

# ANÁLISE DO DESEMPENHO DA PROTEÇÃO IMPLEMENTADA VIA BARRAMENTO DE PROCESSO (IEC 61850-9-2) QUANDO DA OCORRÊNCIA DE FALHAS NA REDE ETHERNET

Autores

Paulo Sergio Pereira Junior

Rodrigo ramos Rosa

Cristiano Moreira Martins

Gustavo Silva Salge

Paulo Sergio Pereira

Gustavo Espinha Lourenço



SEMINÁRIO TÉCNICO DE PROTEÇÃO E CONTROLE

RIO DE JANEIRO - RIO OTHON PALACE  
16 a 19 de novembro de 2014

[www.stpc.com.br](http://www.stpc.com.br)

Organização

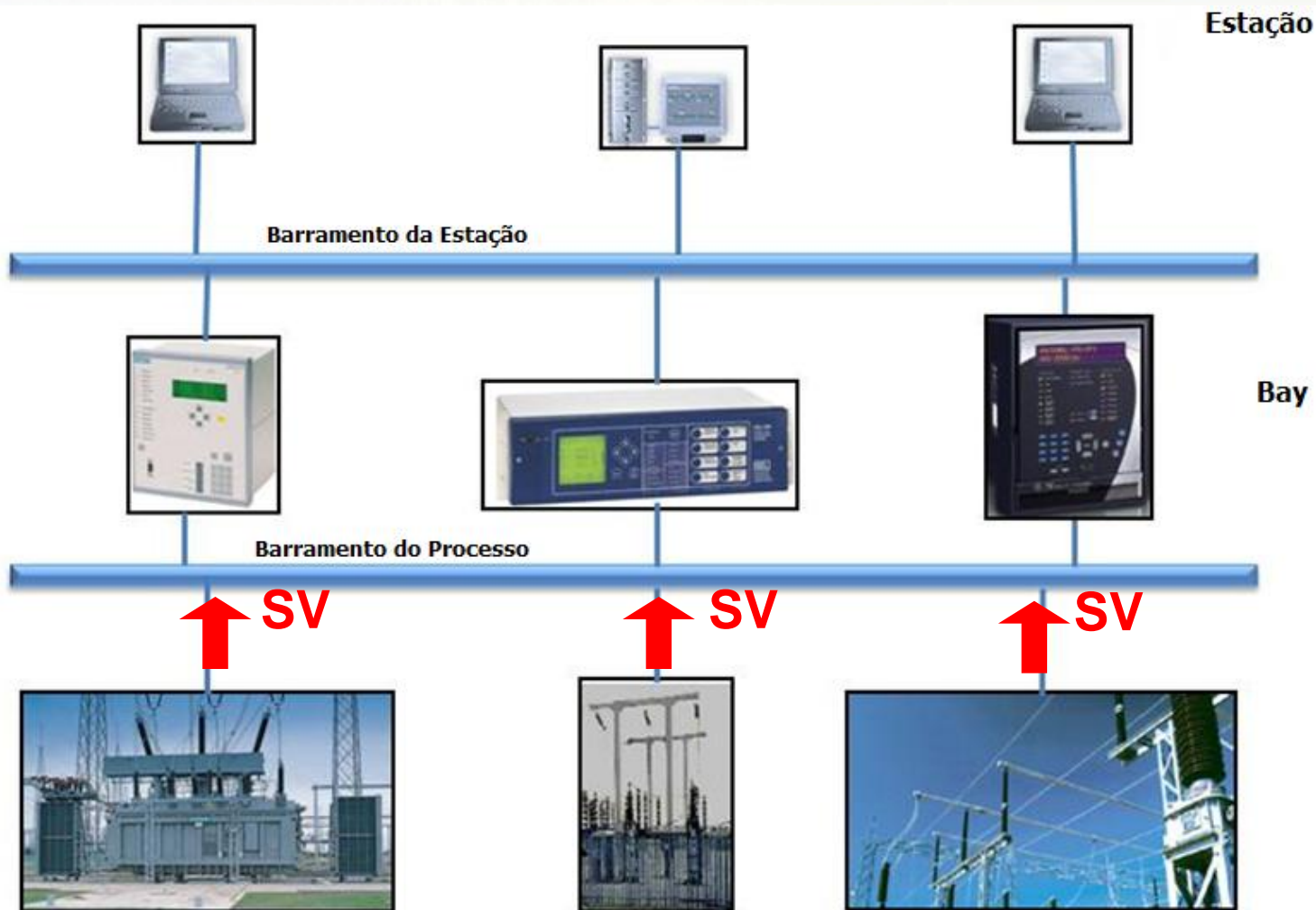


Realização



