

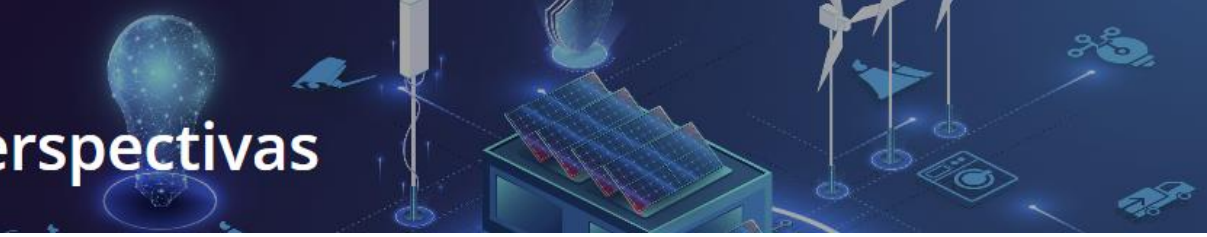
# Plataforma de Testes

**Mateus Alexandrino**



## Introdução

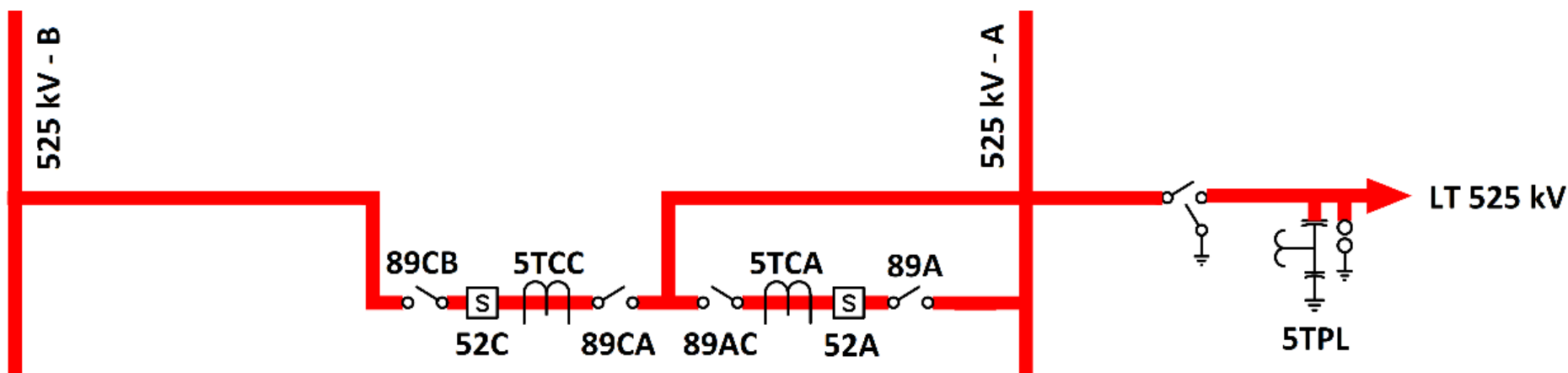
- Desenvolvimento do roteiro de teste para a plataforma do Sistema de Monitoramento
- Arquitetura de rede
- Testes definidos para execução
- Resultados obtidos



# Desenvolvimento do Roteiro

## Desenvolvimento do Roteiro de Testes

- Sistema de Proteção e Controle simulando uma entrada de Linha de Transmissão em arranjo Disjuntor e Meio



- Duas MUs para digitalização do vão (1 DJ, 1 TC e 2 CSs cada). Medição de tensão em uma das MUs. Um IED para as funções de proteção e controle

## Desenvolvimento do Roteiro de Testes

- Troca de mensagens GOOSE: IED -> PIU e PIU -> IED
- Envio de fluxos de SV: PIU -> IED
- Envio de alarmes via MMS: IED -> SCADA
- Envio de sinais de sincronismo PTP: GNSS -> Dispositivos

## Desenvolvimento do Roteiro de Testes

- Testes definidos para analisar as capacidades dos Sistemas de Monitoramento em identificar e sinalizar os seguintes modos de falha:
  - I. Perda de integridade de mensagens;
  - II. Ausência de mensagens previstas;
  - III. Ausência de sinais de sincronismo;
  - IV. Presença de mensagens não previstas;
  - V. Intervalos anormais entre mensagens previstas;
  - VI. Tempo anormal de propagação para mensagens previstas com período fixo de publicação;



