

# Intercambialidade em Subestações IEC 61850: Aplicação na subestação Fonte Nova

**Tema:** Subestações de Distribuição

**Autores:** Mateus Silva Ventura Esteves

**Co-Autores:** Camilo Nunes de Oliveira Neto, Antonio Francisco, Matheus Pereira Gomes

**Empresa:** Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - Neoenergia Coelba

---

## Resumo

Este artigo mostra o trabalho de implantação do conceito da intercambialidade definido na norma IEC 61850 numa subestação em operação na Neoenergia Coelba. A intercambialidade é a capacidade de substituir um IED de um fabricante por outro de outro fabricante sem fazer nenhuma alteração no resto de sistema, mantendo todas as funcionalidades anterior a substituição. Em 2024, a intercambialidade foi aplicada na subestação Fonte Nova da Neoenergia Coelba onde um IED de alimentador parou de funcionar. Essa subestação foi originalmente concebida com IEDs da ABB e a intercambialidade foi feita por um IED da SEL.

## 1. Introdução

No século XXI, a energia elétrica tornou-se essencial na sociedade, alimentando eletrônicos, iluminação, refrigeração, aquecimento, produção industrial e transporte. Qualquer interrupção de energia, causa grandes transtornos a sociedade, aumentando as exigências sobre as concessionárias de energia elétrica para evitar falhas [2].

Para atender essa demanda, os fabricantes de equipamentos aprimoraram seus produtos, como relés de proteção, medidores, TCs e TPs, visando aumentar a confiabilidade dos sistemas existentes e automatizar manobras realizadas pelos controladores. Isso criou uma necessidade crescente de comunicação entre dispositivos, levando à criação de protocolos proprietários, o que inicialmente atendia plenamente os clientes, com o tempo gerou insatisfação entre os clientes que utilizam diferentes fabricantes de equipamentos, pois eles não implementavam os mesmos protocolos.

Para resolver esse problema de diversos protocolos proprietários que não comunicam entre si, a IEC desenvolveu uma norma de comunicação em subestações baseada em protocolos abertos para que todos os fabricantes possam implementar e interoperar [4]. Na distribuidora Neoenergia Coelba, a subestação Fonte Nova, baseada na norma IEC 61850, apresentou uma falha em um IED do fabricante ABB em um dos alimentadores de distribuição. Para sanar a falha, a equipe de engenharia optou por aplicar a intercambialidade com um IED (*Intelligent Electronic Devices*) de outro fabricante em vez de realizar apenas a interoperabilidade. Este artigo tem o objetivo de mostra o processo de desenvolvimento, destacando os ganhos, desafios e oportunidades ao realizar esse trabalho.

## 2. Desenvolvimento

### 2.1. Contextualização

A norma IEC 61850 surgiu para os IEDs (relés de proteção, medidores, TCs e TPs ópticos etc.) se comunicarem de forma transparente, permitindo a troca segura de informações de comunicação de uma subestação independente do fabricante. Para isso a norma é baseada em protocolos de comunicações abertos.

A norma IEC 61850 apresenta dois conceitos fundamentais, a interoperabilidade e a intercambialidade [1]. A interoperabilidade é a capacidade de IEDs de fabricantes distintos se comunicarem, para isso acontecer é necessário configurar cada um em sua plataforma de software e depois integrá-los [3]. Já a intercambialidade, é a capacidade de substituir um dispositivo de um fabricante A por outro de fabricante B sem a necessidade de fazer alterações nas configurações de comunicação nos outros elementos do sistema, portanto, o IED do fabricante B deve comunicar da mesma forma que o IED do fabricante A, com os mesmos modelos de dados [3].

A norma IEC 61850 cumpriu seu papel sobre a interoperabilidade com a utilização de protocolos abertos para realizar a comunicação entre diferentes fabricantes, porém, em uma situação de substituição entre fabricantes, uma intercambialidade, isso não é tão simples, pois não há uma padronização de todos os modelos de dados e funções, dessa forma, cada fabricante é livre para implementar da maneira que achar melhor, incluindo modelos e funções genéricas. Assim, todo o projeto de comunicação envolvendo esse bay deverá ser modificado.

