



# AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DISTRIBUÍDOS DE MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Ana Maria Ribeiro Franco <sup>1</sup>, Rosane Moreira Debatin <sup>1</sup>, Roberta Ruas do Nascimento <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Potência e Energia-Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, lapen@inmetro.gov.br

**Resumo:** A crescente complexidade dos novos equipamentos de rede elétrica, principalmente transmitida por meio de processos de software adicional, é uma questão importante e precisa ser rapidamente assimilada pelos controles metrológicos para evitar o aparecimento de problemas no caminho do smart grid. Este trabalho tem como objetivo apresentar os ensaios que foram realizados nos Sistemas Distribuídos de Medição de Energia Elétrica (SDMEE) executados no Laboratório de Potência e Energia (Lapen) do Inmetro. Bem como os resultados obtidos nos mesmos.

**Palavras chave:** SDMEE, medidores eletrônicos e ensaios elétricos.

## 1. INTRODUÇÃO

A medição de energia elétrica começou a mais de 100 anos com o medidor eletromecânico popularmente conhecido como “relógio”. Esse tipo de medidor dificulta a realização de tarefas diferentes do que a medição de energia elétrica tais como: tarifas diferenciadas, perfil de carga do consumidor, pré-pagamento, etc. O primeiro desenvolvimento, no início dos anos 80, foi uma versão híbrida de eletromecânico e eletrônico. Finalmente, a mudança de paradigma se completa com a adoção de equipamentos totalmente eletrônicos.

O circuito integrado incorporado à inteligência eletrônica foi fundamental para o desenvolvimento do conceito do SDMEE. Este conceito inovador foi reconhecido no Brasil e no exterior. Patentes de invenção foram concedidas no Brasil (1992), nos Estados Unidos e diversos países da Europa.

O conceito fundamental do SDMEE é a preservação da individualização da medição do consumo de energia associado à centralização das informações de consumo, permitindo o compartilhamento de partes comuns e propiciando significativa redução do espaço físico.

Além disso, o uso da eletrônica permite a incorporação de novas funcionalidades inexistentes na medição convencional: levantamento de curvas de carga, corte e reconexão de consumidores inadimplentes, automação da leitura, entre outras.

A realidade do Smart Grid deve transformar o sistema elétrico em uma moderna rede que permitirá às concessionárias de energia e aos consumidores mudar a

forma como disponibilizam e consomem energia. A parte mais visível dessa evolução, atualmente, está no uso, em larga escala, dos medidores eletrônicos de energia, que permitirão, em curto prazo, exercitar novas modalidades tarifárias e novos comportamentos de consumo. Telecomunicações, sensoriamento, sistemas de informação e computação, combinados com a infraestrutura já existente, passam a constituir cada vez mais um arsenal poderoso que pode fazer a diferença.

Nesse trabalho é apresentado um levantamento do comportamento dos SMDEE dos diversos fabricantes para os ensaios elétricos da Portaria nº 371 de 2007[1].

## 2. MOTIVAÇÃO

Alguns projetos para a utilização de um SDMEE foram implantados no Brasil com o propósito principal de combater o furto de energia elétrica em regiões com altos índices de perdas não-técnicas. No novo modelo do setor elétrico brasileiro, a atividade de distribuição de energia é regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a qual regula as tarifas que as empresas de distribuição cobram dos usuários finais. As empresas de distribuição identificaram que grande parte das fraudes acontecem por intervenção dos usuários no próprio medidor de energia, portanto, propuseram implantar um SDMEE para combater fraudes, colocando o ponto de medição externo à unidade residencial na altura da rede de média tensão.

O SDMEE é constituído por medidores eletrônicos de kWh agrupados em concentradores, os quais podem ser instalados diretamente na rede de distribuição de energia.

Estes equipamentos são denominados Concentradores Secundários e são gerenciados por outro equipamento, denominado Concentrador Principal. O sistema ainda é composto por terminais de leitura individuais, para instalação junto às unidades consumidoras, além do software de gerenciamento do sistema.

As principais funcionalidades do sistema de medição centralizada são:

- Medição do consumo de energia das Unidades Consumidoras (UCs) conectadas;
- Leitura, corte e religação das UCs através de comando local e remotamente;
- Combate às perdas não técnicas.

