

# Sensor para Medição de Correntes em Linhas Aéreas de 13,8kV e 34,5kV

Vilson R. Mognon<sup>1</sup>, Ivan J. Chueiri<sup>1,3</sup>, Josimar Klechowicz<sup>1</sup>, Werner T. Bachmann<sup>1</sup>,  
Cristiane G. Langner<sup>1</sup>, Juliano V. Alberini<sup>1</sup> – LACTEC  
Marcos A. Grilo Rennó<sup>2</sup> – ENERSUL

**Resumo** - Com o controle mais rigoroso sobre a qualidade de energia em linhas de distribuição por parte das agências fiscalizadoras, torna-se necessário monitorar a carga nas mesmas para que se possa manter um bom padrão e eficiência na distribuição de energia elétrica.

A pesquisa e desenvolvimento de um dispositivo que permitisse medir e registrar corrente nas três fases de uma linha de distribuição, resultou no protótipo de um conjunto de Sensores de Baixo Custo Para Medição de Corrente em Linhas Aéreas de 13,8kV e 34,5kV.

Desta maneira o conjunto de sensores proposto, permite monitorar a variação de corrente nas três linhas de distribuição, onde um sensor de corrente principal (sensor central ou do meio), recebe informações dos sensores laterais, e os armazena, registrando a data e hora do evento. Este tipo de informação pode ser aquisitada a cada 5s até a cada 1hora, dependendo da forma com que for programado o software aplicativo de recepção.

**Palavras-chave**—Unidade Remota, Sensor de Corrente, Transmissão de Dados Sem Fio, Medição em AT, Leitura de Dados em AT.

## INTRODUÇÃO

Com o controle mais rigoroso sobre a qualidade de energia em linhas de distribuição por parte das agências fiscalizadoras, torna-se necessidade monitorar a carga nas mesmas para que se possa manter um bom padrão e eficiência na distribuição de energia elétrica.

A pesquisa e desenvolvimento de um dispositivo que permitisse medir e registrar corrente nas três fases de uma linha de distribuição, resultou no protótipo de um conjunto de Sensores de Baixo Custo Para Medição de Corrente em Linhas Aéreas de 13,8kV e 34,5kV.

Desta maneira o conjunto de sensores proposto, permite monitorar a variação de corrente nas três linhas de distribuição, onde um sensor de corrente principal (sensor central ou do meio), recebe informações dos sensores laterais, e os armazena, registrando a data e hora do evento. Este tipo de informação pode ser aquisitada a cada 5s até a cada 1hora, dependendo da forma que foi programado.

Posteriormente as informações armazenadas são transferidas via meio de comunicação “wireless” a uma unidade de aquisição de dados, como mostra a figura 1. Uma vez transferidos estes dados, os mesmo podem ser

analisados posteriormente, permitindo realizar estudos sobre as condições da linha ou das linhas onde os sensores de corrente estejam instalados.

A maioria dos dispositivos encontrados no mercado nacional e internacional, utiliza como meio de alimentação, baterias de lítio, que não permitem recarga. Em dispositivos que estejam instalados em locais de alta taxa de armazenamento, que por sua vez resulta em maior tempo de utilização, a vida útil destas baterias diminuem, sendo necessário à substituição periódica das mesmas. Isto acarreta em manutenção para alta tensão, onde os cuidados são redobrados e conseqüentemente implicam maiores custos operacionais.

Além destes cuidados, o custo da manutenção é alto, uma vez que o valor das baterias de lítio chegam a representar 100% do valor de cada sensor.

Preocupados com este tipo de condição, trabalhamos no desenvolvimento de um dispositivo onde a troca de baterias fosse desnecessária, ou seja, foi desenvolvido um dispositivo que além de atender os requisitos propostos na descrição inicial, não requeresse a troca de baterias. Para isto as baterias de lítio forma substituídas por baterias recarregáveis e um carregador de baterias foi inserido ao circuito eletrônico.

## DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema é composto por três sensores que são acoplados às três fases de uma linha de distribuição, e uma unidade remota com saída para o registrador de demanda, como mostra a figura 1.

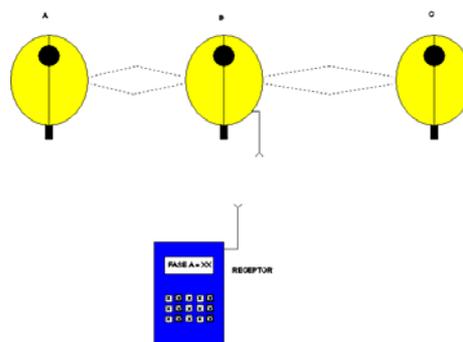


Figura 1. Diagrama em blocos do sistema.

## FUNCIONAMENTO DO SENSOR

A pesquisa e desenvolvimento do dispositivo sensor está dividida em duas partes. A parte mecânica, onde a maior preocupação foi com a funcionalidade do mesmo (figura 2), e a parte eletrônica que engloba toda à parte de registros e transmissão dos dados, composto pelos

circuitos de aquisição e armazenamento e outro para transmissão de dados (figura 3).