Apesar de ser mais comum fazer apenas a interoperabilidade alterando todas as plataformas e reconfigurando todos os IEDs do sistema para fazer a substituição, a complexidade para manipular as plataformas de softwares dos fabricantes ABB e SEL (*Schweitzer Engineering Laboratories*) e o tempo que seria necessário para reconfigurar toda a comunicação entre os IEDs, fez com que a equipe de engenharia da Neoenergia Coelba fizesse um projeto piloto de intercambialidade na Subestação Fonte Nova. O que não é uma prática comum na indústria, pois neste caso, tivemos que fazer com que um relé da SEL se comportasse na rede como um relé ABB, e neste artigo iremos mostrar os desafios e ganhos desta opção na SE Fonte Nova.

Em 2017, foi iniciada a implantação da customização dos sinais MMS na Neoenergia Coelba. Esse trabalho teve o objetivo de não utilizar nomes genéricos, como os *Logical Nodes* GGIOs, para os sinais monitorados pelo SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Toda a modelagem de dados do IED passou a ter correspondência com os padrões utilizados na Neoenergia e as estruturas não genéricas definidas pela norma IEC 61850.

Para alcançar a customização MMS, foi necessário fazer manipulação no arquivo “CID” dos IEDs, criando estruturas que tivessem correspondência com as funções definidas pela norma e com os nomes padronizados na Neoenergia Coelba. Dessa forma, um sinal monitorado por uma entrada digital, por exemplo, o alarme de baixa pressão de gás do disjuntor, não teria o caminho genérico “...GGIO.ind02.stVal”, ficando “...SIMG.InsAlm.stVal”, como previsto em norma para esse monitoramento específico. Para sinais não pre-

vistos em norma, criamos novas estruturas como o sinal "...SCBR.ALDC1.stVal", que representa o alarme de defeito do circuito de abertura 1 do disjuntor.

Ao longo do processo de desenvolvimento, surgiu o questionamento sobre a possibilidade de modificar a estrutura da comunicação para o padrão da Neoenergia e, assim, fazer com que um IED clonasse a estrutura de comunicação padrão de um IED de outro fabricante e assumisse o seu lugar na comunicação com os outros IEDs da subestação. Essa pergunta foi feita pela equipe de engenharia em 2018, que iniciou aos estudos sobre intercambialidade.

Inicialmente os testes apenas com as comunicações GOOSE. Foi implementada uma rede com dois IEDs em bancada, os quais atuavam como publicadores e assinantes de GOOSE. O teste consistia em remover um dos relés e substituir por um de outro fabricante, sem fazer nenhuma modificação no IED que permaneceu na bancada. O resultado foi satisfatório e proporcionou a equipe de engenharia mais conhecimentos sobre intercambialidade, tornando-a apta para promover soluções que necessitassem dessa funcionalidade.

No ano de 2024, um da subestação Fonte Nova, construída integralmente com base na filosofia IEC 61850, apresentou defeito e a principal dificuldade foi a falta de reserva técnica para substituir o equipamento. Nesse cenário, a equipe de engenharia optou por aplicar a intercambialidade usando um IED de outro fabricante, de modo a eximir a necessidade de fazer alterações nas configurações dos outros equipamentos do sistema. Porém, dessa vez o novo desafio consistia em configurar a comunicação com os sistemas supervisórios via protocolo MMS.

## **2.2. Subestação Fonte Nova**

Na distribuidora Neoenergia Coelba, a subestação Fonte Nova que foi ativada em 2014 no modelo *Turn Key*, feito pela ABB. Ela foi a primeira subestação baseada na norma IEC 61850 na distribuidora e com esse modelo de contrato. No modelo *Turn Key*, o fabricante é quem desenvolve todas as etapas do projeto de acordo com as determinações do contratante.