### 3. Os SMDEE

A figura 1 apresenta de forma resumida o funcionamento do SDMEE instalado no Brasil. Fig. 1.

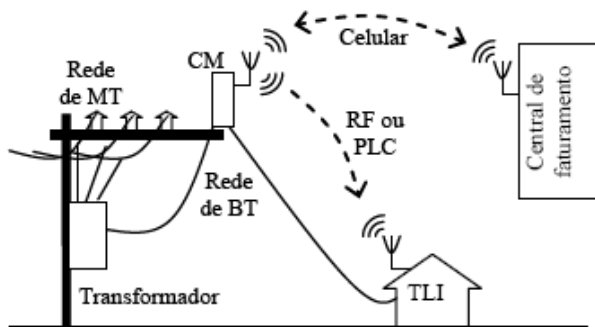


Fig 1 -Configuração do SDMEE instalado no Brasil

Nesta figura é mostrada a rede de média tensão – MT ( $1 \text{ kV} \leq V \leq 100 \text{ kV}$ ), alimentando um transformador que distribui a energia em baixa tensão – BT ( $V \leq 1 \text{ kV}$ ). Foi criado um novo padrão para a rede de BT no qual, cabos concêntricos compactos compartilham a mesma estrutura de suporte que a rede de MT. Um concentrador de medição – CM é instalado na estrutura de suporte a partir do qual saem os ramais de alimentação para os clientes da concessionária. O CM contém vários módulos de medição monofásicos, os quais podem ser agrupados para alimentar clientes polifásicos.

No imóvel do cliente é instalado um terminal de leitura individual – TLI onde é possível visualizar a indicação do respectivo módulo de medição. Dependendo do fabricante, a comunicação com o TLI pode ser através de radiofrequência – RF ou usando a própria linha de alimentação em BT como portadora (Tecnologia PLC – Power Line Carrier) [2], [3].

A comunicação com a central de faturamento ocorre de forma hierárquica devido ao grande volume de informação resultante das medições de todos os clientes que pertencem à concessionária. De forma resumida a estrutura hierárquica de comunicação implica a existência de concentradores de dados onde convergem as informações dos CM, para serem transmitidas à central de faturamento através de telefonia celular. Alguns fabricantes utilizam o concentrador de dados para encaminhar a informação da leitura tanto à central de faturamento (via celular) como ao TLI (via RF). Também é possível realizar o corte e re-conexão de clientes através de uma comunicação bidirecional entre o concentrador de dados e os CM. Maiores informações acerca das arquiteturas de comunicação dos SDMEE no Brasil podem ser encontradas em [4] e [5].

Os SMDEE inicialmente foram implantados no início dos anos 2000 e até este momento não havia regulamentação específica orientada para este tipo de medidores. A mudança dos medidores de energia elétrica convencionais pelo novo SDMEE teve grandes impactos nos usuários. Grandes falhas de software foram notadas o que levou a uma rápida correção nas novas versões dos firmwares dos medidores. Um segundo problema surgiu devido a existência de diferentes versões de software embutido nos medidores, com pouco controle, ou mesmo nenhum controle, sobre ele. Tal cenário destacou a necessidade de controlar de forma

inequívoca a versão do software que estava rodando em um dado medidor.

Entretanto, os problemas mencionados acima geraram uma grande insegurança e descontentamento nos consumidores atendidos por tais medidores. Esta situação foi agravada devido a dois problemas adicionais:

- Um grande número de faturas erradas causadas por erros de configuração simples, o que seria esperado, considerando a alta complexidade da configuração do SDMEE, especialmente para as equipes de técnicos qualificados para instalar medidores convencionais;

- A inexistência de dispositivos individuais para mostrar o registro de energia para o consumo. O consumidor não tem um monitor para controlar o consumo de energia, alimentando ainda mais a sua sensação de insegurança quanto à exatidão das medições.

Neste ponto, ficou muito claro que era absolutamente necessário ter a indicação individual dentro de cada residência do consumidor exibindo o consumo acumulado de energia.

