



# Infraestrutura de Medição Avançada (AMI) na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) – Interoperabilidade com Medidores na Rede Wi-SUN

**Tema:** Sistemas de Medição

**Autores:** Flávio Henrique Martins Vieira

**Co-Autores:** Natalie Costa Araujo; Darlan Junior Gonçalves; Sant'Clair Silvio de Oliveira

**Empresa:** Cemig Distribuição S.A

---

## Resumo

Neste trabalho são apresentados o desenvolvimento e a implantação de solução de Infraestrutura Avançada de Medição (AMI) na Região Metropolitana de Belo Horizonte na Cemig Distribuição. Ao total foram instalados cerca de 400 mil medidores inteligentes com benefícios de redução de custos com leitura, redução de inadimplência, redução das perdas não técnicas, melhoria do relacionamento com os clientes e fornecimento de dados para suporte à operação do sistema elétrico de potência. Neste trabalho é descrito o desenvolvimento inovador de interoperabilidade com integração de medidores inteligentes de diferentes *vendors* na rede FAN (*Field Area Network*) em operação propiciando redução de custos na aquisição dos medidores em 60%, tornando-se um marco para o cenário nacional.

## 1. Introdução

A partir dos anos dois mil, como forma de proteção e blindagem da receita, as *utilities* brasileiras de energia passaram a adotar a solução de telefonia celular de operadoras públicas para telemetria dos seus clientes do Grupo A. Alinhada ao mercado e como parte de suas iniciativas, em 2012 a Cemig Distribuição - Cemig D inaugurou o Centro Integrado de Medição para gestão da Proteção da Receita contemplando em sua primeira fase 12.000 clientes telemedidos. Em 2021 a Cemig tinha em torno de 40 mil pontos instalados que blindavam aproximadamente 42% da receita.

Com a evolução tecnológica e, como parte do seu *roadmap* de automação da medição considerando infraestrutura privativa de telecomunicações, a Cemig definiu pela Implantação da Infraestrutura de Medição Avançada – AMI em unidades consumidoras do Grupo B.

Até o ano de 2024 foram instalados em torno de 400 mil medidores inteligentes na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) com implantação de infraestrutura privativa em rede Wi-SUN com topologia RF Mesh. O projeto está resultando em benefícios de redução de custos com leitura, redução de inadimplência, redução das perdas não técnicas, melhoria do relacionamento com os clientes e fornecimento de dados para suporte à operação do sistema elétrico de potência.

O projeto envolve oito cidades da RMBH. Em função do tamanho da área, o estudo de cobertura precisou ser dividido em dezenove subáreas devido a densidade e complexidade envolvida.