### Desenvolvimento Mecânico

Na parte de pesquisa e desenvolvimento mecânico, levou-se em conta criar um dispositivo funcional, de fácil manejo na sua instalação e desinstalação. Desde o formato, peso, modo de engate à vara de manobras, e principalmente a ponteira da vara de manobras a ser utilizada. Todos estes pré-requisitos foram levados em conta para que o conjunto sensor pudesse apresentar uma boa funcionalidade.



Figura 2. Parte mecânica do sensor

No que se refere à parte de alojamento dos circuitos eletrônicos, todo o espaço foi utilizado de forma a não interferir na disposição dos cartões eletrônicos.

### Desenvolvimento eletrônico

O circuito eletrônico foi desenvolvido para armazenar as informações enviadas pelos sensores de corrente. Para que posteriormente possamos ter as informações de maneira correta, a cada dado armazenado, registra-se também a data e hora do evento.

Em caso de desligamento por operação, ficará registrada a hora do mesmo, assim como em caso de desligamento por sobre corrente, o mesmo indicará que houve uma sobrecarga que ficará registrado.

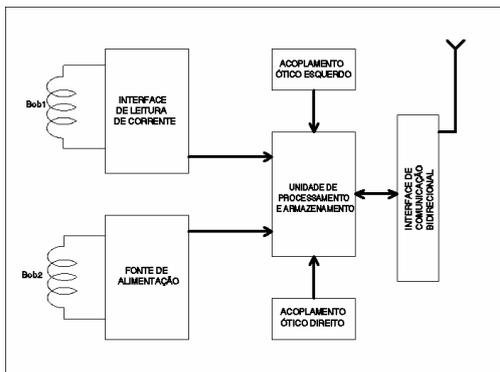


Figura 3. Circuito eletrônico do sensor mestre

Na figura 3 temos uma visão em diagrama de blocos

da parte eletrônica do sensor principal e na figura 4 uma visão dos sensores laterais.

Podemos observar na figura 4 (circuito eletrônico dos sensores laterais), que não existe meio de comunicação “wireless”, e sim óptico (protocolo IrDA).

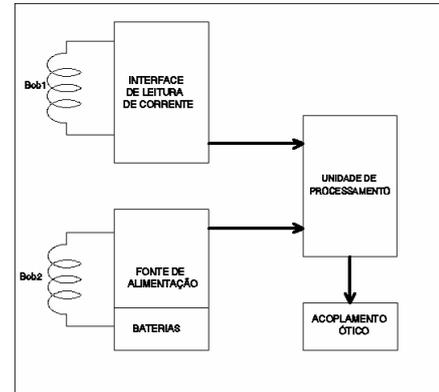


Figura 4. Circuito eletrônico dos sensores laterais

### Circuito controlador do sensor principal

O circuito de processamento do sensor principal, utiliza um microcontrolador ATMEGA8 da Atmel, para o gerenciamento das informações. Uma memória de massa foi inserida de forma a armazenar as informações provenientes dos três sensores. O relógio de tempo real foi introduzido somente no sensor de corrente principal, uma vez que este sensor armazena as informações proveniente dos outros dois e se encarrega de fazer o tratamento das mesmas, como mostra a figura 5.

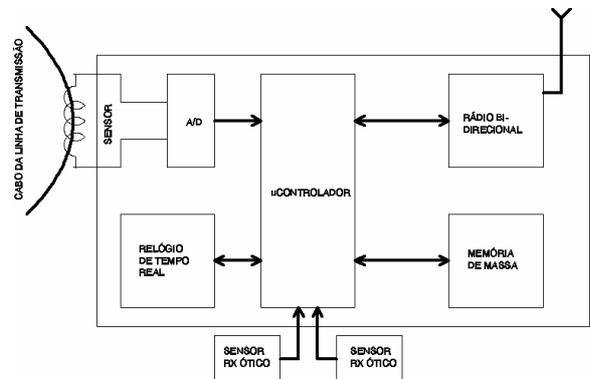


Figura 5 – Diagrama de blocos do circuito controlador do sensor principal

Os dois sensores receptores óticos recebem informações de corrente dos dois sensores laterais.

### Circuito controlador dos sensores laterais

Como os sensores laterais têm somente a função de medir o valor de corrente e enviá-los ao sensor principal, não há a necessidade de qualquer tipo de processamento (figura 6). Desta forma, neste circuito, utilizamos o transmissor ótico, e a informação é enviada utilizando-se um circuito PLL (Phase-Locked Loops), que converte o sinal senoidal em frequência. Na outra ponta (sensor principal), este sinal recebido pelo RX ótico, passa por outro PLL que o converte novamente em sinal senoidal. Este sinal passa pelo conversor A/D do processador que o transforma em valor TRUE RMS.