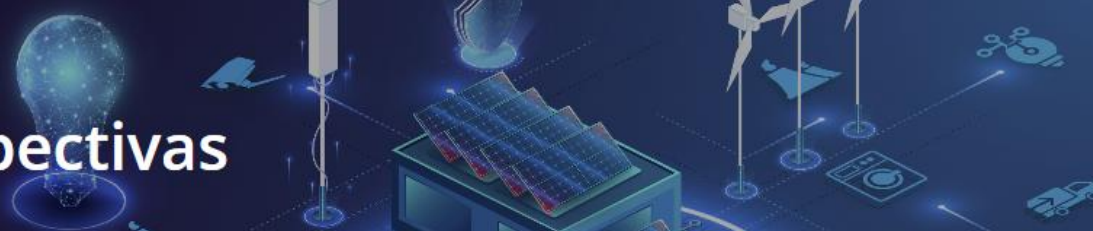
## Desenvolvimento do Roteiro de Testes

Tabela 1 - Faixa de endereços multicast para as mensagens GOOSE e SV por fabricante

Fabricante	Faixa de Endereços - GOOSE	Faixa de Endereços - SV
SEL	01-0C-CD-01-00-10 a 1F	01-0C-CD-04-00-10 a 1F
GE	01-0C-CD-01-00-20 a 2F	01-0C-CD-04-00-20 a 2F
SIEMENS	01-0C-CD-01-00-30 a 3F	01-0C-CD-04-00-30 a 3F

Tabela 2 - Faixa de valores do AppID para as mensagens GOOSE e SV por fabricante

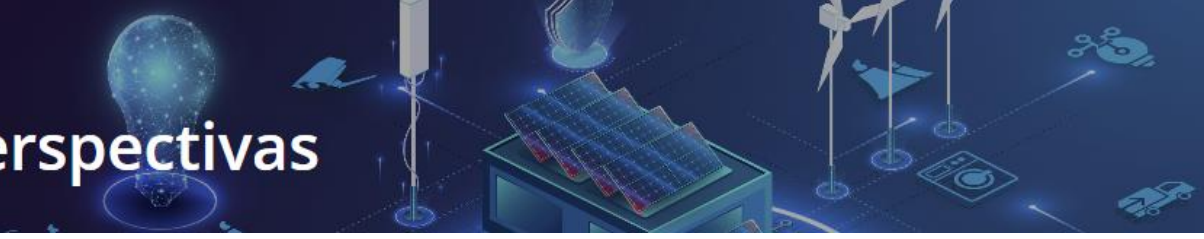
Fabricante	Faixa de Valores AppID - GOOSE	Faixa de Valores AppID - SV
SEL	0x1010 a 0x101F	0x4010 a 0x401F
GE	0x1020 a 0x102F	0x4020 a 0x402F
SIEMENS	0x1030 a 0x103F	0x4030 a 0x403F



## Desenvolvimento do Roteiro de Testes

- a) Os **dispositivos** devem estar com sua **configuração padrão** para a estrutura de testes;
- b) Todas as **interfaces de rede** previstas para a estrutura de testes devem estar **conectadas e ativas**;
- c) **Nenhum** dispositivo deve ter **alarmes ativos** referentes ao recebimento de mensagens GOOSE, SV e PTP;
- d) **Todos os dispositivos** devem estar **sincronizados** com o respectivo GNSS;
- e) O sistema de monitoramento deve identificar a presença das mensagens GOOSE, SV e PTP configuradas;