- Este artigo tem como objetivo realizar uma **análise comparativa** avaliando a performance de um IED comercial no **Barramento de Processo** quando submetido a **condições ideais e de falha da rede**; ambos **em momentos de falta** no sistema elétrico de potência (SEP).

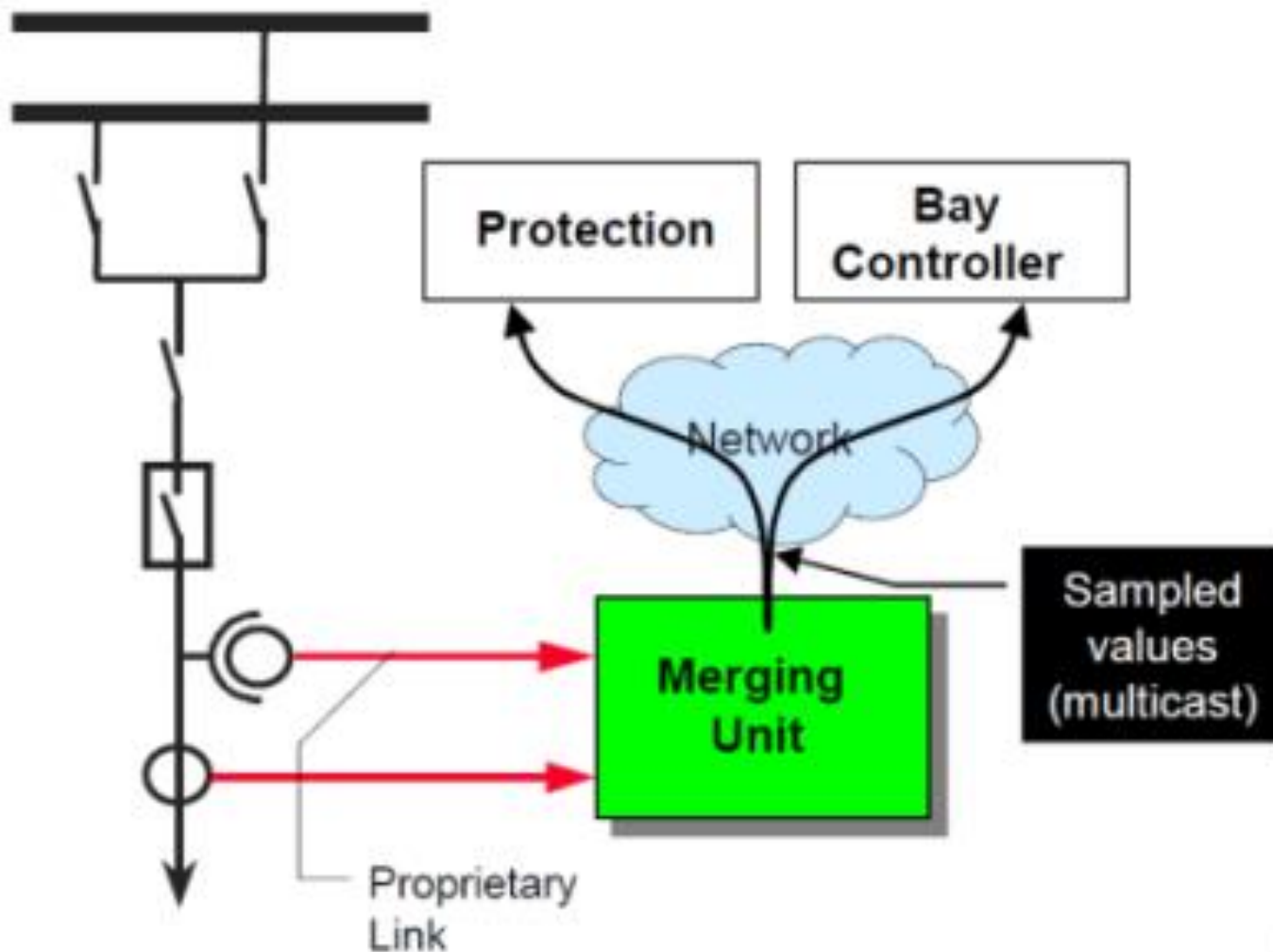
- IEC 61850: **Evolução p/ PACs**
- Principais **Vantagens**
  - **Interoperabilidade e Modelagem de Dados**
- Comunic. Vertical: **MMS Cliente-Servidor**
- Comunic. Horizontal: **GOOSE**
- Transmissão Grandezas Analógicas: **SV**
- Baseado na **Rede Ethernet**