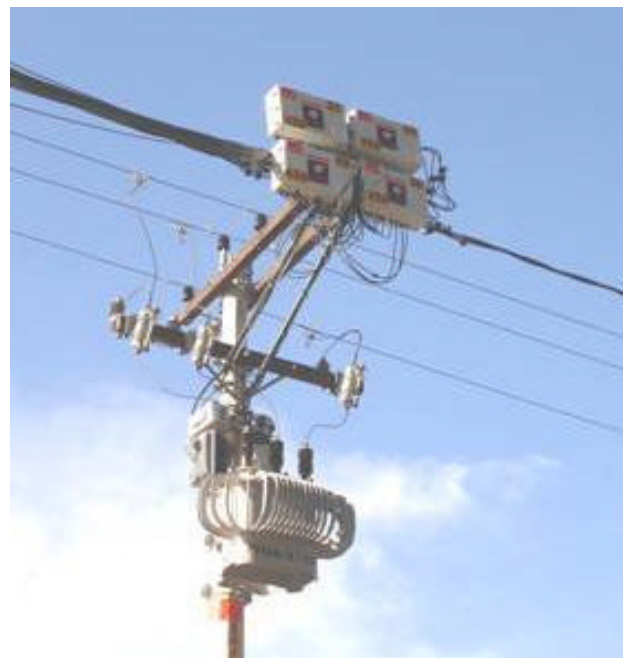


Fig.2 - SDMEE instalado em campo

Todos os problemas identificados nas implantações dos primeiros SDMEE mostrado na Figura 2 confirmaram a necessidade da criação de um regulamento específico para fazer face às peculiaridades do novo sistema de medição introduzida pelo SMDEE.

### 4. OS ENSAIOS

Por ser uma nova tecnologia, o SDMEE não tinha uma regulamentação técnica para aprovação de modelo no INMETRO no momento em que foi instalado.

A primeira versão do SDMEE instalado no Brasil carecia do dispositivo individual para mostrar o registro da energia consumida pelo cliente. Esta informação era registrada em um dispositivo concentrador que transmitia as informações de vários clientes para a central de faturamento da

concessionária. Essa situação dificultava a verificação do registro constante na fatura por parte do cliente, sendo quase impossível o monitoramento do próprio consumo. Além disso, o cliente não tinha como verificar se havia algum tipo de erro na conta encaminhada, como por exemplo, o registro do consumo de outro medidor.

Então o INMETRO definiu em 28 de setembro de 2007[1], por meio da Portaria nº 371, os requisitos técnicos e metrológicos mínimos a que devem satisfazer os SDMEE de conexão direta utilizados na medição de energia elétrica ativa, bem como estabeleceu as exigências para o controle metrológico legal aplicado a estes sistemas. Sendo realizados os seguintes ensaios:

- 1 - Ensaio de tensão aplicada
- 2 - Ensaio da corrente de partida
- 3 - Ensaio de marcha em vazio
- 4 - Influência da temperatura ambiente
- 5 - Influência da variação da corrente
- 6 - Influência da variação de tensão
- 7 - Influência da variação da frequência
- 8 - Influência da interrupção de uma ou duas fases
- 9 - Influência do auto-aquecimento
- 10 - Ensaio do dispositivo indicador e do registrador
- 11 - Ensaio do tempo de autonomia

Para o ensaio de tensão aplicada é utilizado um gerador de tensão automatizado mostrado na figura 3



Figura 3 – Gerador de tensão

Para os demais ensaios o Lapen possui dois sistemas automatizados de medição, um do fabricante ZERA com 5 posições (elo aberto e elo fechado) e outro do fabricante MTE com três posições (elo aberto e elo fechado) devidamente rastreado com padrão de classe de exatidão 0,02% conforme mostrado na Figura 4.