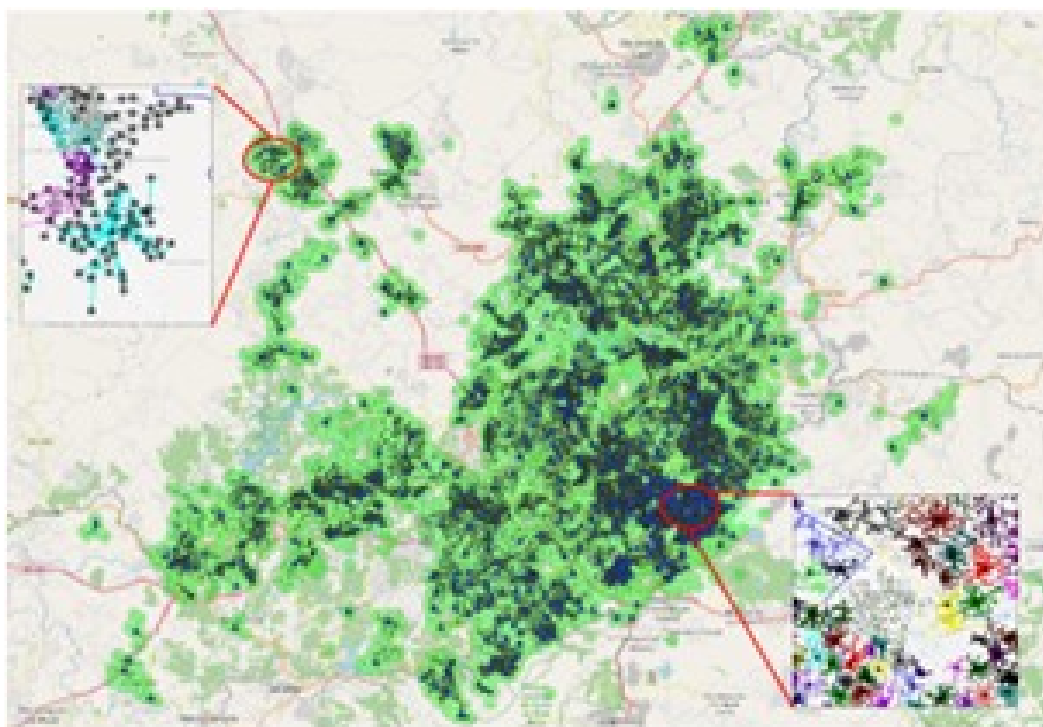


Figura 1 – Pontos de Medição e área de cobertura

No projeto foram implantadas novas tecnologias e padrões com foco em interoperabilidade, escalabilidade e segurança conforme figura que segue

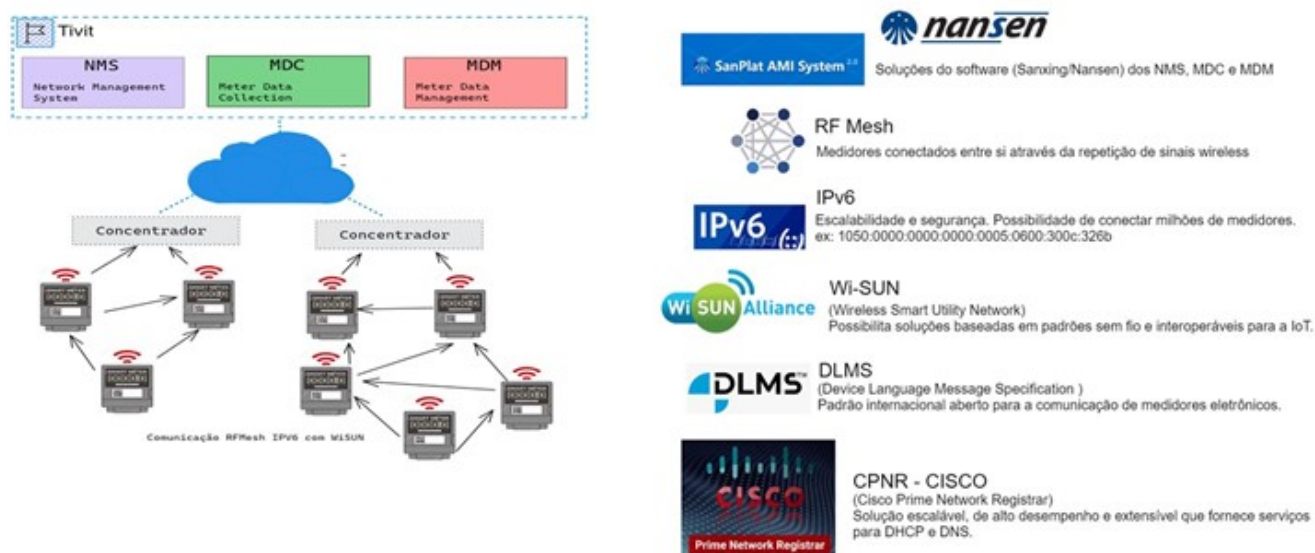


Figura 2 – Arquitetura e Padrões AMI

Os medidores inteligentes possuem *Network Interface Card* -NICs acoplados com conexão a rede Wi-SUN e trabalham com protocolo DLMS. Foi implantada rede privativa padrão Wi-SUN com a instalação até o ano de 2024 de 758 gateways de concentração e 88 extensores/repetidores de rede. Na figura que segue é apresentada situação real de implantação com rede Mesh formada com os medidores de campo.



