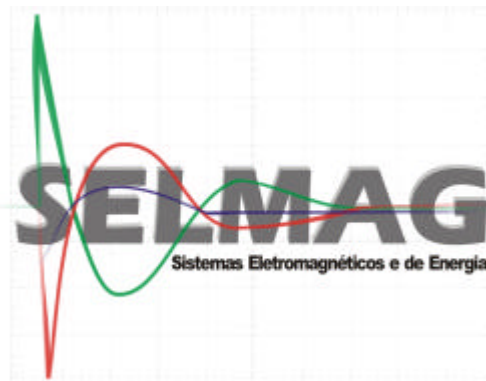




UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU – SC
Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

Profa Elisete Ternes Pereira



1010 010101010 0101
0100101001 *Documenta* 0101
10 01 10001111000 0101



LOCALIZADOR DE DEFEITOS POR ONDAS VIAJANTES

Um Projeto Nacional



Celesc

Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.



FINEP

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA



www.furb.br

RESUMO:

- Histórico
- Apresentação dos projetos
- Ondas Viajantes : Teoria e método
 - Discussão sobre aplicabilidade
- Nova tecnologia
 - Transdutores de sinal
 - Arquitetura
 - Tecnologia de processamento
 - Softwares e comunicação
 - Considerações finais
- Projeto SILD OV
- Projeto LDOV
- Equipe

1010 010101010 0101
Documenta 0101
0101 10001111000 0101
10 01 10001111000





- Início:

- 1° Ciclo de P&D da Aneel – (2001)/ **CELESC**

–DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM **LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO** PELA TEORIA DAS **ONDAS VIAJANTES** COM PRECISÃO DE **500 METROS**

– E quando se falar em Ondas Viajantes para a Distribuição era **uma heresia**

- A idéia partiu da Universidade de Nottingham/Inglaterra
- Hoje a equipe Brasileira lidera a pesquisa



- Entre 2001 e 2003:
 - Aquisição de sistema importado para localização de faltas em Sistemas de Transmissão;
 - Instalação do sistema em Circuito de Distribuição piloto;
 - Desenvolvimento de algoritmo e metodologia de localização própria,

e

Comprovou, indiscutivelmente, a viabilidade técnica de se localizar faltas em Sistemas de Distribuição pela Teoria das Ondas Viajantes → precisão ± 500 metros



- A seguir ...
 - 2004 → P&D Celesc, → *Desenvolvimento de Tecnologia Nacional* de Localização de Faltas, adaptada aos **Sistemas de Distribuição** → **Projeto SILDOV**
 - Ainda 2004 → FINEP → *Desenvolvimento de Tecnologia Nacional* de Localização de Faltas para **Sistemas de Transmissão** → **Projeto LDOV**

DUAS TECNOLOGIAS NACIONAIS

1010 010101010 0101
Documenta 1101
0101 0101
10 01 10001111000



SILDOV:

Localizador de Defeitos por Ondas Viajantes para
Sistemas de Distribuição

LDOV:

Localizador de Defeitos por Ondas Viajantes para
Sistemas de Transmissão

LDOV x SILDOV



- Embora ambos os projetos visem localizadores de defeitos em linhas,
- Os projetos são tão similares quanto são os Sistemas de Transmissão e de Distribuição entre si
 - As características das falta
 - Os algoritmos
 - Os transdutores
 - As arquiteturas dos sistemas
 - Os requerimentos de isolamento
 - Etc.