## Barramento de Processo

- V e I **digital**, transmitido por rede
- MMS e GOOSE -> **Difundido**
- 61850-9-2 -> Novidade, **quebra de paradigma**
- **Receio maior** pela comunidade
- Vantagens: **Menor custo** de implantação e manutenção, possibilita comunicação **redundante e simplicidade cabeamento**
- **Rede Ethernet** passa a fazer **parte do PACs**
- Necessário **Analisar** possíveis **causa de falha** na **Rede** e o **impacto no sistema**

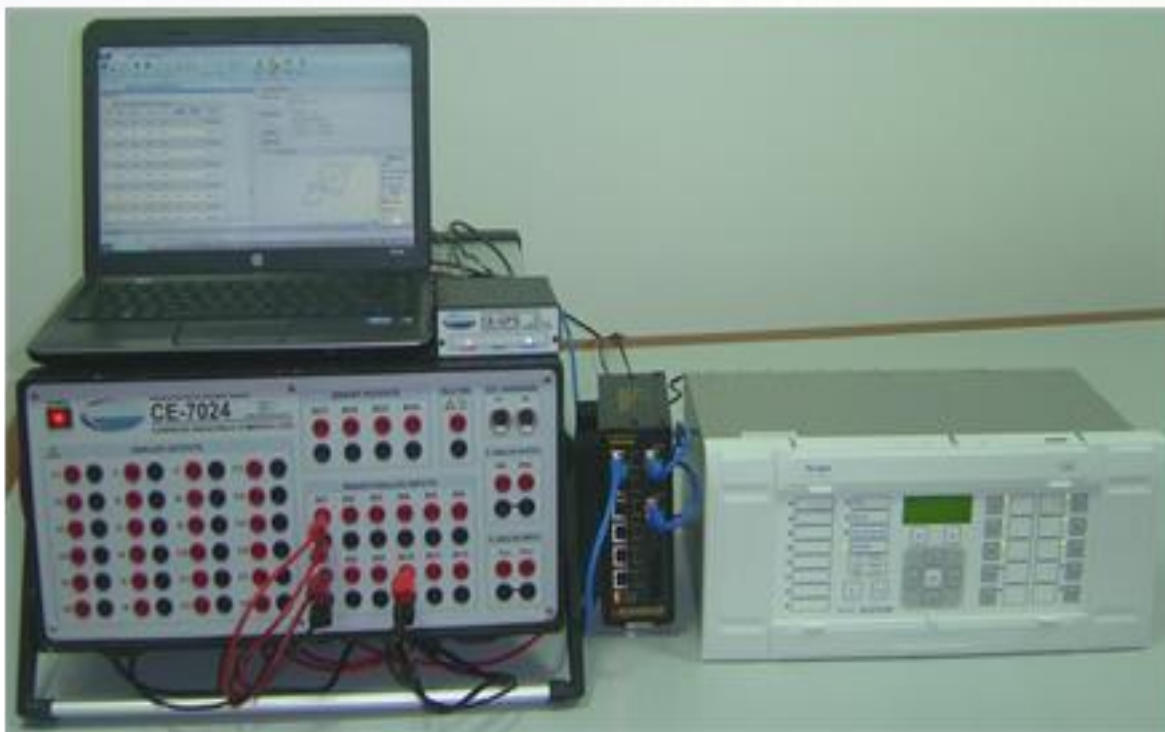
# Barramento de Processo



- **Perda de Pacote**
  - Msg enviada não chega ao destinatário
- **Atraso de Pacote**
  - Msg chega após o momento esperado
- **Pacote Duplicado**
  - Duas Msg iguais chegam ao destinatário
- **Pacote Corrompido**
  - Msg chega alterada ou incompleta



