela estrutura da CDC que os compõe. Assim, analisa-se as CDCs com o intuito de compreender a representação dos valores fornecidos por cada LN.

Assim, através da composição de atributos, definidos pela IEC 61850, é possível especificar um DATA (dado), que será vinculado ao nó lógico para representar uma função. Na IEC 61850-7-3, são definidos as CDCs que são agrupamento de dados que possuem a mesma funcionalidade, porém para parâmetros diferentes. A Tab V demonstra os atributos vinculados às CDCs usadas nos LNs referente a Qualidade de Energia.

TABELA V. COMPOSIÇÃO DOS CDCs DE QUALIDADE DE ENERGIA [8].

CDC	Atributo do dado	Tipo
MV	instMag	AnalogueValue
	mag	AnalogueValue
	range	ENUMERATED
	t	TimeStamp

Na classe de dados MV, são especificados os dados que irão retratar uma medição de valores de amplitude (não de vetores) de um equipamento qualquer, podendo ser usado para medições de potência, frequência, valores RMS, amplitude de tensão ou corrente, entre outros.

A composição da informação nesta classe baseia-se em três atributos: "*instMag*" que representa uma variável do tipo ponto flutuante relacionada à medição do equipamento, seguido do atributo "*range*" que determinará o alcance da medição apresentado pelo "*instMag*". O atributo "*mag*" fará a representação discreta do valor "*instMag*" a partir da *deadband* configurada pelo atributo "*dB*", conforme a Fig. 3, em garantia do sincronismo do tempo interno com o da fonte externa [8].

Os atributos de dados são padronizados pela IEC 61850-7-3 e estão definidos em Nome do Atributo e Tipo do Atributo. O Nome do Atributo singulariza os Tipos de Atributos, ou seja, é o direcionamento da informação para um determinado dado. O Tipo de Atributo representa a forma que o atributo está representando a informação que ele carrega, podendo ser uma variável de 8 bits, um arranjo de valores ou outros diversos tipos [8].

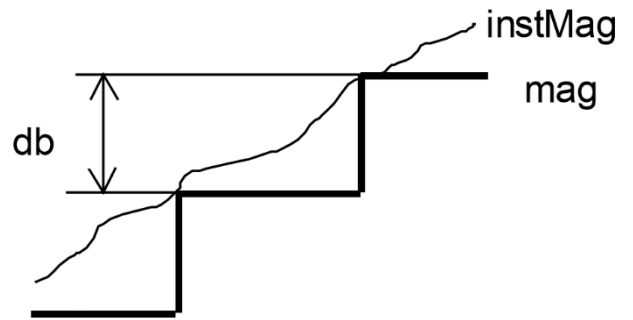


Fig.3 – Relação entre o atributo instMag e mag [8].

O tipo de atributo "*Analogue Value*" desempenha boa parte dos atributos usados na qualidade de energia, por conta de representarem os valores das medições (vetoriais e convencionais) realizadas por algum equipamento em campo. Sua aplicação varia em *floating point value* e *integer value*, em que, são a representação de medições através de uma variável de 32 Bits com limitação configurada pelo atributo *Range*, oferecendo 6 classificações: hhLim, hLim, lLim, llLim, min, max, as quais definem o alcance mínimo e máximo da medição [8].

Outro atributo indispensável para a medição é o *timeStamp*, que cria um marcador de tempo na medição, utilizado para realizar o sincronismo entre o tempo interno com a fonte de tempo externa (*Global Positioning System* - GPS) [8].

C. Modelos de Mensagens

Definido a estrutura da informação, o padrão determina o método para mapear os objetos de dados e seus serviços em uma arquitetura de comunicação.

Assim, são especificados 5 modelos de mensagens para atender os diversos tipos de aplicações apresentados pelo padrão IEC 61850 [IEC61850], conforme mostrado na Fig. 4 [12]. Observa-se que os modelos de mensagens possuem estruturas diferentes, por terem finalidades distintas. Pode-se citar como exemplo, a mensagem *Sampled Values* (SV), que é destinada ao monitoramento e é mapeada diretamente na camada de enlace, reduzindo o número de cabeçalhos de protocolos superiores, pois este tipo de mensagem requer tempo de transferência pequeno [13].