– são diferentes



Localização de Faltas em LT's por Ondas Viajantes

Para elucidar as diferenças ha que se começar pela teoria:

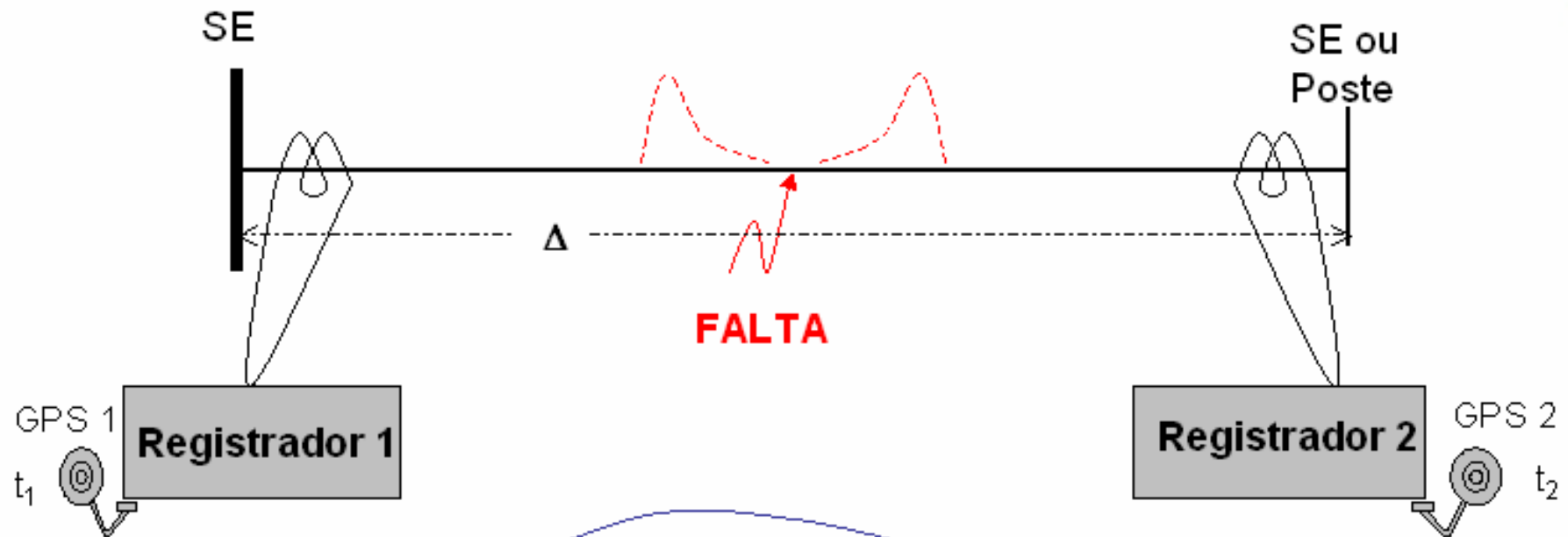
A localização de faltas pela teoria das ondas viajantes **pode ser feita por DOIS MÉTODOS BEM DISTINTOS** entre si:

1. Esquema de terminação dupla
(dois terminal = double-end)

2. Esquema de terminação única
(um terminal = single-end)

Localização de faltas por Ondas Viajantes

Esquema de Terminação DUPLA



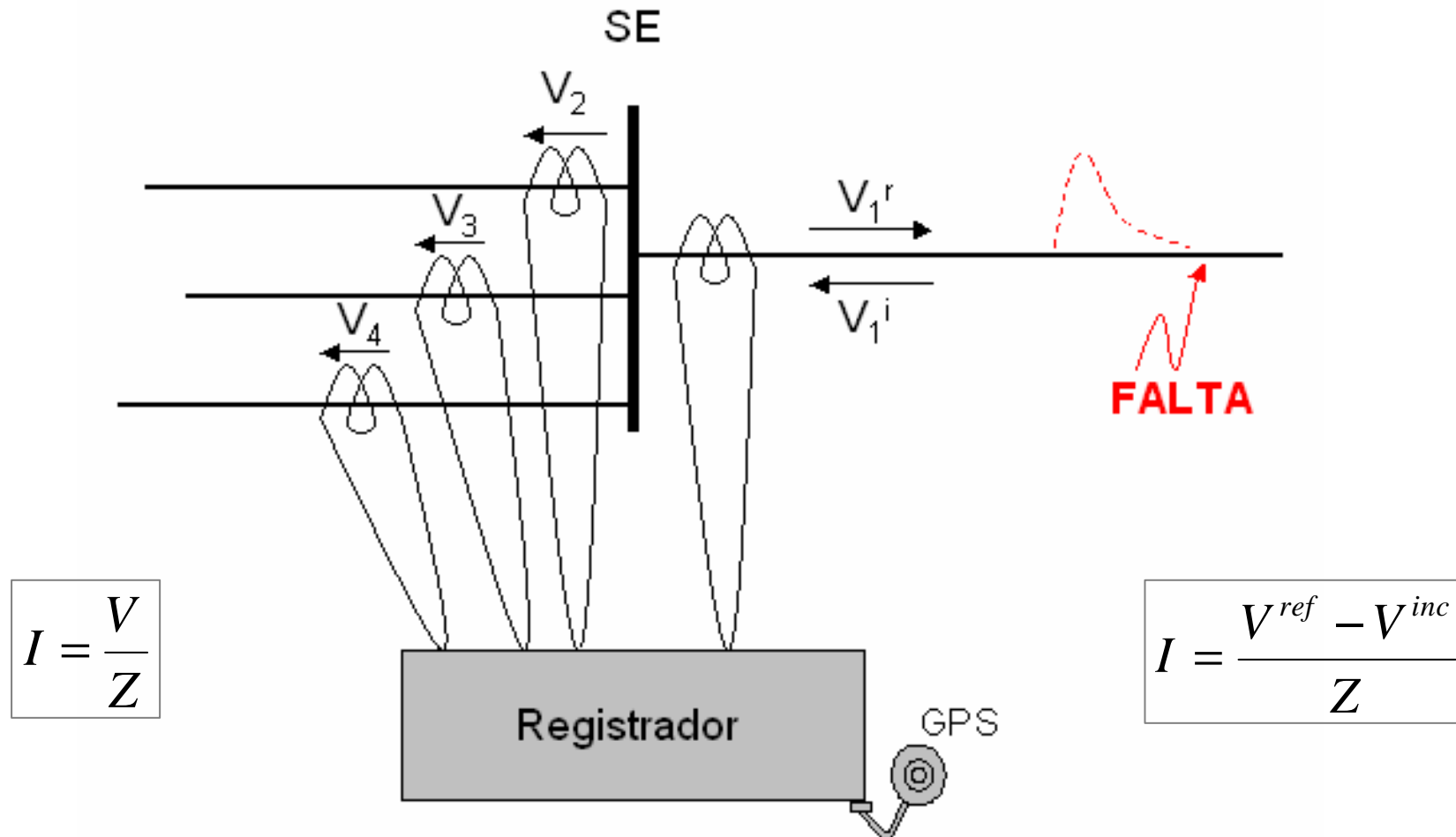
ALGORITMO

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{\Delta}{v} \\ v &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \end{aligned} \right\} \text{Conhecidos}$$

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= t_1 v \\ D_2 &= t_2 v \end{aligned} \right\} \text{Localização}$$

Localização de faltas por Ondas Viajantes

Esquema de Terminação ÚNICA



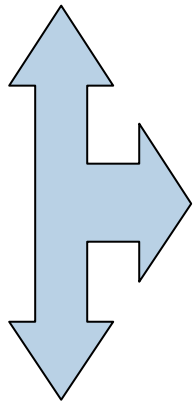
Localização de Falhas por Ondas Viajantes Esquema de Terminação ÚNICA



- É totalmente diverso - é mais complexo - e inclui:
 - Identificação da linha da falta por comparação com as linhas saudáveis;
 - Medição das ondas de corrente refletidas da falta em associação com tempo de chegada;
 - Cálculo da impedância do barramento da SE;
 - Cálculo da tensão do barramento;
 - Solução das equações de D'Alembert;
 - Análise Modal;
 - Função de cross-correlação;
 - E outras funções



Algoritmo de localização por terminação dupla
Double-end



DIFERENTES

Algoritmo de localização por terminação única
Single-end

Aplicação dos dois esquemas de localização de faltas pela teoria das ondas viajantes