# Estrutura do Teste



- IED MiCOM P446 9-2LE (Alstom), um Switch (RuggedCom), uma Mala de Testes de Relés CE-7024, Software e Unidade de Sincronismo por Satélite CE-GPS (Conprove)



- IED testado função **21/PDIS**
- **Zona1:  $t = 0$  s; Zona2:  $t = 200$  ms;**  
**Zona3:  $t = 600$  ms; Zona4:  $t = 1$  s (reversa)**
- Vários **Parâmetros p/ 61850-9-2**
- Destaque: “**Loss Rate Level**”
- Max e Min: **15%** e **1,25%**
- Ex: 1 perda a cada ciclo =  $1/80 = 1,25\%$
- Se perda **maior** que o setado -> **Bloq Prot**

## Suporte **FULL** a **IEC 61850** (GOOSE + SV):

- Parte **Integrante** do Equipamento
- Permite **receber SV** e monitorar MU's instaladas
- Possibilita **testar** a **MU**, injetando analógico e verificando resposta por SV; comparando-as
- Admite **simulação** de **uma ou mais MU's** e simulação de carregamento
- **Simular Falhas** (perdas de pacotes, atrasos, pacotes duplicados e corrompidos), **Simular erros** (perda de sincronismo, alteração Quality Bits), **Bit de Simulação**