Assim, para transmitir em uma rede Ethernet, a IEC 61850-9-2 padroniza a estrutura de cada modelo de mensagem e suas limitações quanto ao atendimento das aplicações. No caso do modelo SV, a capacidade monitoramento é de 256 amostras de medições por ciclo, que serão enviadas em grupo de 8 amostras por pacote [14].

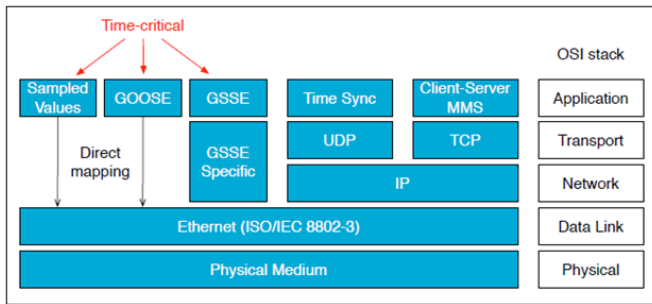


Fig.4 – Modelos de Mensagens definidas pela IEC 61850 [13].

IV. IEC 61850 E A QUALIDADE DE ENERGIA

A filosofia de funcionamento do padrão IEC 61850 é baseada em estrutura de dados transportados por um tipo de mensagem. O padrão deve ser capacitado para tratar dos fenômenos da qualidade de energia através da análise da capacidade de representação de distúrbios pela estrutura de dados e os modelos de mensagem devem atender aos requisitos de tempo dos fenômenos.

Assim, considerando os fenômenos descritos pela IEEE 1159, observa-se que os fenômenos são seccionados em baixa e alta frequência. Esta separação mostra-se relevante por conta dos distúrbios mais rápidos exigirem grande capacidade de processamento do IED, condicionando diretamente na seleção dos tipos de mensagens.

Observa-se que na comparação dos fenômenos estabelecidos pelas normas de qualidade com os nós lógicos vinculados a detecção de perturbações, são identificadas deficiências pontuais do modelo de informação, quanto a representação de algumas distorções de onda, principalmente nos distúrbios *Notching* e Ruído. Mesmo que os distúrbios pertençam a classe de distorção do formato de onda, o padrão de comunicação não oferece dados ou nós lógicos que parametrizem ambos os distúrbios. Ou seja, não é proporcionado um valor que quantifique diretamente as perturbações, dificultando a verificação qualitativa ou quantitativa do sinal.

Entretanto, a detecção do distúrbio *Notching* pode ser feita de maneira indireta através da análise de Harmônicos do sinal, por conta da perturbação introduzir frequências elevadas no sinal de tensão [15]. Da mesma forma, o distúrbio Ruído pode ser identificado, alternativamente, através do nó lógico MMXU que fornece os atributos de medições de corrente e tensão das fases e do neutro, permitindo assim, enxergar o sinal analógico e suas anomalias (com faixa temporal que permita ser enxergada pela frequência de amostragem). Entretanto, não é possível atribuir valores para o determinado elemento, dificultando na análise do distúrbio pois deixa de ser uma análise mensurável.

Já na análise sobre a capacidade de amostrar fenômenos de alta frequência, o padrão é limitado para o máximo de 256 amostras por ciclo, fornecido pelo tipo de mensagem SV, permitindo captar os distúrbios impulsivos da ordem de milissegundos e oscilatórios de baixa frequência.