Figura 3 – Concentradores instalados em campo

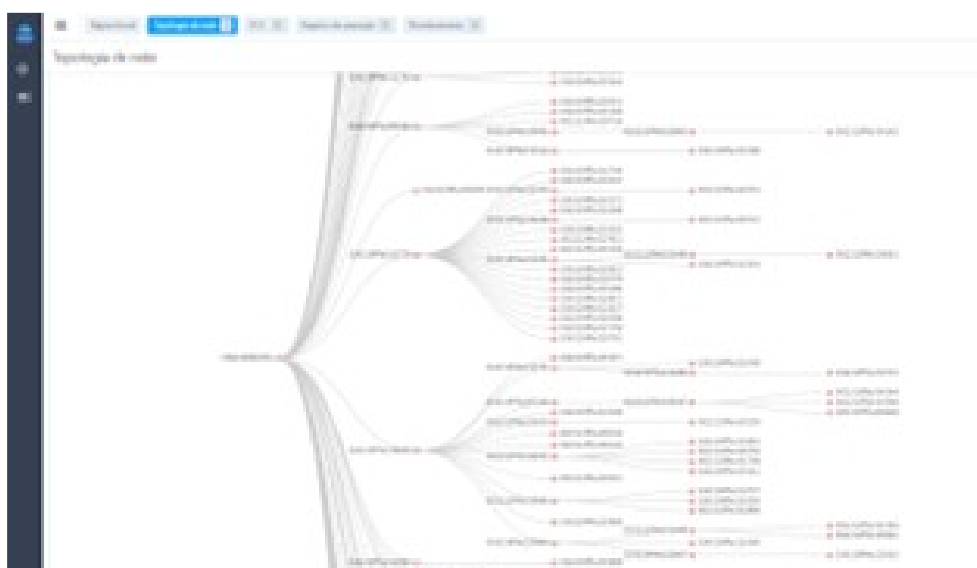


Figura 4 – Rede Mesh formada com medidores em campo

Foram necessários investimentos em infraestrutura interna com adoção de práticas em *cyber security* com implantação de uma estrutura de *headend* contando com *Simple Certificate Enrollment Protocol* - SCEP; *Dynamic Host Configuration Protocol*-DHCP, *Public Key Infrastructure* -PKI e alteração da toda a rede interna para IPV6 de forma a permitir segurança, a comunicação bidirecional de dados entre os medidores e concentradores da rede FAN até os sistemas computacionais de gerenciamento. Todos os elementos de

rede FAN incluindo medidores possuem certificado digital controlado por estrutura de PKI tornando-se um projeto diferenciado comparado a outras implantações no Brasil.

Para a solução foram necessários a instalação de novos sistemas de gerenciamento para o a solução AMI:

- *Network Management System-NMS*: que gerencia a comunicação da rede dos medidores, gateways e extensores de redes da solução;
- *Meter Data Collector-MDC*: responsável pelo controle da coleta de dados e parametrização dos medidores, e;
- *Meter Data Management-MDM*: responsável pela operação comercial e integração com os sistemas legados.

A plataforma do AMI implantada possui coleta de leitura de faturamento e o processo de conexão/de-sconexão de medidores realizado de forma automática e totalmente integrada ao sistema SAP/CCS. São disponibilizados para os clientes dados de consumo para os canais de atendimento. As atividades de gestão da disponibilidade da rede de telecomunicações, da telemetria, acompanhamento do faturamento e inadimplência, suporte às operações de corte e religamento remotos são acompanhadas no Centro Integrado de Medição-CIM.