1. Esquema de terminação dupla

Sistemas de Transmissão e
de Distribuição
LDOV e SILDOV

2. Esquema de terminação única

Sistemas de Transmissão
LDOV



Terminação Única → Distribuição

- Sistemas de Distribuição → descontinuidades na impedância
 - inseridas por cada ramal derivado do tronco do alimentador
- Transitórios da falta se confundem com as reflexões originadas nas descontinuidades
 - inviabilizam a localização com terminal único
- Os Sistemas de Distribuição são muito mais complexos
 - sob o ponto de vista da teoria das ondas viajantes



Terminação Dupla → Distribuição

- Entretanto, o esquema de **dupla terminação** fornece **resultados muito favoráveis** para a localização de faltas na **Distribuição**
 - Pesquisas indicam a possibilidade do emprego do esquema de terminação única para algumas topologias específicas dos Sistemas de Distribuição
 - As investigações continuam

Ondas Viajantes → Transmissão



- A aplicabilidade e eficiência da teoria das OV's
 - Há muito comprovada
 - Tanto em terminação dupla quanto única
 - Tecnologia disponível no mercado desde o início da década de 90
- Os problemas dessa tecnologia sob o ponto de vista Brasileiro:
 - É cara
 - Complicações e altos custos para assistência técnica
 - Altos custos para treinamento de equipe/operador
 - Interfaces em inglês, pouco amigáveis e pouco flexíveis

Embora hajam rumores vindos da Ásia, Europa e EUA...