V. CONCLUSÃO

O protocolo IEC 61850, por conta da sua flexibilidade na distribuição de funções através de modelos de nós lógicos, possui uma boa aderência às normas para monitoramento de qualidade aqui estudadas, mesmo quando ambas tratam de forma diferenciada do mesmo assunto. Embora o padrão de comunicação apresente certas limitações, quanto ao tempo de amostragem e a não definição de alguns parâmetros, ele pode ser utilizado para o monitoramento da qualidade de energia elétrica ao suportar grande parte dos fenômenos especificados pelas normas de Qualidade de Energia, IEEE 1159 e o módulo 8 do *Prodlist*.

Porém, assim como Cumming em [16], espera-se que novas versões do protocolo sejam definidas e que estas limitações possam ser resolvidas, obtendo-se um aprimoramento no tempo de amostragem e por consequente, da medição de parâmetros não existentes atualmente.

VI. TRABALHOS FUTUROS

De forma a validar o conceito teórico tratado, serão realizadas simulações de um sistema elétrico através da plataforma do *Real Time Digital Simulator* (RTDS), sendo analisados os fenômenos eletromagnéticos que são tratados pelo padrão de comunicação IEC 61850.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio parcial do INERGE, CNPq, CAPES, FAPEMIG e UNIFEI.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] X. Lu, Z. Lu, e W. Wang, "On Network Performance Evaluation toward the Smart Grid : A Case Study of DNP3 over TCP / IP", *2011 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern.*, p. 1–6, 2011.
- [2] P. B. Andersen et al., *Smart Grid Applications, Communications, and Security*. Wiley-VCH, 2012.
- [3] A. Aggarwal, S. Kunta, e P. K. Verma, "A proposed communications infrastructure for the smart grid", *Innov. Smart Grid Technol. Conf. ISGT 2010*, p. 1–5, 2010.
- [4] V. C. Gungor et al., "A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements", vol. 9, nº 1, p. 28–42, 2013.
- [5] Y. Yan, Y. Qian, H. Sharif, e D. Tipper, "A survey on smart grid communication infrastructures: Motivations, requirements and challenges", *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 15, nº 1, p. 5–20, 2013.
- [6] J. Ekanayake, N. Jenkins, K. Liyanage, J. Wu, e A. Yokoyama, *Smart grid: technology and applications*. John Wiley & Sons, 2012.
- [7] C. A. Villegas Guerrero, "Uso do RTDS em testes de esquemas de teleproteção aplicando o Padrão IEC 61850", p. 157, 2011.
- [8] IEC Standard, "IEC 61850-1: Introductions and overview.", 2004.
- [9] J. Arrillaga, N. R. Watson, e S. Chen, *Power system quality assessment*. Wiley, 2000.
- [10] IEEE, "IEEE 1159: IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", 2009.
- [11] Agência Nacional de Energia Elétrica, "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Revisão 4 do Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica, aprovado pela Resolução Normativa Nº 469, de 13 de dezembro de 2011", 2011.
- [12] J. W. Konka, C. M. Arthur, F. J. Garcia, e R. C. Atkinson,

- “Traffic generation of IEC 61850 sampled values”, *2011 IEEE 1st Int. Work. Smart Grid Model. Simulation, SGMS 2011*, p. 43–48, 2011.
- [13] D. M. E. Ingram, P. Schaub, R. R. Taylor, e D. A. Campbell, “Performance analysis of IEC 61850 sampled value process bus networks”, *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 9, n° 3, p. 1445–1454, 2013.
- [14] P. F. Baranov, S. V. Muravyov, A. O. Sulaymanov, e L. I. Khudonogova, “Software for Emulating the Sampled Values Transmission in Accordance with IEC 61850 Standard”, *Proc. 2nd Int. Symp. Comput. Commun. Control Autom.*, n° 3ca, p. 478–481, 2013.
- [15] J. Barros, M. Apraiz, e R. Diego, “Voltage notch detection and analysis using wavelets”, *Conf. Virtual Environ. Human-Computer Interfaces Meas. Syst.*, n° July, p. 14–16, 2008.
- [16] D. A. Cumming, “Power quality enhancements for IEC 61850”, in *14th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), 2010*, 2010, p. 1–3.