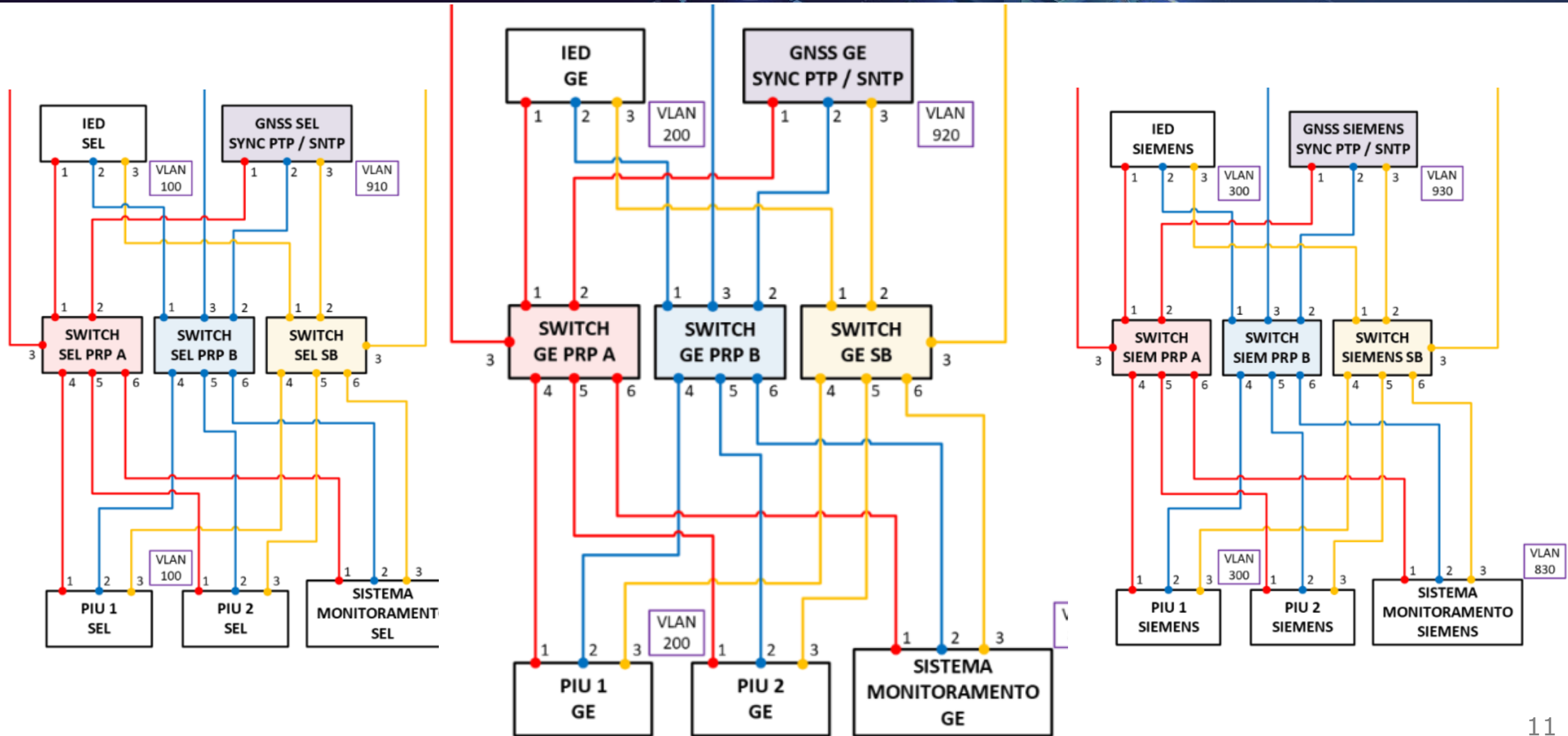
# Arquitetura de Rede

## Arquitetura de Rede

- Três plataformas com IED/PIU e Sistemas de Monitoramento
- Três plataformas com Sistemas de Monitoramento
- Integração de todos os dispositivos no barramento de estação e no barramento de processo
- Barramento de processo conectado em PRP e com uso de VLANs
- Sistema SCADA para supervisão da plataforma