Com o avanço das especificações técnicas do grupo Neoenergia, os IEDs da ABB não atendiam mais as especificações necessárias, fazendo com que o fabricante não atendesse os critérios para homologação. Diante desse cenário, a subestação Fonte Nova é única subestação que do grupo com IEDs da ABB instalados. Como essa subestação foi construída em 2014, já não estavam mais disponíveis reservas técnicas de IEDs da ABB para substituição imediata. Outro principal agravante é que, devido a existência de poucos exemplares no grupo, o domínio das equipes de campo sobre a plataforma de IEDs da ABB para realizar intervenções com maior nível técnico tornou-se mais limitado.

Assim, após o defeito no equipamento da subestação Fonte Nova, que afetou a proteção e controle desse *bay* responsável por atender 5.543 clientes, a equipe de engenharia da Neoenergia Coelba optou por implementar a intercambialidade e substituir por um IED da SEL, que é mais acessível no que diz respeito a reserva técnica.

## **2.3. Aplicação da Intercambialidade**

Basicamente, para fazer a intercambialidade na subestação Fonte Nova, foi necessário transformar um IED SEL no IED ABB que apresentou falha. Para isso foi preciso fazer diversas manipulações no modelo de dados do IED SEL, disponível no arquivo "CID", para que o resto do sistema enxergasse ele como o IED ABB, tirando a necessidade de fazer alterações no resto do sistema.

Os modelos de dados manipulados foram o *Physical Device* (PD), *Logical Device* (LD), *Logical Node* (LN) e *Data Object* (DO).

2.3.1. GOOSE

Para comunicação GOOSE, é importante a que o GOOSE Control Block (GCB) seja igual ao do IED da ABB. Para isso foram executadas alterações nos modelos de dados diretamente no arquivo CID do IED da SEL para adequar os caminhos da referência da estrutura (GoCBRef) e do dataset (DstAddress). As demais estruturas do GCB foram alteradas via a interface gráfica do software da SEL.

Na Figura 1, tem-se a estrutura do CGB definido pela norma, com destaque no GoCBRef e DstAddress.

Table 42 – GOOSE control block class definition			
GoCB class			
Attribute name	Attribute type	r/w	Value/value range/explanation
GoCBName	ObjectName		Instance name of an instance of GoCB
GoCBRef	ObjectReference		Path-name of an instance of GoCB
GoEna	BOOLEAN	r/w	Enabled (TRUE)   disabled (FALSE)
GoID	VISIBLE STRING129	r/w	Attribute that allows a user to assign an identification for the GOOSE message
DatSet	ObjectReference	r/w	
ConfRev	INT32U	r	
NdsCom	BOOLEAN	r	
DstAddress	PHYCOMADDR	r	
Services			
SendGOOSEMessage			
GetGoReference			
GetGOOSEElementNumber			
GetGoCBValues			
SetGoCBValues			

Figura 1 - Campos do GoCBRef e DstAddress no GOOSE Control Block.

A Figura 2 destaca os modelos de dados do PD, LD e LN que devem ser manipulados para adequar o IED SEL para o padrão ABB.