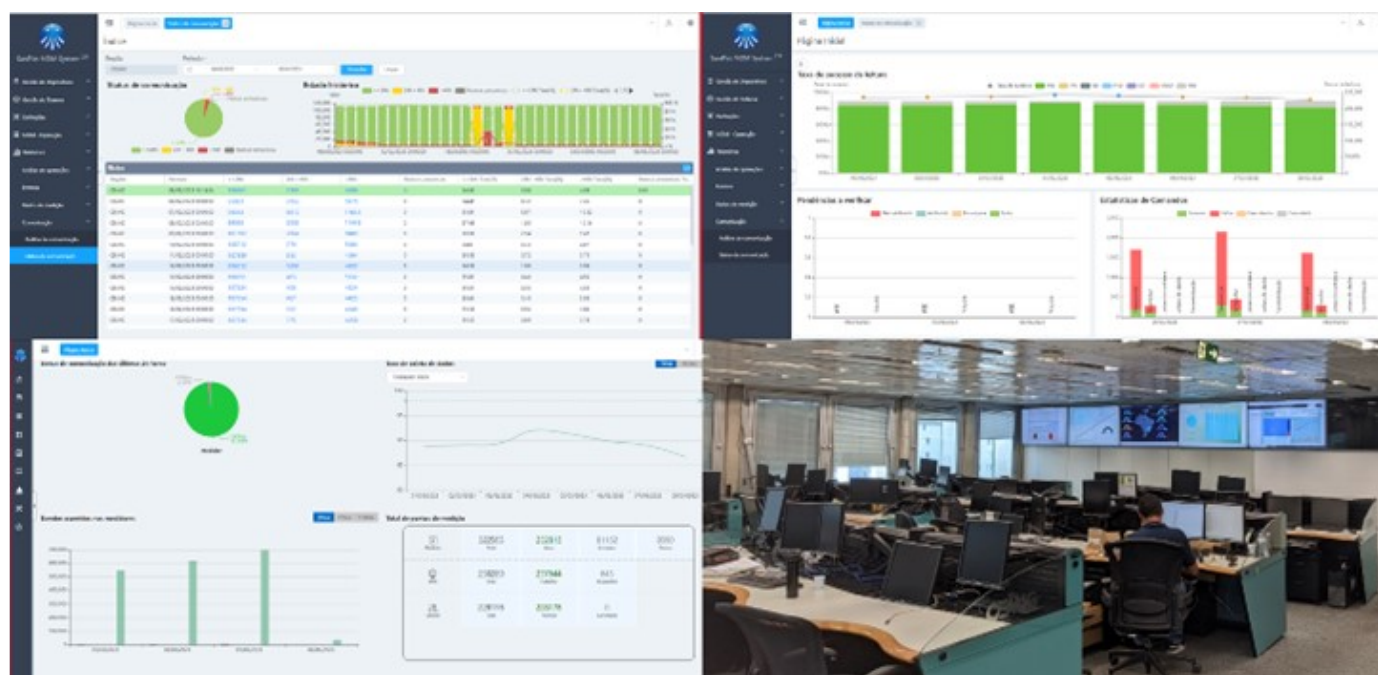


Figura 5 – Centro Integrado de Medição e telas do sistema de gestão

A Cemig possui plano de investimento visando ampliação totalizando 1,5 milhões de medidores inteligentes até 2027. Considerando o fato, torna-se primordial a ampliação dos fornecedores principalmente de medidores para a expansão prevista.

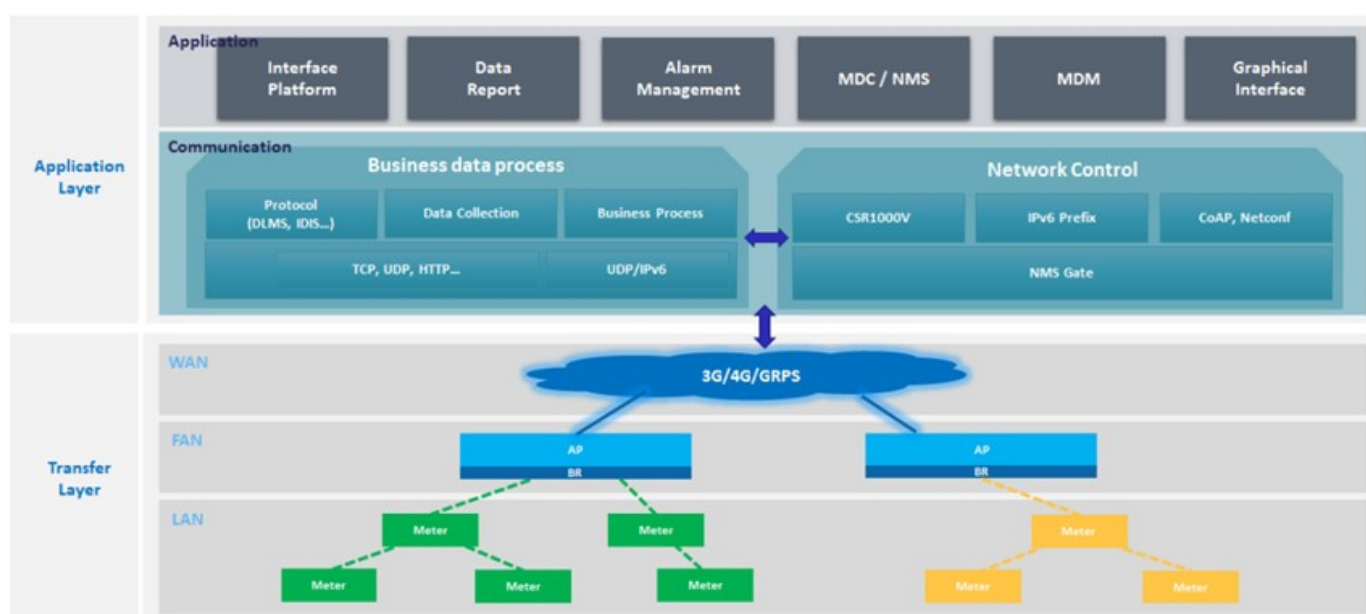
## 2. Desenvolvimento

As soluções AMI utilizam infraestrutura de rede FAN (*Field Area Network*) proprietárias com protocolos e padrões muitas vezes abertos, mas na prática ocorre um “casamento” com o fornecedor da solução implantada.