# Avaliação do IED

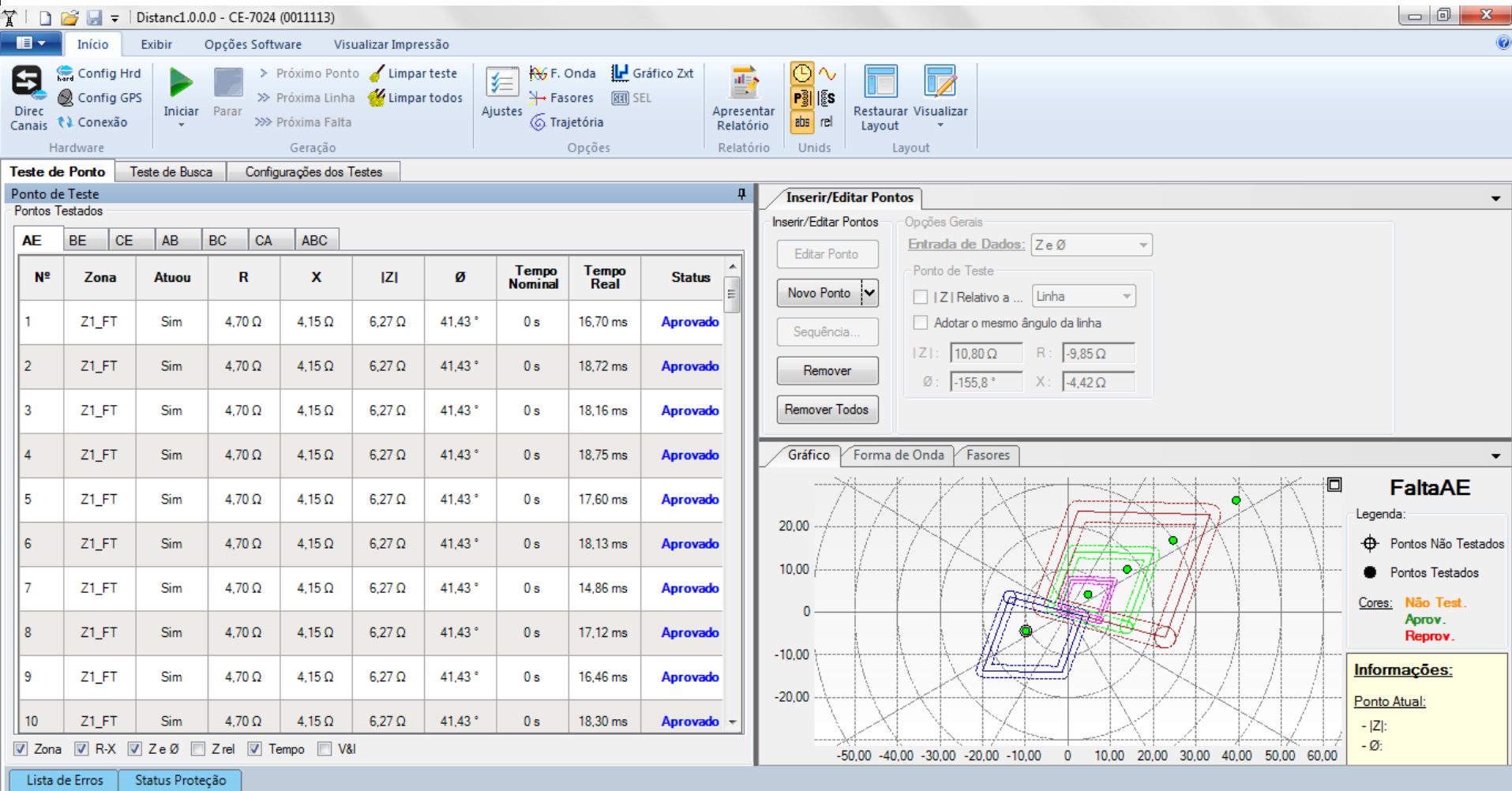
?Zona

☒ ?Ativa  
?Descr:  ?Cor:   
Índice:  ?Loop:  ?Tipo:   
?Tempo Disp.:  ?Toler. Z Abs:  ?Toler. Z Rel:   
?Toler. T Abs+:  ?Toler. T Abs-:  ?Toler. T Rel:   
☒ ?Utilizar Fator de Terra Especifico  
?Modo:   
Mod. K0:   
Ang. K0:   
☒ ?Remover Resistência de Arco  
?Segmentos:  
?Zona FECHADA  
?00 Partida [R;X]: -1,83; 0,48  
01 ?Reta [R;X]: 0,00; 0,00  
02 ?Reta [R;X]: 7,26; -1,90  
03 ?Reta [R;X]: 7,31; -1,90  
04 ?Reta [R;X]: 10,66; 7,31  
05 ?Reta [R;X]: 0,75; 7,57  
?Concluida.

Schneider/Areva P54x - Quad  
ABB Rel670/Ret670 - Mho  
AEG SD36  
Schneider/Areva PD521 - Polygon  
Schneider/Areva PD521 - Circle  
Schneider/Areva P43x - Polygon  
Schneider/Areva P43x - Circle  
Schneider/Areva P44x  
Schneider/Areva P54x - Quad  
Schneider/Areva P54x - Mho  
GE D60 - Quadr.  
GE D60 - Mho  
GE G60 - Prot. Impedância  
GE G60 - Prot. Subexcitação  
GE 489 - Prot. Impedância  
GE 489 - Prot. Subexcitação  
GEC MicroMho (Zn01)  
GEC MicroMho (Zn02)  
GEC MicroMho (Zn03)  
SEL 300G - Prot. Impedância  
SEL 300G - Prot. Subexcitação  
SEL 311C e 321 - Quadr.  
SEL 311C e 321 - Mho  
SEL 421 - Quadr.  
SEL 421 - Mho  
SIEMENS 7SA6 - Quadr.  
SIEMENS 7SA6 - Circ.  
SIEMENS 7UM6 - Prot. Impedância  
SIEMENS 7UM6 - Prot. Subexcitação  
TOSHIBA GRZ100  
Transf. Admit. em Imped. - Subexcitação

☒ Delta Status  
Delta Char

?Ok ?Cancelar



# 1º Cenário (Sem Falha)

- **Faltas com Perfeito Funcionamento da Rede**
- **3 Tipos de Falta e Cada uma Repetida 20x**