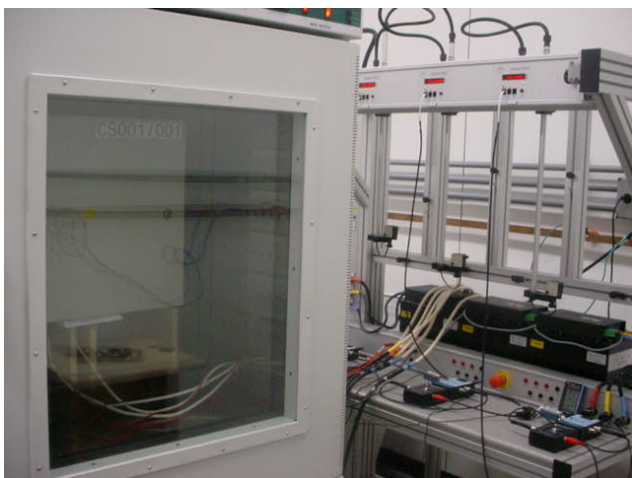


Figura 4 – Sistema de Medição Automatizado e Câmara Climática

Os ensaios no SMDEE são realizados nos sistemas completamente montado. Cada módulo de medição é ensaiado como um medidor monofásico, salvo quando o ensaio especificar ao contrário. Durante todo o processo de ensaio, o técnico executor avalia os dispositivos indicadores de energia, verificando a coerência dos valores de energia apresentados para cada Módulo de Medição e seu respectivo indicador.

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados (Rep=Reprovado e OK= Aprovado) dos comportamentos dos SMDEE de diversos fabricantes (FRAB 1, 2, 3, etc) com seus respectivos modelos (A, B, C, etc) desde a publicação da Portaria nº 371.

Os resultados aqui apresentados foram obtidos em ensaios conduzidos no Laboratório de Potência e Energia do Inmetro. No laboratório a temperatura é controlada em  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  e a umidade relativa do ar é inferior a 85 %.

ENSAIOS	FRAB					
	1					
	2008		2010	2011		
A 120/240 V	A 120/240 V	B 120 V	C 120 V	A 120/240 V	C 120/240 V	
1	Rep			Rep		
8			Rep			
	--	OK	--	--	OK	OK

Tabela 1 – Comportamento dos modelos de SDMEE

Como podemos notar na tabela 1 o Fabricante 1 em 2008 colocou o modelo A para aprovação no Inmetro e inicialmente ficou reprovado no ensaio de tensão aplicada retornando no mesmo ano e sendo aprovado em todos os ensaios da portaria nº 371. Já o modelo B do mesmo ano, ficou reprovado no ensaio de influência da interrupção de uma ou duas fases e não retornou para aprovação do modelo.

A partir de janeiro de 2009 todos os modelos de SDMEE também tiveram de ser submetidos à aprovação da Portaria nº 11 [4], que estabelece as condições mínimas para os softwares de SDMEE para uso em unidades consumidoras, portanto todos os sistemas aprovados em 2008 que sofreram modificações no seu modelo tiveram que retornar para completar os ensaios.

Alguns destes pontos já foram definidos através da regulamentação, onde foi determinado que o terminal de leitura individual deve fornecer a totalização do consumo, data e hora da última atualização, número do módulo cujo registro que está sendo visualizado e versão do firmware. Em [4] foi definida uma resolução máxima de 0,1 kWh e um tempo máximo para atualização do TLI de 1 minuto para cada 1 kWh medido de consumo, bem como outros requisitos de software para garantir a segurança das informações.

Como o modelo A do fabricante 1 sofreu alterações devido a portaria nº 11 retornou e foram realizados todos os ensaios da portaria nº 371 e o mesmo foi aprovado. O mesmo fabricante ainda submeteu para aprovação o modelo C sendo na primeira tentativa reprovado no ensaio de tensão aplicada e depois retornando e sendo aprovado em todos os ensaios.

O fabricante 5 como pode ser visto na Tabela 2 também submeteu o modelo H para realizar os ensaios mas este modelo ficou reprovado em tensão aplicada e não retornou mais.

Já o fabricante 6 da tabela 2 que submeteu o modelo I, foi aprovado em todos os ensaios, mas teve problema com a portaria n° 11 e ainda não retornou para nova aprovação.

ENSAIOS	FRAB 2		FRAB 3	FRAB 4		FRAB 5	FRAB 6
	2010		2011	2010	2011	2008	2008
	D 120 V 240 V	E 240 V	F 120 V 240 V	G 120 V	G 120 V	H 120 V	I 120 V 240 V
1						Rep	
5			Rep	Rep			
9					Rep		
	OK	OK	--	--	--	--	OK

Tabela 2 – Comportamento dos modelos de SDMEE

O fabricante 2 submeteu ao Inmetro os modelos de SDMEE D e E sendo realizado todos os ensaios e o mesmo foi aprovado.