A implementação de rede Mesh de um fornecedor específico obriga muitas vezes a distribuidora adquirir medidores do mesmo fornecedor da solução. Esse fato limita a concorrência, a redução de preço e novas expansões principalmente para a Cemig que possui planejamento para implantação de centena de milhares de medidores inteligentes nos próximos anos.

A rede Mesh implantada integra a comunicação entre concentradores/gateways, repetidores e NICs dos medidores através de padrões IEEE 802.15.4 e rede Wi-SUN 1.0 - *Profile for FAN* (Wi-SUN Alliance).

A rede FAN estabelece conectividade confiável e eficiente de dispositivos. A rede FAN opera na camada de rede e usa rede em malha (mesh network) permitindo que os dispositivos se comuniquem diretamente uns com os outros, formando uma rede robusta e auto-organizada. A rede possibilita garantir alta confiabilidade, segurança e escalabilidade. Além disso, o FAN implementa mecanismos de segurança robustos para proteger a integridade dos dados transmitidos e a privacidade das informações.



\*AP = Gateway

Figura 6 – Arquitetura do AMI

A rede AMI é baseada nos padrões utilizados pelo mercado. O diagrama a seguir ilustram a pilha de protocolos implementada e os padrões associados.



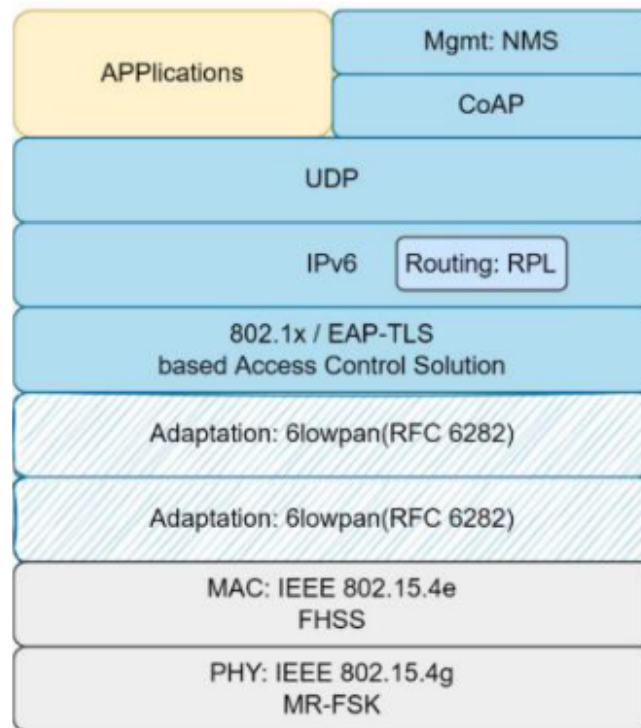


Figura 7 – Pilha de protocolos

- Camada física (PHY) baseada no padrão IEEE 802.15.4g, que utiliza modulação OFDM para comunicação em faixas de frequência licenciadas ou não licenciadas;
- Camada de enlace de dados (MAC) baseada no padrão IEEE 802.15.4e, que suporta várias topologias de rede, incluindo redes estrela, malha e híbridas. Suporta mecanismos de segurança para proteger a rede contra-ataques cibernéticos;
- Camada de rede com suporte ao protocolo IPv6 para permitir a integração com outros dispositivos e redes IPv6. Suporta os principais serviços de rede, como roteamento de pacotes, descoberta de vizinhos e gerenciamento de endereços;
- Gerenciamento de dispositivos com suporte ao conjunto de recursos para identificação de dispositivos, provisionamento de chaves de segurança, gerenciamento de firmware e gerenciamento de energia.