Zona	Falta	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão
Z1(8Ω)	AT	19,03	14,86	<b>17,2060</b>	1,1361
	AB	23,85	14,55	<b>21,9150</b>	2,5538
	ABC	36,70	28,89	<b>30,5080</b>	2,1789
Z2(15Ω)	AT	238,60	213,30	<b>232,6050</b>	9,2675
	AB	231,20	213,00	<b>225,6650</b>	6,0294
	ABC	237,30	227,70	<b>230,3750</b>	3,3852
Z3(25Ω)	AT	645,10	618,20	<b>632,8850</b>	9,5545
	AB	632,20	613,90	<b>627,8250</b>	5,4914
	ABC	638,00	628,10	<b>631,7550</b>	3,8227
Z4(15Ω)	AT	1030,00	1020,00	<b>1022,00</b>	4,1039
	AB	1020,00	1010,00	<b>1011,00</b>	3,0779
	ABC	1020,00	1010,00	<b>1018,50</b>	3,6635

- Redes de Comunicação -> **Perda de Pacotes**
- Falhas em: **Cabos, Transceivers; Problemas em Drivers e Firmware** dos NIC, **Congestionamento** da Rede e etc
- **TCP -> Verifica** Recebimento -> **Menor Velocidade**
- **Maior Trafego -> Maior Probabilidade** de Perdas
- **Nível de perdas tolerável** depende aplicação BP-> ?
- **Taxa de Perda da Rede < Taxa Parametrizada** (Loss Rate Level): **Tolera até 3 amostras consecutivas; senão: Bloq Prot**



## 2º Cenário (Perda 3 Pacotes/cy)

- Setou-se: **Loss Rate Level = 15%**
- **Teste c/ Perda 3 Amostras Consecutivas/cy**
- **$3/80 = 3,74\%$**

Zona	Falta	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão
Z1(8Ω)	AT	19,65	15,03	<b>17,3770</b>	1,4598
	AB	24,24	15,10	<b>21,9925</b>	2,4367
	ABC	36,98	28,99	<b>30,2940</b>	1,7440
Z2(15Ω)	AT	243,80	213,20	<b>233,6850</b>	8,8272
	AB	229,20	213,10	<b>223,8350</b>	6,0458
	ABC	238,30	227,80	<b>230,0300</b>	3,2064
Z3(25Ω)	AT	646,10	619,20	<b>635,3250</b>	8,3335
	AB	632,00	612,90	<b>626,7750</b>	6,4615
	ABC	637,10	627,50	<b>630,2850</b>	2,9341
Z4(15Ω)	AT	1030,00	1020,00	<b>1020,50</b>	2,2361
	AB	1020,00	1010,00	<b>1012,00</b>	4,1039
	ABC	1020,00	1010,00	<b>1018,00</b>	4,1039

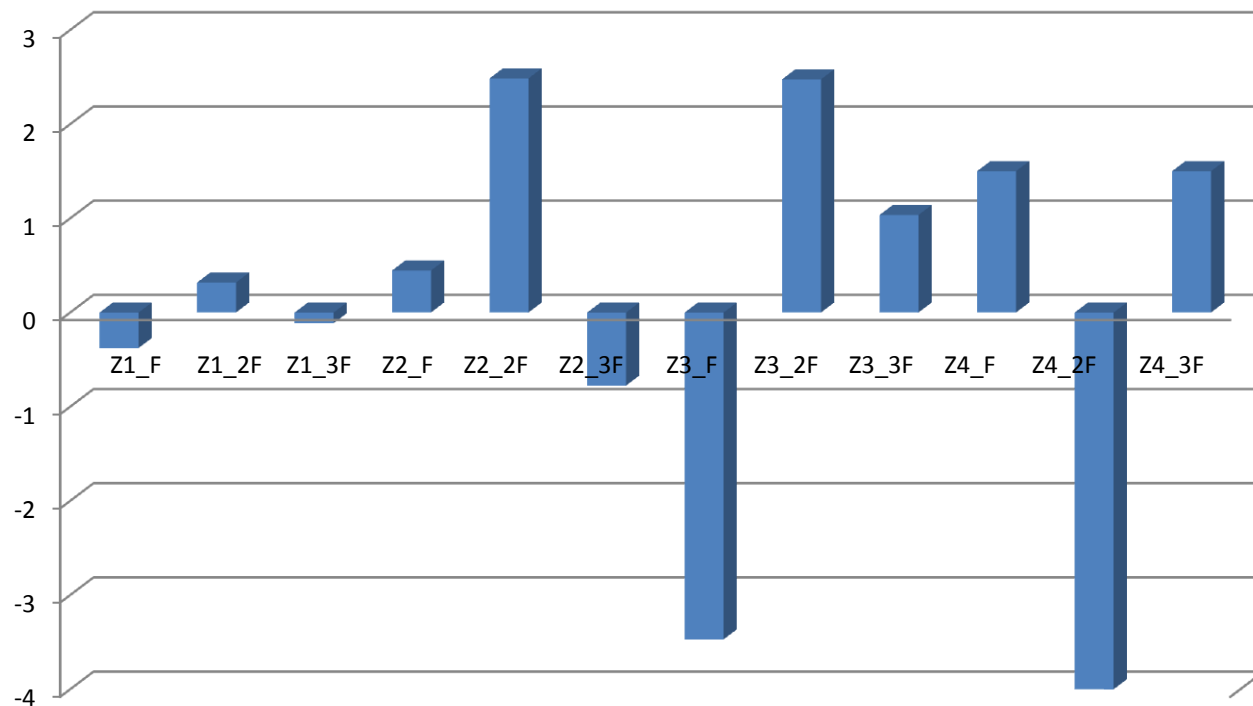
## 2º Cenário (Perda 10 Pacotes/cy)