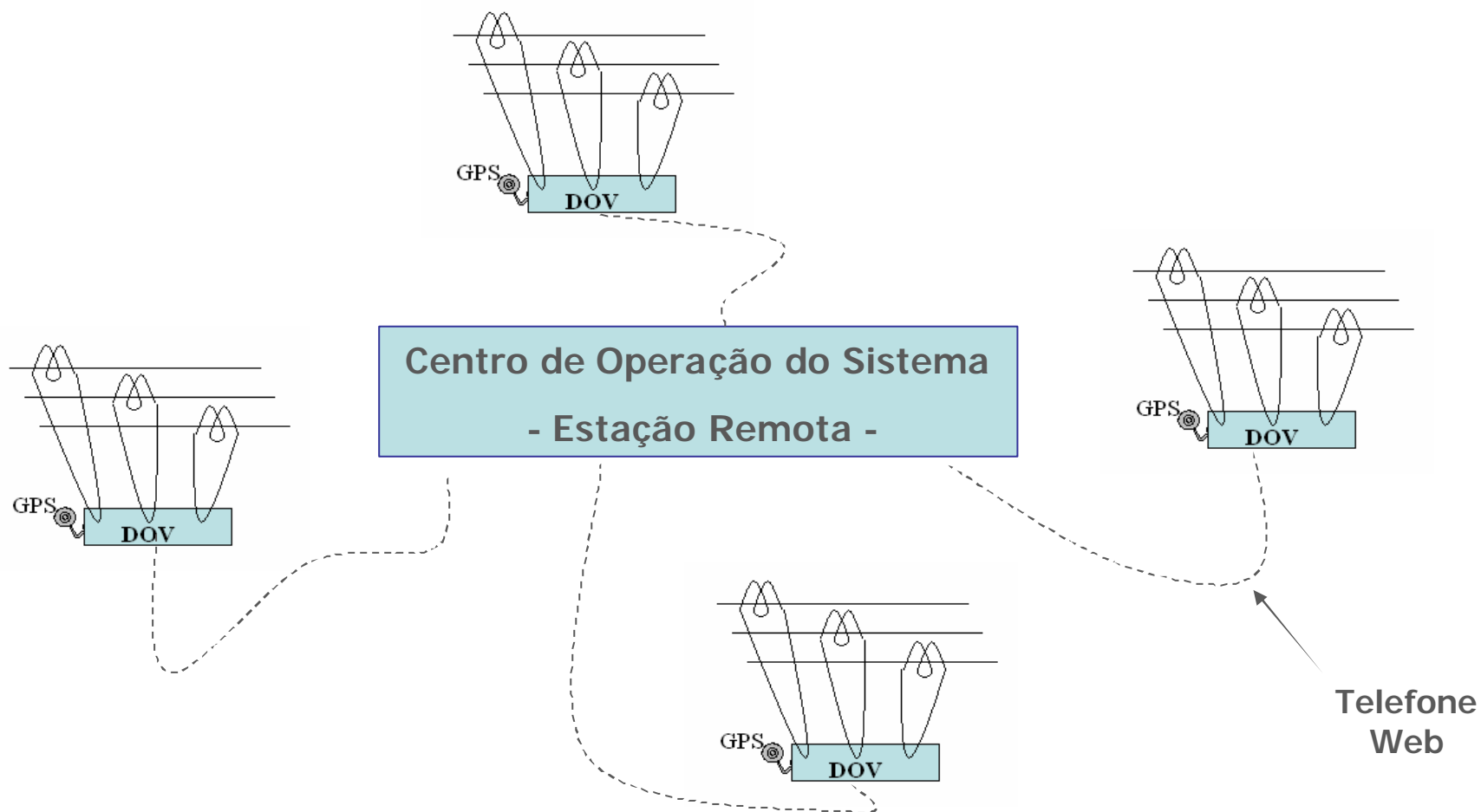


1010 010101010 0101
0100 Documenta 101
10 01 10001111000 0101

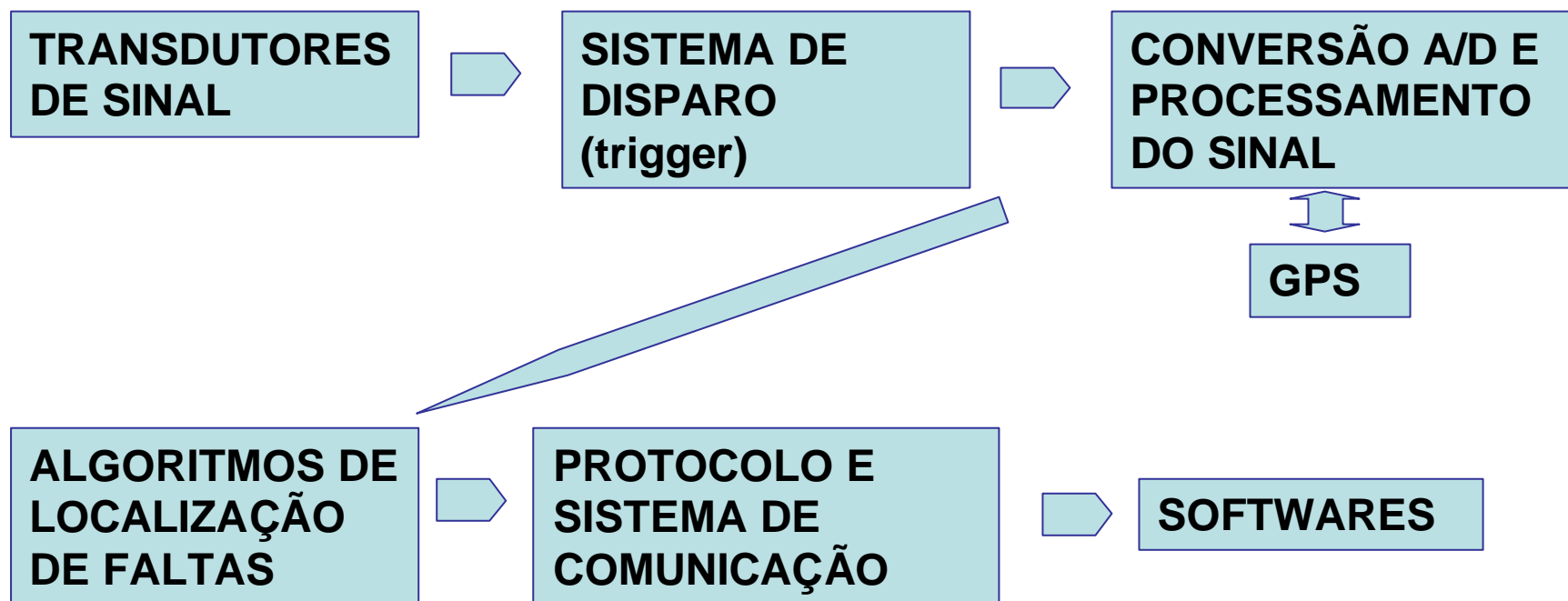
- Não parece haver no mercado tecnologia equivalente e de eficiência comprovada, voltada especificamente para a Distribuição
- Mesmo que tecnologia estrangeira seja disponibilizada no mercado, ainda assim, será uma tecnologia importada