Considerado o padrão adotado na solução da Cemig foi concebido a criação de documentação para interoperabilidade com critérios para conexão e testes dos NICs de terceiros com rede FAN em operação. Foi incluído inclusive critérios para autenticação de chave de segurança à PKI da Cemig.

A proposta para interoperabilidade considera que os medidores de diferentes fabricantes com seus respectivos NICs se conectem com outros medidores ou com o gateway atualmente em uso na rede FAN. Uma vez estabelecida a conexão e autenticação de segurança na rede existente são estabelecidos links para tráfego da aplicação transmitindo dados de medição, comandos e eventos para o seu respectivo *Meter Data Collector* - MDC. A figura que segue demonstra representação da interoperabilidade na rede AMI.

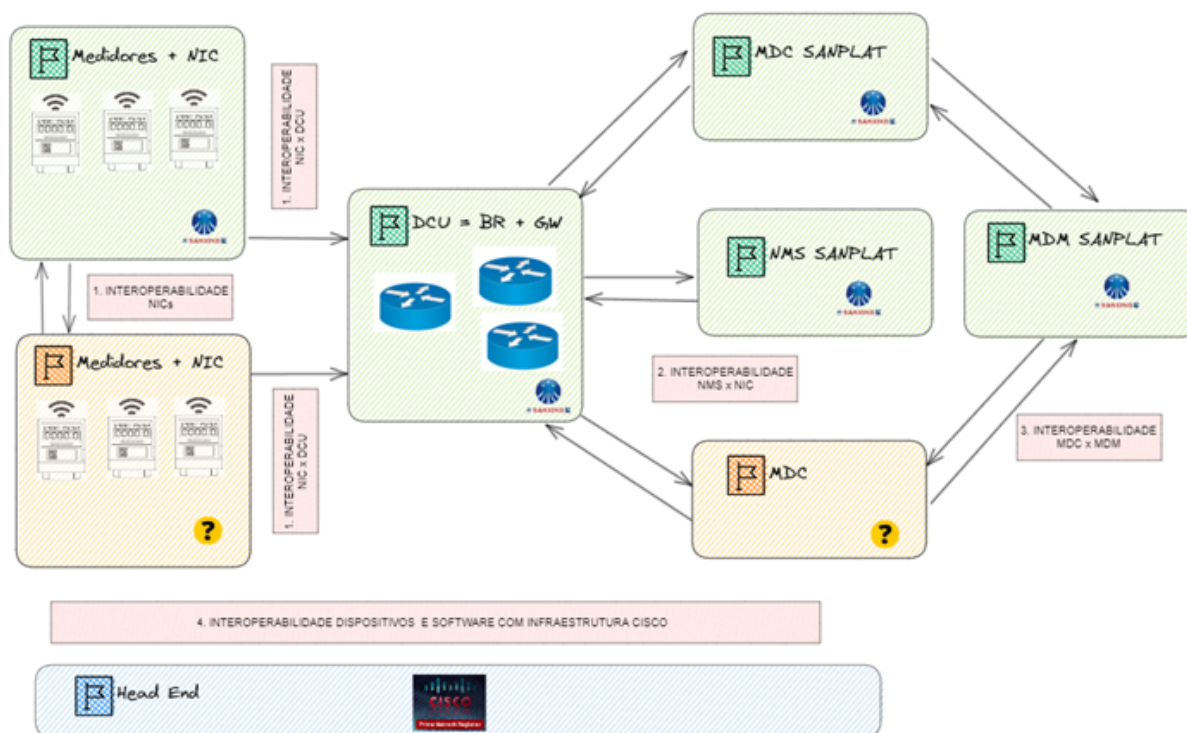


Figura 8 - Representação da interoperabilidade entre fornecedores – Rede AMI

- **Medidores + NIC:** O conjunto medidores + NIC devem manter a integração com medidores + NIC de outros fabricantes e mantem a interoperabilidade com gateway em operação na rede AMI atual;
- **A DCU (Border Router + Gateway):** A unidade concentradora de dados utilizada atualmente na rede AMI possibilita a integração com medidores inteligentes e MDC de fabricantes;
- **Network Management Software - NMS:** sistema atual que realiza o gerenciamento e controle da rede;
- **MDC:** O novo fornecedor deverá garantir a integração entre o seu MDC o MDM e a DCU em uso atualmente;
- **Dispositivos + software e Headend:** Todos os dispositivos e softwares devem possuir integração com o *Headend* que possui infraestrutura Cisco Prime Network Registrar (CPNR).