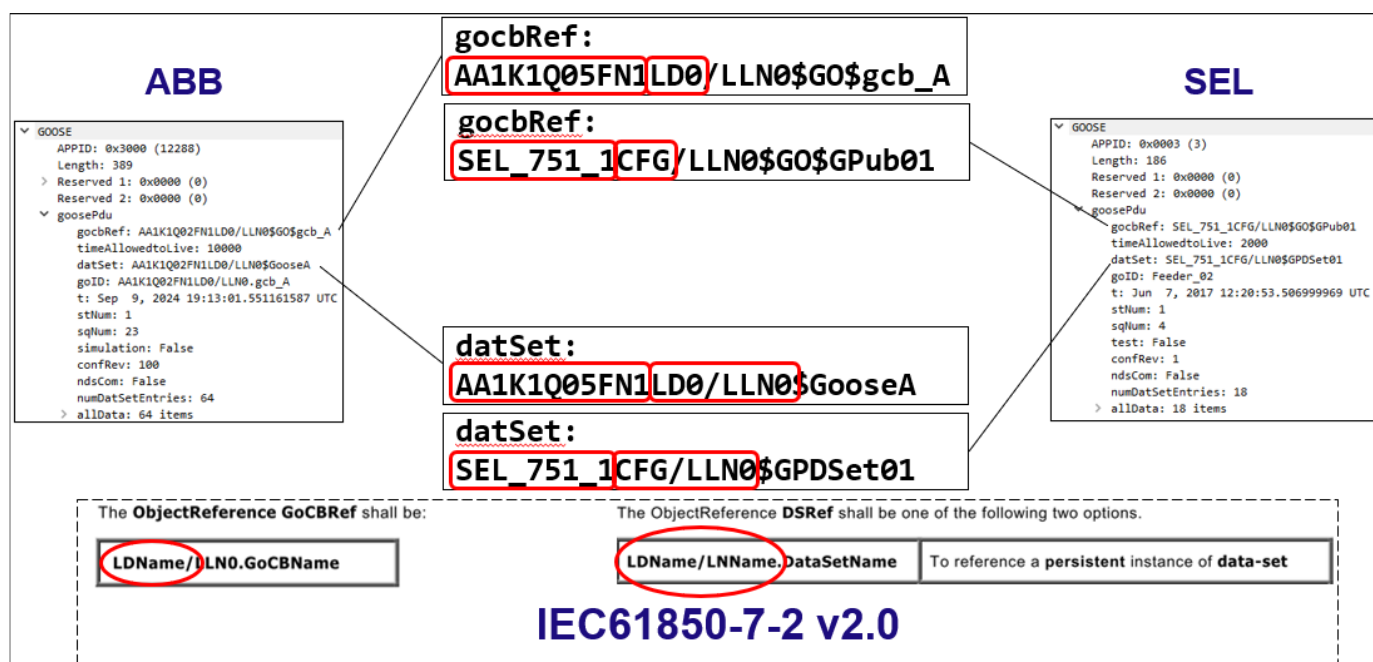


Figura 2 - Diferenças entre os padrões do GCB e DstAddress da ABB e SEL.

A Figura 3 é possível observar a captura de comunicação pelo software Wireshark do GCB da ABB e da SEL já adaptado. Podemos ver que mesmo sendo IEDs diferentes, os caminhos do GoCRef e DstAddress são iguais.