E falando em tecnologia ...

- **Em conjunto** os sistemas **LDOV** e **SILDOV** podem ser representados pelo diagrama



- Os desenvolvimentos dos localizadores de faltas por ondas viajantes **de maneira conjunta**, foram divididos em **7** módulos de trabalho:



- Embora os módulos sejam os mesmos, os desenvolvimentos correspondentes ao LDOV e ao SILDOV diferem entre si

**TRANSDUTORES
DE SINAL**

**SISTEMA DE
DISPARO (trigger)**

**CONVERSÃO A/D E
PROCESSAMENTO
DO SINAL**

GPS

**ALGORITMOS DE
LOCALIZAÇÃO DE
FALTAS**

**PROTOCOLO E SISTEMA
DE COMUNICAÇÃO**

SOFTWARES

- Transdutores, instalados nas três fases, registram os sinais
- O trigger dispara o processo quando observa a chegada de um sinal transitório de falta
- Os registros dos transdutores são digitalizados e processados em conjunto com a medida de tempo do GPS
- O algoritmo localiza a falta a partir dos dados de entrada e comunica o resultado para estação de controle remota
- Os resultados são apresentados ao operador de forma clara e em português



Transdutores de sinal

- Uma das partes mais críticas do sistema
- São os olhos do sistema
- Transformar sinais transitórios de potência → sinais de baixo nível de potência **sem perder informações sobre as frequências do sinal original**
 - Os TC's e especialmente os TP's de medida convencionais, distorcem os sinais transitórios filtrando certas bandas de frequência, eliminando assim a informação sobre as OV's
- Representam um desafio



Transdutor de impedância

- O Selmag/Furb – através do trabalho do Dr Sérgio H. Cabral – desenvolveu e está patenteando esse transdutor, denominado

TRANSDUTOR DE IMPEDÂNCIA

- Trata-se de uma bobina de Rogowski capaz de transformar com fidelidade sinais transitórios de corrente e de tensão

Transdutor de impedância

- Foram desenvolvidos dois modelos:
 - Um para ser instalado em SE, no lado secundário do TC de medição → LDOV e SILDOV



Transdutor de impedância

- Outro para ser instalado diretamente na linha de Distribuição → SILDOV:



Arquiteturas



- Os sistemas de localização de faltas por OV:
 - LDOV/transmissão e SILDOV/distribuiçãoTerão diferentes arquiteturas
- **LDOV** → Arquitetura Distribuída
 - Em atenção às dimensões características de SE de transmissão
 - Os módulos de linha são instalados junto aos TC's de medição
 - Dados enviados à estação concentradora, por fibra ótica
 - Enviados ao Centro de Operação remoto