Considerando a documentação elaborada com disponibilização de SDK pelo fornecedor atual da solução, foi possível realizar ações que resultaram a integração de fabricante terceiro de medidor a rede implantada Wi-SUN na Cemig. Trata-se do primeiro caso em interoperabilidade com integração na rede Wi-SUN de conhecimento no Brasil. Na figura que segue a tela do sistema de gestão da rede NMS demonstra NIC de terceiro autenticado e disponível na rede.

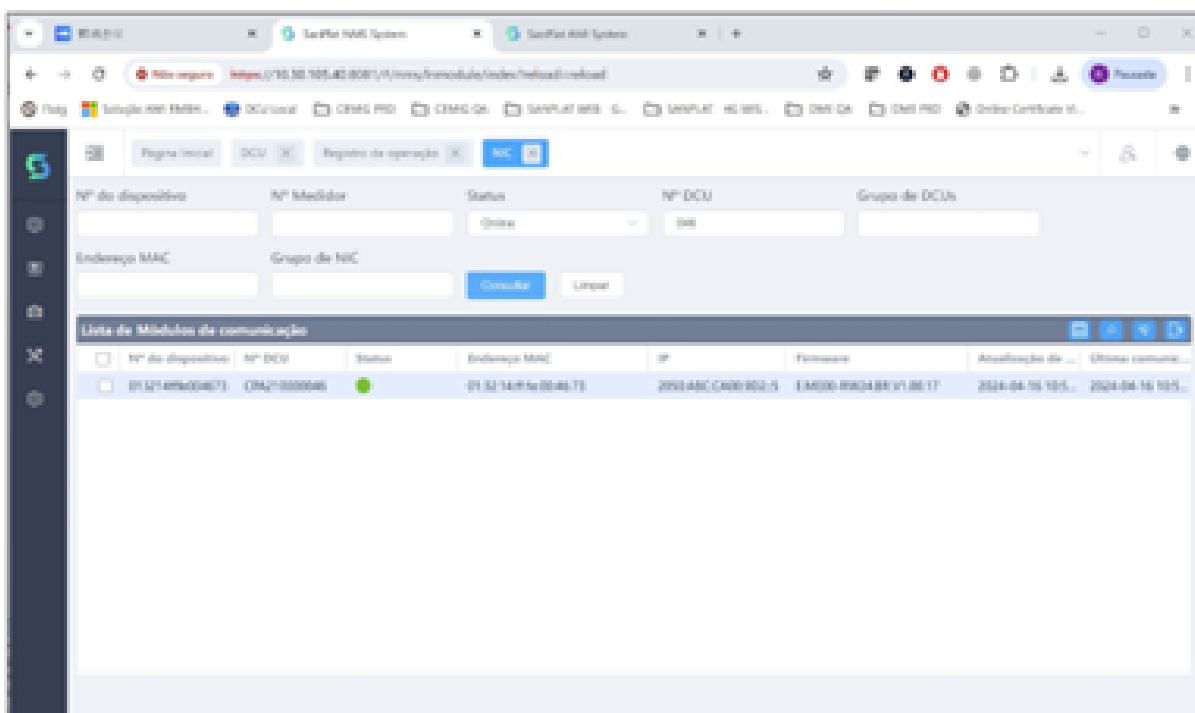


Figura 9 – sistema NMS com medidor de terceiro conectado

As ações com iniciativa de interoperabilidade na Cemig permitem ampliar a participação de fornecedores reduzindo o custo do medidor inteligente. A Cemig *tem realizado desde 2021 a contratação de mais de 1 milhão de medidores inteligentes*. O gráfico que segue demonstra os valores médios unitários dos medidores inteligentes monofásicos, bifásicos e trifásicos das últimas contratações da Cemig. Verifica-se que ações de interoperabilidade permitiram redução no custo médio de aquisição de medidores quando comparados a primeira aquisição, onde houve inicialmente redução em 10% e na ultima aquisição de set/24 com redução de 60% de forma mais representativa, destacando-se o custo médio unitário obtido de R\$146,36. Esse valor trata-se de um marco no cenário nacional