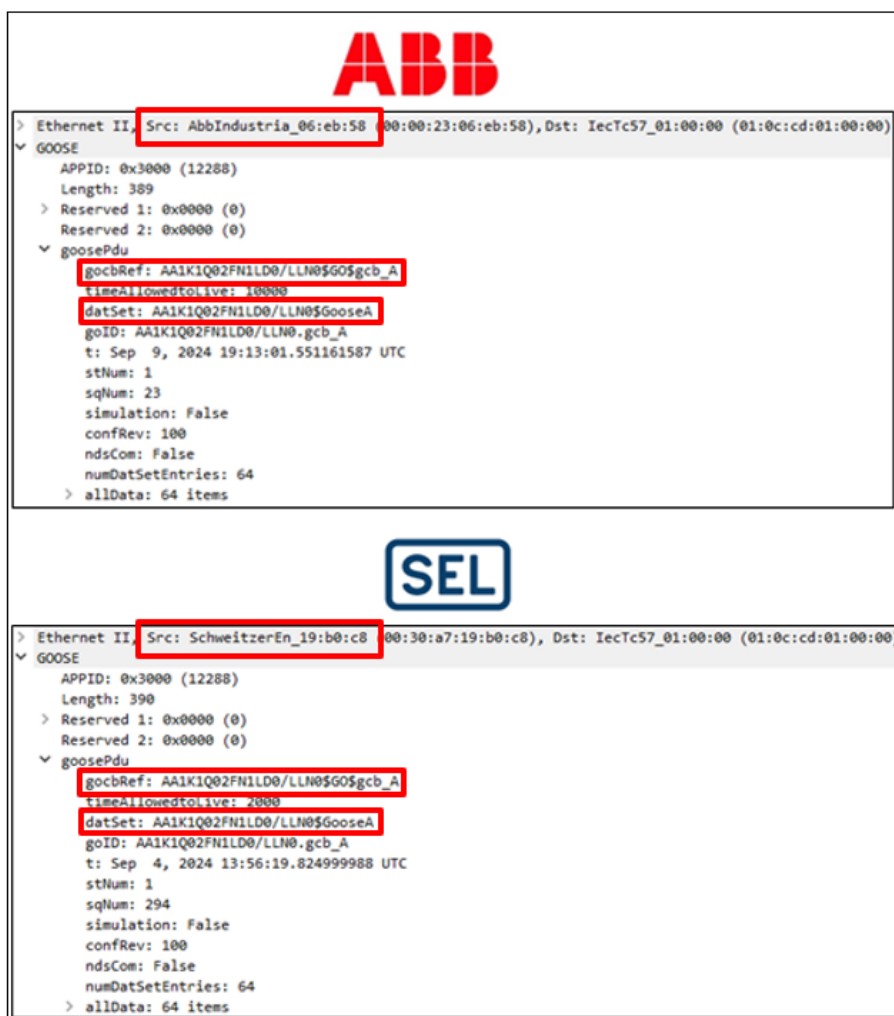


Figura 3 - Acima: Modelo de dados original (ABB). Abaixo: IED SEL com o modelo de dados da ABB para comunicação GOOSE.

Após adequar o GCB, bastou colocar os sinais a serem publicados no dataset, na mesma ordem feita originalmente no dataset do IED ABB. Não é necessário adequar a modelagem dos sinais colocados no dataset, apenas a ordem deles é importante.

### 2.3.2. MMS

Já para a comunicação MMS, ao contrário de como foi feito no GOOSE, os modelos de dados de todos os sinais trocados devem ser iguais. A Figura 4 mostra os sinais esperados pelo SCADA via MMS no IED SEL com a mesma estrutura de como é enviado pelo IED ABB.

Além do modelo de dados dos sinais serem iguais, o caminho colocado no dataset devem ser idênticos. Por exemplo, se originalmente, no IED ABB, o caminho de um sinal colocado no dataset foi “LD0.CMMXU1.A.\*”, no IED da SEL ele deve ser igual, se colocar, por exemplo, “LD0.CMMXU1.A.phsA.\*” a comunicação não funciona.

Para a comunicação MMS com o SCADA SAGE, o nome do dataset não interfere na comunicação, assim como a ordem dos sinais colocados neles, inclusive, é possível separar os sinais em mais datasets, ou mesmo juntá-los num único. No estabelecimento da comunicação o SAGE negocia como os Reports serão recebidos.