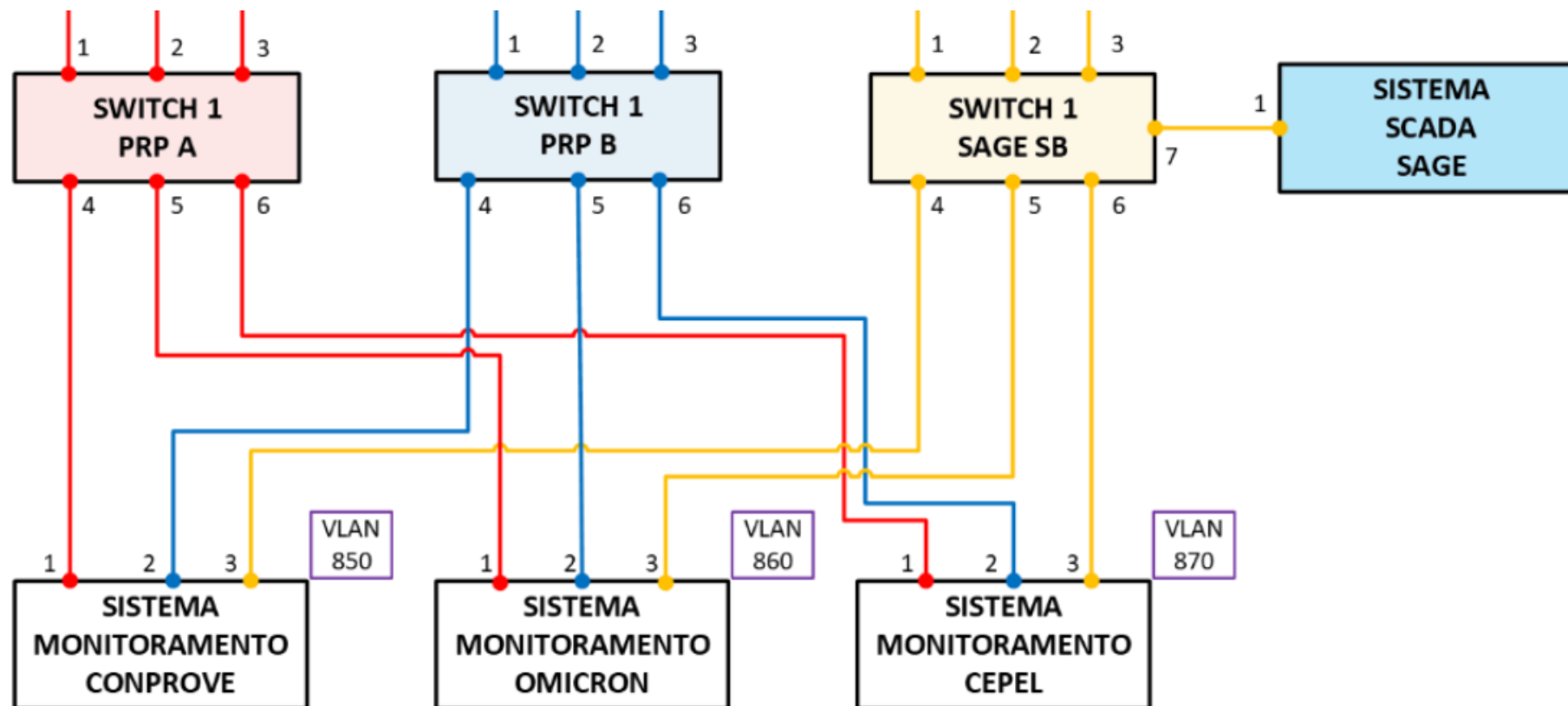
# Workshop

## Subestação Digital: Desafios e Perspectivas

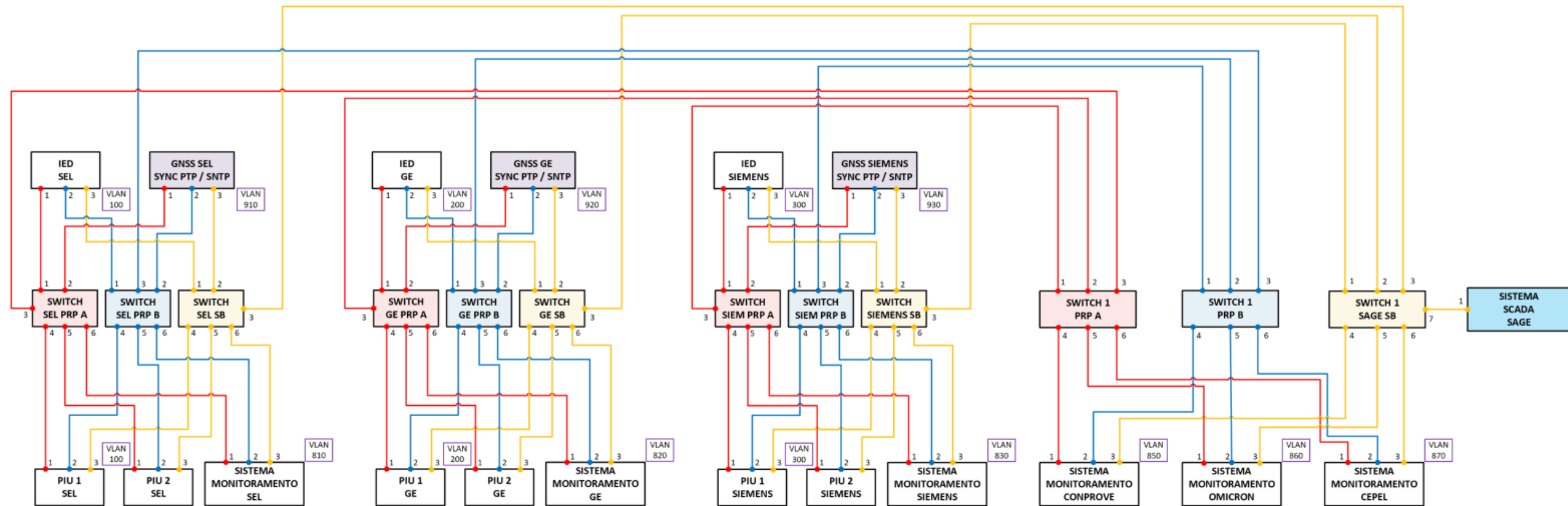


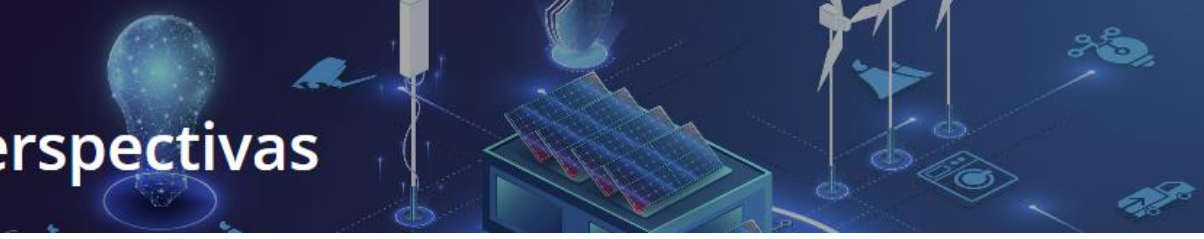
# Workshop

## Subestação Digital: Desafios e Perspectivas



# Workshop Subestação Digital: Desafios e Perspectivas



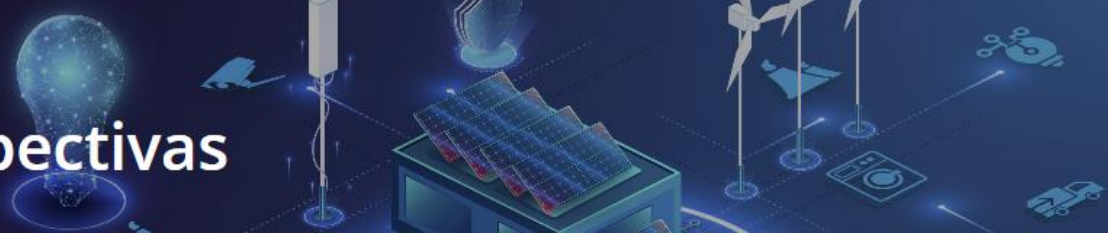


# Roteiro de Testes



## Roteiro de Testes

- Mais de 40 testes previstos para execução em cada par Sistema de Monitoramento  $\Leftrightarrow$  IED/PIU
- Os testes foram separados em grupos associados aos protocolos de comunicação:
  - **GOOSE**
  - **SV**
  - **PTP**