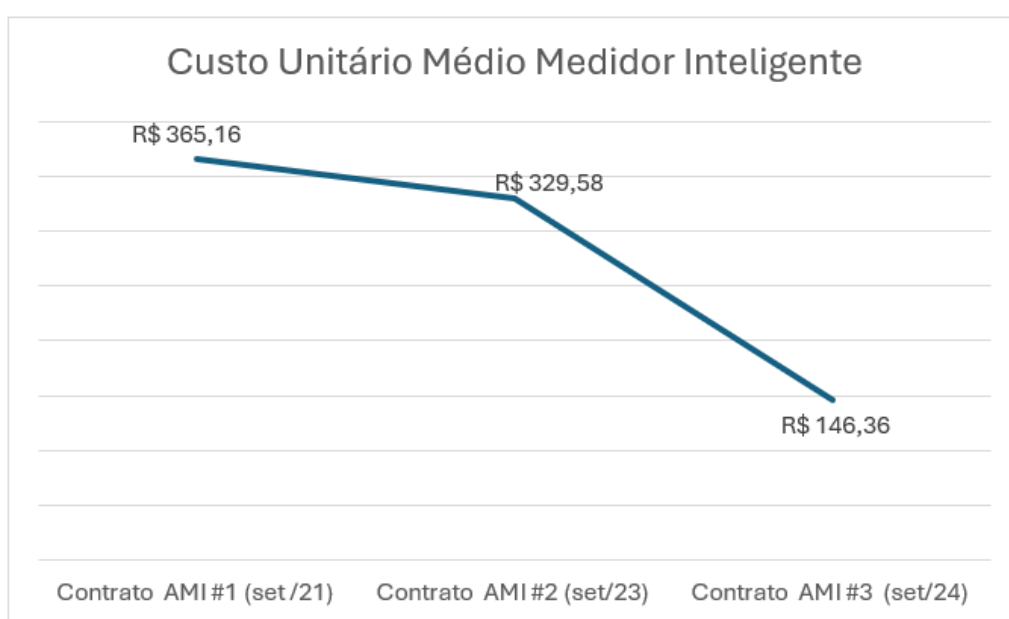


Figura 10 – Evolução de custo de aquisição de medidores inteligentes na Cemig



*Considerando o atual custo médio unitário do medidor eletrônico convencional de R\$ 87,14 na Cemig, tem-se como consequência uma redução significativa da diferença na comparação do custo do medidor convencional x medidor inteligente, de 419% (aquisição set/21) para 168% (última aquisição set/24). A diferença do custo do medidor inteligente em relação ao convencional reduz o impacto na tarifa no cenário atual, alavancando sua instalação de forma mais massiva, agregando mais automação aos clientes e aos processos da distribuidora.*

### **3. Conclusão**

A implantação de medição inteligente no Brasil finalmente tem expandido nas distribuidoras do Brasil, sendo que particularmente a Cemig Distribuição possui plano de investimento que projeta 1,5 milhões de medidores inteligentes até 2027.

As soluções AMI que utilizam rede Mesh de um fornecedor específico obriga muitas vezes a distribuidora adquirir medidores do mesmo fornecedor da solução. No entanto foi desenvolvido trabalho para integração de fabricante de medidor terceiro na rede Wi-SUN em operação na Cemig com sucesso.

Trata-se do primeiro caso de inovação de interoperabilidade com integração em rede Wi-SUN de dois *vendors* no Brasil. As ações de interoperabilidade permitem ampliação do fornecimento e no caso da Cemig na última aquisição houve redução de 60% no custo médio do medidor inteligente.

A iniciativa de interoperabilidade possibilitou *custo médio unitário de R\$146,36 na aquisição dos medidores inteligentes. Esse valor obtido trata-se de um marco no cenário nacional que propicia ampliação da massificação de medidores inteligentes permitindo agregarem mais funcionalidades para os clientes e eficiência para os processos da distribuidora.*

### **4. Referências bibliográficas**

Guimaraes, D. S.. Redes Elétricas Inteligentes no Brasil - Análise de Custos e Benefícios de um Plano Nacional de Implantação. 1. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2013. v. 1. 260p.

Guimaraes, D. S.; KOROWAJCZUK, L. . Lessons from Overseas: How a Brazilian Utility Developed Future Planning for Automation. 2019. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

Guimaraes, D. S.... PROJETO MERIT - MODERNIZAÇÃO, EXPANSÃO E REGULARIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES. 2019. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

Hossain, E.; Han Z.; Poor, H. V. - Smart Grid Communications and networking. Cambridge University Press; Illustrated edition . 510p.