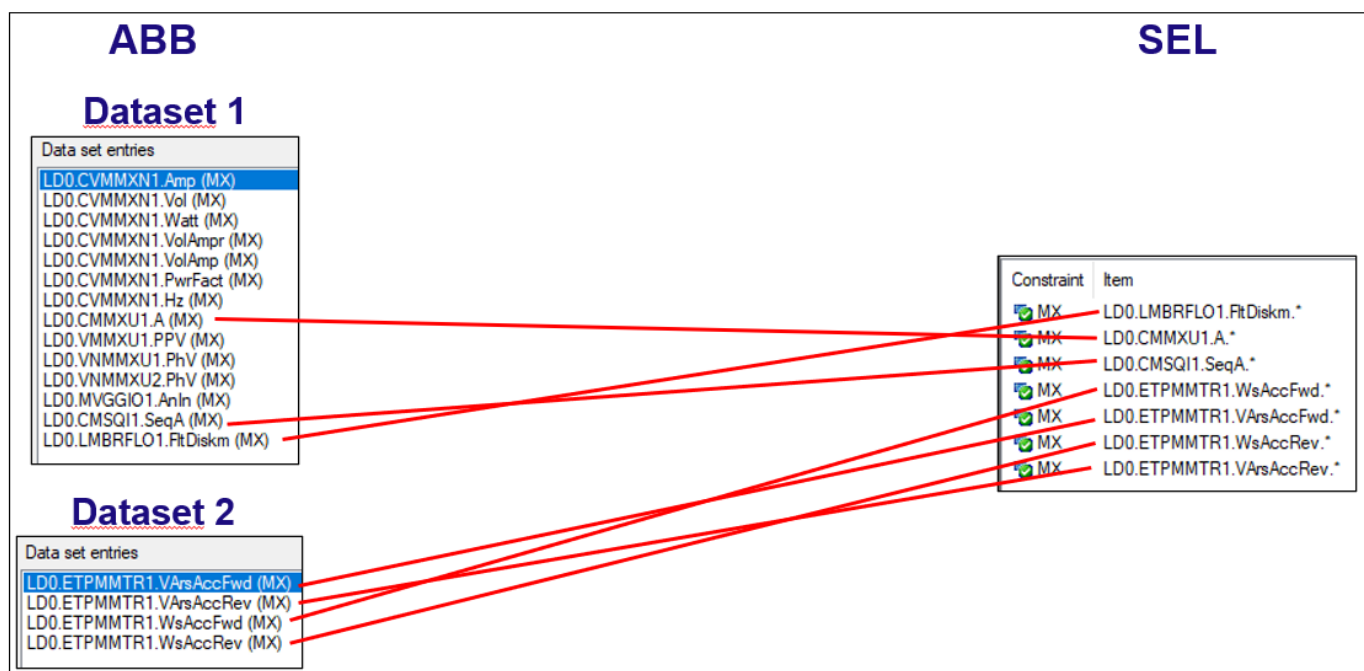


Figura 4 - Exemplos dos sinais da comunicação MMS no IED ABB e no IED SEL já adaptado.

## 2.4. Trabalhos de campo

### 2.4.1. Adaptação das fiações

Em campo foi necessário adaptar as fiações que chegavam no IED da ABB para o IED da SEL. Para isso desenvolveu-se uma tabela de “DE-PARA” para auxiliar a equipe de manutenção na hora da substituição, mostrada na Figura 5.



DE			PARA	
ABB - REC 670			SEL-751	
Cartão	Tipo	Referência ABB	Referência SEL	DESCRIPTIVO
BIM_3	Entrada	BI1	IN101	DJ FECHADO
BIM_3	Entrada	BI2	IN302	DCA1
BIM_3	Entrada	BI3	IN303	DCF
BIM_3	Entrada	BI4	IN301	MOLA
BIM_3	Entrada	BI5	IN404	PORTA ABERTA
BIM_3	Entrada	BI6	IN401	FHRE 11F5
BIM_3	Entrada	BI7	IN503	F. TENSÃO SECC
BIM_3	Entrada	BI8	-	-
BIM_3	Entrada	BI9	IN304	DCA2
BIM_3	Entrada	BI10	-	-
BIM_3	Entrada	BI11	-	-
BIM_3	Entrada	BI12	-	-
BIM_3	Entrada	BI13	-	-
BIM_3	Entrada	BI14	IN504	DEF. CIRC. CC
BIM_3	Entrada	BI15	IN403	BSF6/RSF6
BIM_3	Entrada	BI16	IN402	ASF6
BIM_4	Entrada	BI1	IN501	SEC Q1 FECHADA
BIM_4	Entrada	BI2	-	SEC Q1 ABERTA
BIM_4	Entrada	BI3	IN502	SEC Q5T FECHADA

*Figura 5 - Tabela de DE-PARA para adequação da fiação.*

#### 2.4.2. Adaptação do painel

Além das fiações, o painel também teve que ser modificado, pois os IEDs têm dimensões diferentes. Foi necessário confeccionar uma chapa em alumínio para que o IED da SEL fosse instalado no painel no espaço originalmente destinado para o IED da ABB, mostrado na Figura 6.



*Figura 6 - Detalhes da adaptação do IED SEL no espaço originalmente destinado para o IED ABB.*

#### **2.4.3. Comissionamento**

Por fim, foi realizado o comissionamento completo do bay, acompanhando os alarmes pelo sistema supervisório da Neoenergia Coelba e as comunicações através de softwares de monitoramento de rede. Após garantir que todas as funcionalidades previstas, baseadas na norma IEC 61850, e funcionamento físico do cubículo, estavam operando corretamente, o bay foi entregue para o Centro de Operações.