- **Manteve-se: Loss rate Level = 15%**
- **Teste c/ Perda 10 Amostras Intercaladas/cy**
- **$10/80 = 12,5\%$**

Zona	Falta	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão
Z1(8Ω)	AT	19,44	15,94	<b>17,5825</b>	1,0537
	AB	24,24	15,28	<b>21,5975</b>	2,7165
	ABC	37,47	29,31	<b>30,6210</b>	2,3606
Z2(15Ω)	AT	244,10	213,30	<b>232,1600</b>	10,3054
	AB	229,30	213,00	<b>223,1800</b>	6,3185
	ABC	237,90	228,10	<b>231,1500</b>	3,5377
Z3(25Ω)	AT	645,00	619,80	<b>636,3550</b>	8,1267
	AB	631,60	613,40	<b>625,3500</b>	6,3613
	ABC	637,60	627,80	<b>630,7200</b>	3,2946
Z4(15Ω)	AT	1030,00	1020,00	<b>1020,50</b>	2,2361
	AB	1020,00	1010,00	<b>1015,00</b>	5,1299
	ABC	1020,00	1010,00	<b>1017,00</b>	4,7016

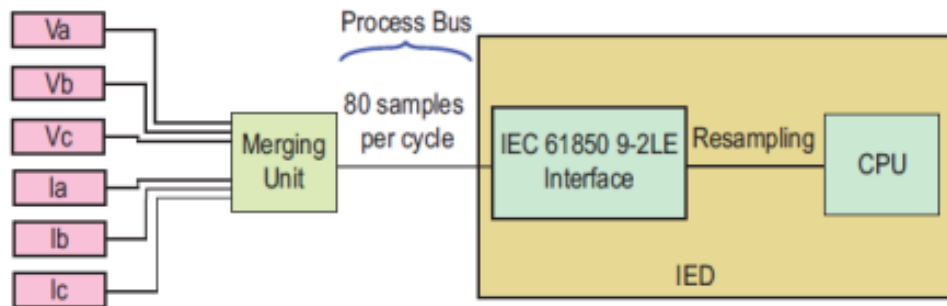
# Comparação Tempo Trip entre Cenários

**Dif Médias: Sem Falha - 10 Perdas**



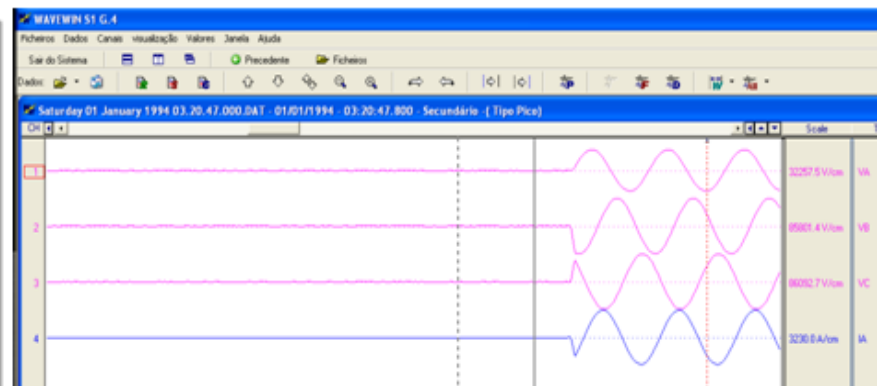
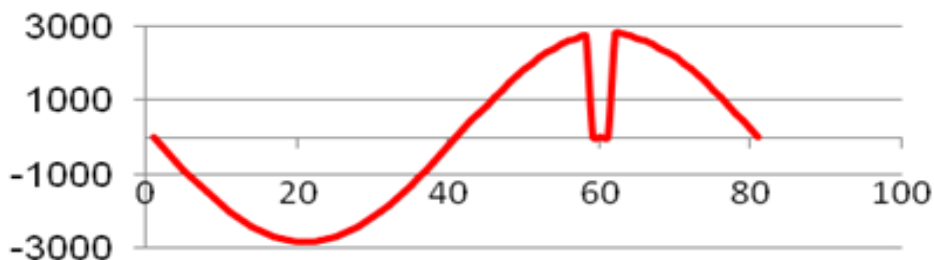
- **Não há relação direta entre a perda de pacotes e a performance do tempo de operação**
- **Maior diferença entre médias = 4ms, < 1/4 Ciclo**

- Re-amostragem **48 ppc**



- Perda de Amostra -> Espera-se Deformação
- Descontinuidade -> Menor RMS -> Atraso Atuação

Corrente (A x SmpCnt)



- Re-amostragem **evita o erro**

- **1º) Condição (“Status”) da Conexão do IED com o Barramento de Processo**
- **2º) Comportamento do IED diante da variação dos indicadores de sincronismo (SmpSynch) e bits de qualidade (“Quality Bits”)**

# 1º) Condição (“Status”) da Conexão do IED

- Monitorar **Presença** da MU -> **SAV Absence**