## Roteiro de Testes – GOOSE / SV

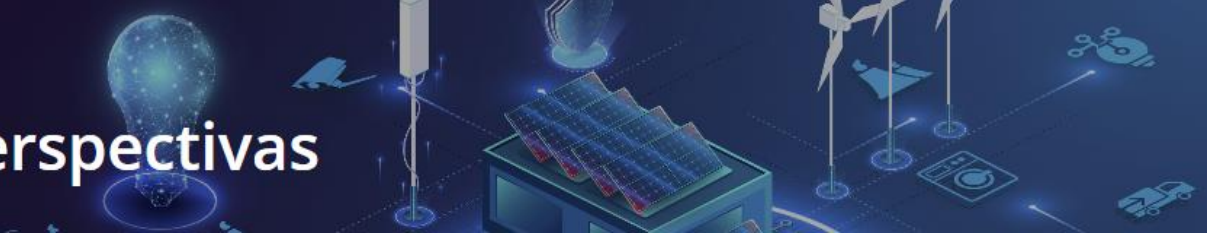
- Detecção de ausência de mensagens previstas (desconexão do publicador; desconexão do assinante; falhas de configuração na rede)
- Detecção de mensagens não previstas na rede
- Detecção de perda, atraso, duplicidade, fora de sequência ou mensagens corrompidas
- Detecção de falhas em uma das redes PRP

## Roteiro de Testes – GOOSE / SV

- Detecção de mensagens com bits de qualidade alterados
- Detecção de erros de configuração (modificações em diversos parâmetros: APPID, Dataset, ControlBlock, SVId, confRev, conteúdo do Dataset)
- Detecção de fluxo de SV não sincronizado

## Roteiro de Testes – PTP

- Detecção de ausência de sinais de sincronismo e de mensagens PTP não previstas
- Monitoramento da redundância de sinais de sincronismo e de mudanças de acurácia (falta de precisão)
- Monitoramento de comutação de fontes de sinal de sincronismo e presença de dois mestres na rede



# Resultados

## Resultados – GOOSE / SV

- **Resultados Satisfatórios:**
  - ✓ Detecção de ausência de mensagens previstas
  - ✓ Detecção de erros de configuração:
    - APPID
    - Nome do Dataset
    - ControlBlock
    - SVId
    - confRev
    - Conteúdo do Dataset
  - ✓ Detecção de mensagens com bits de qualidade ativos (teste/simulação)



## Resultados – GOOSE / SV

- **Resultados Satisfatórios:**

- ✓ Monitoramento de redundância GOOSE em redes PRP (desligamento de apenas uma das conexões físicas)
- ✓ Avaliação de desempenho de mensagens GOOSE (tempo de transmissão – mínimo, médio e máximo)
- ✓ Detecção de perda ou atraso de mensagens
- ✓ Detecção de mensagens fora de sequência
- ✓ Detecção de fluxos SV não sincronizados

## Resultados – GOOSE / SV

- **Parcialmente Satisfatórios:**

- ✓ Detecção de ausência de mensagem prevista no assinante (remoção de conexão física no PB)
  - Realizada indiretamente através da falha no recebimento de mensagens provenientes do dispositivo removido da rede (SM baseado em captura de rede). Possível observar a falha através do sinal interno do dispositivo coletado via SB
- ✓ Detecção de ausência de mensagem prevista no assinante sem falha de link (alteração na configuração de VLAN/SDN)
  - Quando a alteração afeta também a conexão do SM por captura, ausência é detectada. Possível observar a falha através do sinal interno do dispositivo coletado via SB

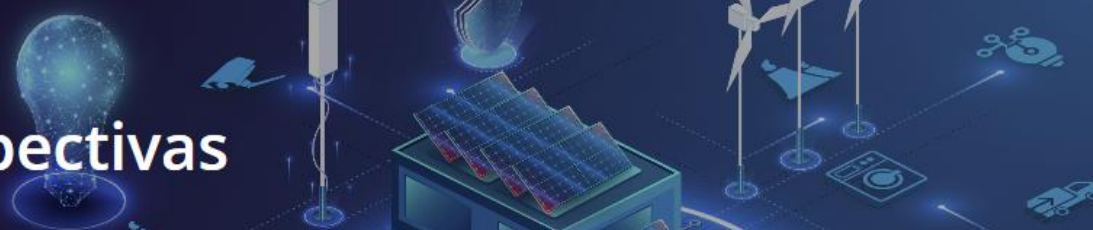
## Resultados – GOOSE / SV

- **Parcialmente Satisfatórios:**

- ✓ Detecção de presença de mensagens não previstas (injeção de GOOSE não configurado no SCD)
  - Sistemas de Monitoramento baseados em captura de pacotes identificam. IED/PIU não identificam diretamente. Filtragem configurada nos switches auxiliam neste monitoramento
- ✓ Detecção de recepção de mensagem GOOSE duplicada
  - Sistemas de Monitoramento baseados em captura de pacotes identificam. IED/PIU podem não alarmar a duplicidade diretamente (indicação de aumento de descarte de pacotes na interface de comunicação).