A Figura 7 mostra a tela do SAGE antes e depois do comissionamento já entregue para operação.

**ANTES**

**DEPOIS**

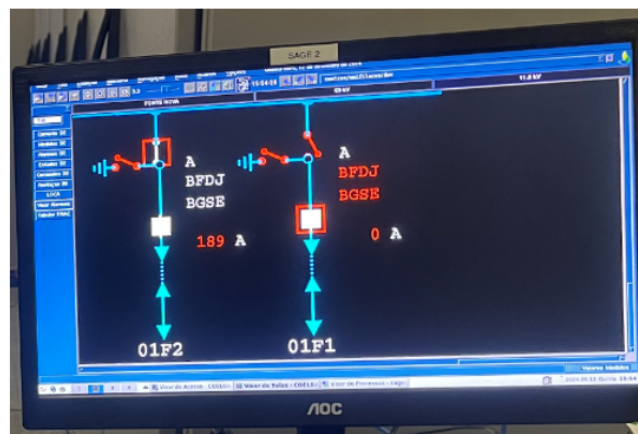


Figura 7 – Esquerda: Tela do SAGE com o IED ABB sem comunicar (antes da intercambialidade). Direita: Tela do SAGE com o IED SEL comunicando (depois da intercambialidade).

A Figura 8 mostra a tela do SAGE após o Centro de Operações devolver a carga ao alimentador.

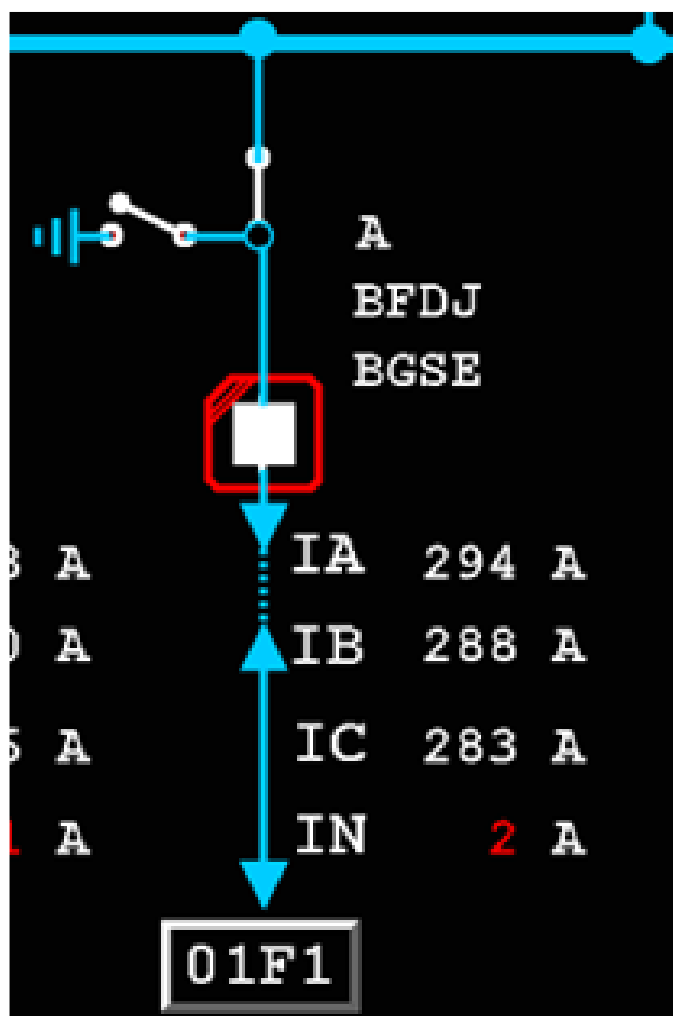


Figura 8 - Tela do SAGE indicando carga no IED SEL, após a intercambialidade.

## 2.5. Resultados e Benefícios

O IED foi substituído por um modelo de outro fabricante, numa subestação baseada na norma IEC 61850, mantendo todas as funcionalidades, sem fazer nenhuma alteração nos outros elementos do sistema.