- **Abriu-se** o Link
  - **SAV Absence = 1** e emitiu-se um **alarme**
- Rápido **Diagnostico**
- Possibilita **Correção** Imediata
- Teste **OK**



## 2º) Comportamento com: SmpSynch e Quality Bits

- Alarme de Sincronismo (**Synchro Alarm**)
  - **Global** 1PPS -> Global
  - **Local** 1PPS -> Global e Local
  - **NO Sync** CLK -> Não considera Sync
  - Teste **OK**
- Modo Teste (**Test Mode**)
  - Test **Blocked**: Test=1 -> Msgs Invalidas -> Bloq Prot
  - Test **Ignored**: Test=0 ou 1 -> Prot Ativa
  - Test **Only**:
    - Test=1 -> Msgs Valida -> Bloq Prot
    - Test=0 -> Msgs Invalidas -> Bloq Prot
  - Teste **OK**

## 2º) Comportamento com: SmpSynch e Quality Bits

- Confiança do Dado questionável (**Trust Ques Data**)

<b><i>DetailQual</i></b>	Invalid	Questionable
Overflow	X	
Out of Range	X	X
Bad Reference	X	X
Oscillatory	X	X
Failure	X	
Old data		X
Inconsistent		X
Inaccurate		X

- **Valido** ou **Invalido**?
- **Parametrizado** cada causa (0 Invalida ou 1 Valida)
- Teste **OK**

- Barramento de Processo -> **Tec. do Futuro**
- **BP testado exaustivamente**
- **Mesmo com Falha na Rede -> 21 operou OK**
- **900 testes c/ e s/ falha na rede sem diferenças sig.**
- IED possui **recursos** para **lidar** com as **falhas**
- Testes com **Quality Bits** e **Info Sinc.** -> Result. **OK**
- **Vários Ajustes e Opções para Falhas**



# Muito Obrigado!

**Paulo Sérgio Pereira Júnior**



[www.conprove.com.br](http://www.conprove.com.br)

Organização



Realização