## Resultados – PTP

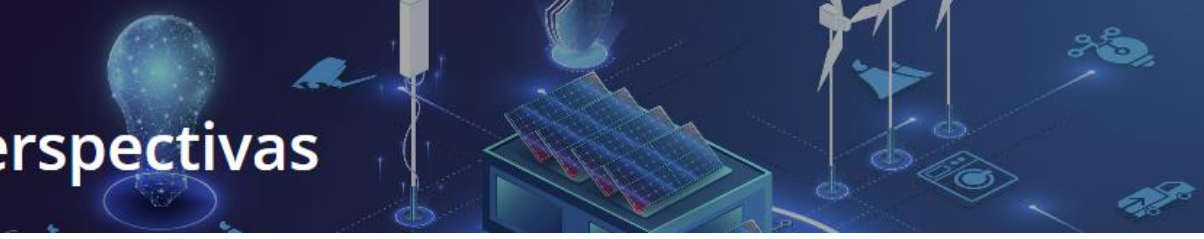
- **Resultados Satisfatórios:**
  - ✓ Detecção de ausência de sinais de sincronismo
  - ✓ Monitoramento de redundância de sinais de sincronismo (falha na recepção do sinal PTP em uma das interfaces PRP)
  - ✓ Monitoramento de referência global e "*clock class*" (alarme de falta de referência de sincronismo global)
  - ✓ Monitoramento de acurácia do sincronismo
  - ✓ Monitoramento de latência de mensagens PTP
  - ✓ Comutação de fonte de sincronismo PTP



## Resultados – PTP

- **Parcialmente Satisfatórios:**

- ✓ Detecção de presença de mensagens PTP não previstas
  - Sinais PTP não foram descritos no SCD, o que dificulta definir quais sinais são previstos e quais são espúrios. Técnicas de filtragem nos switches podem auxiliar na detecção.
- ✓ Detecção de presença de mais de um Mestre na rede
  - IED/PIU selecionam o GNSS com melhor precisão (não geram alarme pelo recebimento dos dois sinais PTP distintos). Monitoramento do GMID dos dispositivos indica qual a fonte de sincronismo utilizada. SM com captura de rede pode identificar a presença de sinais PTP distintos.

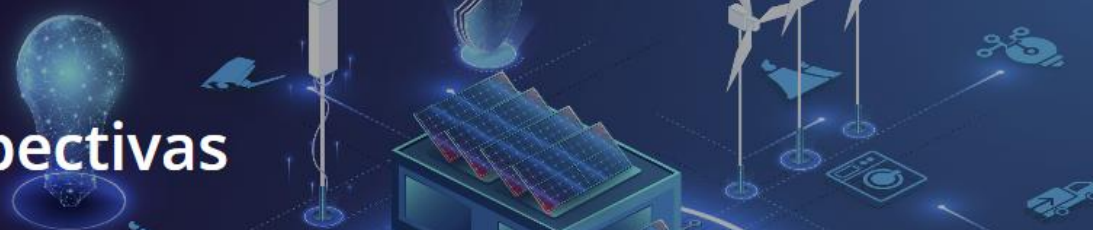


# Considerações Finais



## Considerações Finais

- Testes evidenciaram a eficácia dos Sistemas de Monitoramento em detectar as anomalias analisadas
- Necessária a aplicação de tecnologia para monitoramento dos **alarmes dos dispositivos** e de **captura de mensagens** na rede para adequada identificação das diversas condições de falha testadas



## Considerações Finais

- Necessidade de desenvolvimentos referente ao **envio dos alarmes ao sistema supervisório** (SCADA) a partir dos Sistemas de Monitoramento de modo a permitir a ação adequada por parte dos operadores
- Necessidade de avanços referente à construção de um arquivo **SCD único para a subestação** quando do envolvimento de diversos fabricantes e ferramentas no mesmo Sistema de Proteção, Controle e Supervisão







**Grato pela Atenção**

[mateus.alexandrino@cgteletrosul.com.br](mailto:mateus.alexandrino@cgteletrosul.com.br)



**Eletrobras**