Arquiteturas



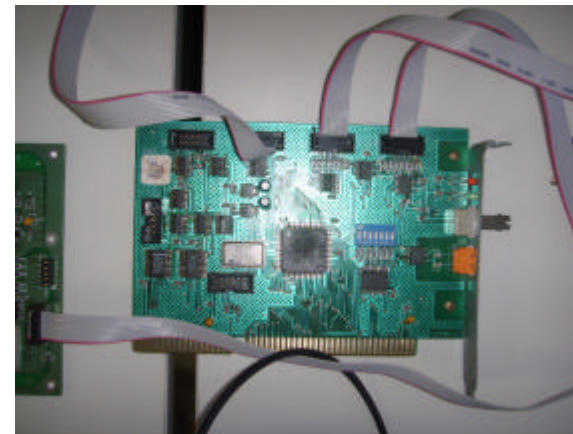
- **SILDOV** → Dois Equipamentos
 - Na SE
 - Arquitetura concentrada
 - Sinais dos transdutores são levados por fibra ótica até os módulos de linha
 - Dados enviados ao Centro de Operação remoto
 - Na Terminação da linha
 - Equipamento montado em poste
 - Dados enviados ao Centro de Operação remoto

Tecnologia de processamento

1010 010101010 0101
Documenta 10
0100 010101010 0101
10 01 10001111000



- Está se investigando o uso de duas tecnologias de processamento de sinais:
 - DSP
 - PLDem busca de melhor performance e melhor custo



Softwares e comunicação



- **Softwares de:**
 - **Configuração** dos equipamentos,
 - **Comunicação** e
 - **Análise de dados**

Sendo desenvolvidos e implementados junto as unidades de hardware e as estações remotas

- **Comunicação**
 - Via **telefone** (fixo ou celular dependendo da instalação)
 - Via **WEB**



Considerações Finais

SILDOV



1010 010101010 0101
Documenta 1010 010101
10 01 10001111000



- Localizador de Defeitos para a Distribuição
- 1º Protótipo em Julho de 2006
 - Sem características de produto final
 - Precisão de ~ 500 metros
 - Sensibilidade até ~ 7k Ω
 - Baixo custo
 - Assistência técnica nacional
 - Softwares em português

LDOV



1010 010101010 0101
Documenta 1101
0101 0101
10 01 10001111000



- Localizador de Defeitos para a Transmissão
- Projeto finalizado em Dezembro de 2006
 - Protótipo com características de produto final

LDOV



1010 010101010 0101
Documenta 1101
0100 0101
10 01 10001111000



- Precisão de ~ 500 metros
- Sensibilidade até ~ 7k Ω (até o momento)
- 8 módulos de linha
- Baixo custo em relação ao mercado
- Assistência técnica nacional
- Softwares em português
- Comercialização a partir de 2007





Equipe:



Paulo Rodrigues Andreus



Policarpo Batista Uliana

Luís Fernando do Nascimento Passos

Moacir Wendhausen

Márcio Besen



Aloízio Carlos Eble

Elisete Ternes Pereira

Juliano Bachmann

Orlando José Tobias

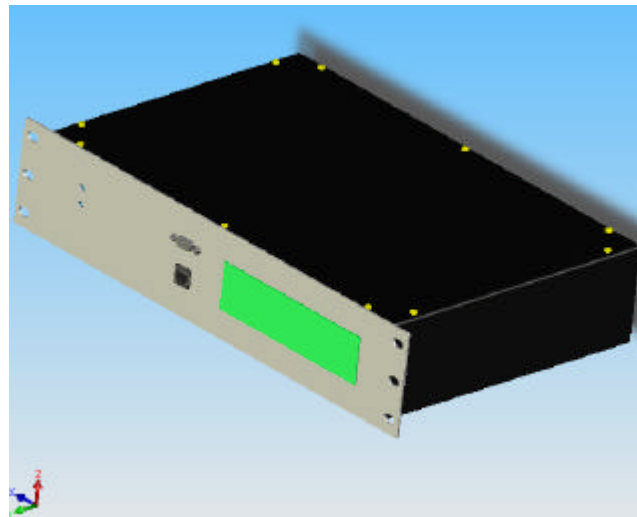
Rafael Martelli

Ricardo José de Oliveira Carvalho

Sérgio Henrique Lopes Cabral

David P.W. Thomas

Universidade de Nottingham



Obrigada

elisete@furb.br



1010 010101010 0101
010001001 01010101
10 01 10001111000 0101

Documenta

www.furb.br