A realização desse trabalho nos trouxe mais liberdade com fabricantes já não mais homologados e/ou sem contrato de reserva técnica, em subestações IEC 61850. Para a situação ocorrida na subestação Fonte Nova, é possível ver os ganhos ao aplicar a intercambialidade na Figura 9. Mesmo sendo um projeto piloto e sem padronização, o bay foi posto em operação em, aproximadamente, 30 dias.

<b>Cenários</b> <b>Ganhos</b>	<b>Mesmo fabricante</b> <b>(IED ABB)</b>	<b>Sem intercambialidade</b> <b>(IED SEL)</b>	<b>Com intercambialidade</b> <b>(IED SEL)</b>
Reserva técnica	Sem reserva técnica.	IED disponível.	IED disponível.
Investimento financeiro	Compra do IED. ~R\$50k	Sem necessidade.	Sem necessidade.
Tempo de resolução	Alto Tempo de compra + tempo de entrega.	Médio Desenvolvimento em todas as plataformas. (SEL, ABB e SAGE).	Curto Desenvolvimento em apenas uma plataforma. (SEL).
Mínima alteração no sistema	Adequação a versão antiga do firmware.	Alteração em <u>todo</u> o projeto. (SEL, ABB e SAGE).	Alteração <u>apenas</u> no IED substituto. (SEL).
Adaptações Físicas	Sem necessidade.	Necessário fazer adaptação.	Necessário fazer adaptação.
Reserva técnica reduzida	Necessário contrato com ABB.	Independente da ABB. Reserva reduzida.	Independente da ABB. Reserva reduzida.
Indisponibilidade do bay	6 meses. Sem previsão de contrato para compra.	4 meses. Necessário refazer <u>todo o projeto</u> IEC 61850 da ABB.	30 dias. Projeto Piloto. Sem Padronização.

Figura 9 - Tabela comparativa dos ganhos da intercambialidade.

## 3. Conclusão

Com a intercambialidade, foi possível retornar a proteção e controle do bay que atende mais de 5500 clientes em um curto prazo, antecipando em 5 meses a solução sem custos diretos. O custo estimado do IED ABB para reposição é estimado em 50 mil reais.

Vislumbrou-se essa solução como uma inovação, pois ela não é ofertada comumente pelos fabricantes, além de ser pouco frequente a apresentação de projetos como este, que mostram a aplicação do conceito de intercambialidade.

A intercambialidade é uma realidade, porém, os fabricantes têm que evoluir, desenvolvendo ferramentas que tornem mais simples o processo de alteração e modelagem de dados. Para a realização desse trabalho foi necessário fazer todas as manipulações manualmente do modelo de dados, direto no arquivo “CID”, em XML, o que é uma tarefa de bastante risco que exige muita experiência, pois qualquer mínimo erro pode corromper o arquivo e comprometer o trabalho.

Na subestação Fonte Nova, a modelagem de dados não é padronizada, mas ainda assim foi possível entregar o bay para operação em apenas 30 dias. Caso os modelos e funções estivessem padronizados, o tempo de desenvolvimento seria, consequentemente, mais curto.

Para trabalhos futuros, é importante fazer testes de intercambialidade com outros fabricantes de IEDs e SCADA, e assim ampliar as opções em casos de falha de IED.

## 4. Referências bibliográficas

- [1] SUÍÇA. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Communication networks and systems for power utility automation (IEC 61850)*. 2nd ed. Geneva: IEC, 2013.
- [2] BRASIL. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **Automação digital de subestações de energia elétrica**. Monografia, 2024. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000333.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.
- [3] BRASIL. MIRANDA, Juliano Coêlho. *IEC-61850: Interoperabilidade e intercambialidade entre equipamentos de supervisão, controle e proteção através das redes de comunicação de dados*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-16062009-102211/publico/Juliano.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024
- [4] BRASIL. SOUZA, Rafaela. **Redes IEC-61850 – Estudo de Protocolo e Exemplo de Aplicação (Parte I). Automação Industrial**, 16 out. 2012. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/redes-iec-61850-estudo-de-protocolo-e-exemplo-de-aplicacao/>. Acesso em: 10 set. 2024.