O modelo F do fabricante 3 ficou reprovado no ensaio de influência da variação de corrente e não retornou. E finalmente o fabricante 4 já submeteu o modelo G duas vezes, na primeira vez ficou reprovado no ensaio influência da variação de corrente e na segunda vez no ensaio influência do alto aquecimento.

Uma consideração relevante deste sistema é a separação física do terminal de leitura individual do dispositivo de medição, tentando reduzir as fraudes do consumidor, no entanto esse aspecto aumenta a complexidade do sistema. É importante lembrar que este sistema permite configuração remota, ou seja, permite ligar e desligar o consumidor com componentes adicionais montados em seu interior como, por exemplo, relés e esta portaria não prevê ensaios elétrico para operações com relé de carga.

#### 4. CONCLUSÃO

A medição de energia vem sofrendo uma mudança tecnológica com a introdução dos SDMEE. Estes já são amplamente usados nos consumidores onde a medição de outros parâmetros além da energia ativa é necessária. Neste caso a flexibilidade inerente dos sistemas digitais de medição é imbatível, proporcionando:

As concessionárias:

-Redução de erros na medição, inibindo irregularidades, permitindo leitura remota rápida e precisa e incluindo totalização da energia por transformador de distribuição;

-Possibilidade de levantamento automático da curva de carga dos consumidores/sistema de distribuição;

-Corte e religamentos remotos, que possibilita um melhor controle da inadimplência;

-Possibilidade de oferecer novos serviços como pré-pagamento, tarifas diferenciadas;

-Melhor produtividade operacional (maior número de consumidores atendidos pela mesma equipe).

Aos consumidores:

-Eliminação dos erros de leitura;

-Redução dos tempos de religamento para os casos em que tenha ocorrido desligamento por inadimplência;

-Melhor conhecimento do seu perfil de consumo, como por exemplo, a informação de seu consumo diário;

-Possibilidade de conta com a opção de pré-pagamento;

-Maior segurança, uma vez que não há necessidade de permitir o acesso de pessoas a sua residência para realizar a leitura do consumo de energia.

O SDMEE instalado no Brasil foi descrito de maneira resumida, mostrando a importância dos ensaios realizados pela portaria n° 371 e da necessidade da adição de novos ensaios a serem realizados para se conhecer um pouco melhor o comportamento dessa nova tecnologia. Os órgãos competentes devem se preparar para superar as dificuldades regulatórias através da adequação da legislação em vigor considerando a configuração das novas tecnologias.

A realidade do Smart Grid deve transformar o sistema elétrico em uma moderna rede que permitirá às concessionárias de energia e aos consumidores mudar a forma como disponibilizam e consomem energia. A parte mais visível dessa evolução, atualmente, está no uso, em larga escala, dos medidores eletrônicos de energia, que permitirão, em curto prazo, exercitar novas modalidades tarifárias e novos comportamentos de consumo. Telecomunicações, sensoriamento, sistemas de informação e computação, combinados com a infraestrutura já existente, passam a constituir cada vez mais um arsenal poderoso que pode fazer a diferença.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, *Portaria n° 371* de 28 de setembro de 2007.
- [2] J.W. Hohn, J.A. Zipp, E.A. Baumgartner, R.O. Burnett, P.R. Drum, D.R. Hemming, J.D. Huddleston, J.W. III Ingleson, J.R. Latham, B.D. Nelson, R.W. Ohnesorge, A.H. Pattman, E.T. Sage, E.A. Udren. "Power line carrier practices and experiences" IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, No. 2, p.p. 639 – 646 abril 1995.
- [3] W.D. Jones, "Amped Up and Ready to Go", IEEE Spectrum Magazine, vol. 41, No. 9, p.p. 14-18, setembro 2004.
- [4] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, *Portaria n° 11* de 13 de janeiro de 2009.
- [5] L. F. R. C. Carmo, E. L. Madruga, R. C. S. Machado, "Aspectos de Segurança da Informação em Redes de Medidores de Energia Elétrica", VIII International Seminar on Electrical Metrology, João Pessoa – Brasil, junho 17 – 19, 2009.