Este valor TRUE RMS, é o valor da corrente medida e armazenada na memória de massa. Os sensores laterais utilizam a mesma fonte de alimentação utilizada no sensor de corrente principal.

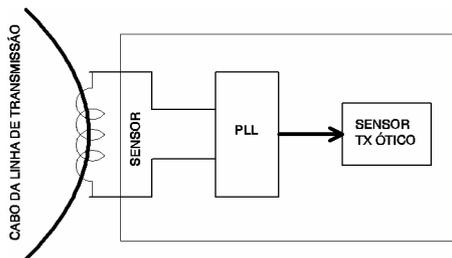


Figura 6 – Diagrama de blocos do circuito controlador dos sensores laterais

## CALIBRAÇÃO E TESTES EM LABORATÓRIO

Testes de funcionamento e desempenho foram realizados em laboratórios para que se pudesse verificar o funcionamento do dispositivo sensor (figuras 7 e 8).

Além deste testes o sensor deverá ser enviado para testes em campo pela ENERSUL, assim como continuarão em testes nos laboratórios do LACTEC.



Figura 7 – Ajustes no circuito sensor protótipo



Figura 8 – Vista do circuito eletrônico em funcionamento

## INSTALAÇÃO EM CAMPO

Uma unidade sensora foi instalada em para avaliação por parte da ENERSUL. Abaixo temos a seqüência de instalação do sensor em Campo Grande, MS.



Figura 9a – Instalação do sensor com linha energizada , 9b – Sensor instalado e operando

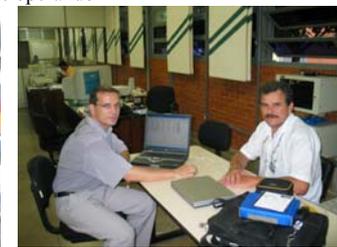


Figura 9c – Sistema de recepção recebendo dados do sensor em campo, 9d – Sistema de recepção nas dependências da ENERSUL

Nesta etapa do projeto além de termos verificado o funcionamento do sensor, a transmissão dos dados, pudemos verificar também o alcance da transmissão dos dados, sendo que a distância máxima foi de 2km, com uma potência de aproximadamente 300mW em 434Mhz.

## CURVAS OBTIDAS DOS SENSORES DE CORRENTE

Os sensores de corrente foram desenvolvidos para operarem na faixa de 1A a 500A, com a maior linearidade possível e alta precisão (0,03%), como mostram as figuras 10 e 11.

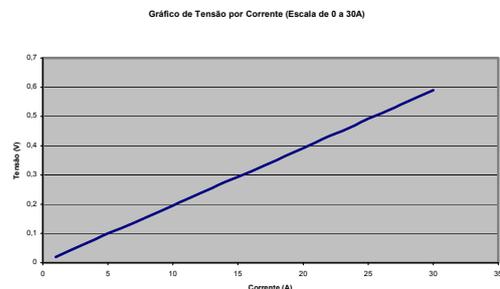


Figura 10 – Curva de tensão de saída x corrente de entrada na faixa de 1A a 500A

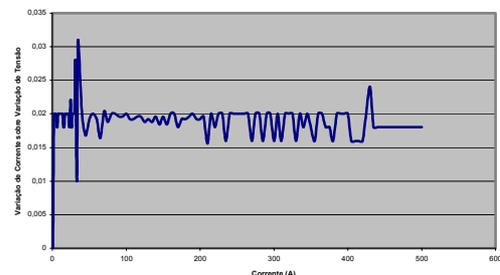


Figura 11 – Variação de tensão X corrente

## DESENVOLVIMENTO DO MOLDE

O projeto da ferramenta mecânica ou molde (figura 12a e 12b), foi concebido e desenvolvido pelo LACTEC, e poderá atender a este e outros projetos que tenham por objetivo serem acoplados a linhas de média tensão.



Figura 12a – Cavidade para uma das partes mecânica, 12b – base do molde de injeção da parte mecânica dos sensores

## CONCLUSÕES

O equipamento montado como cabeça de série, funcionou como previsto na descrição funcional do projeto. O transmissor do sensor teve sua antena redimensionada para que pudesse obter o maior alcance possível.

As aquisições são programáveis através do software aplicativo. Este software pode ser integrado ao sistema de automação da concessionária, através de protocolo de comunicação.

Está previsto a transferência do projeto a um parceiro industrial que estará disponibilizando o produto no mercado, após retrabalho de engenharia industrial..

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições de Luiz. Alfaro. Gamboa e Vitoldo. Swinka (LACTEC), a equipe de campo da ENERSUL, pelo apoio aos testes em campo, a empresa ENGRO INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS LTDA. Pelo seu apoio no desenvolvimento mecânico do molde de injeção,

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### *Relatórios Técnicos:*

- [1] Chueiri, I. J., “**Localização de Falhas em Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica**”, LAC-UFPR/COPEL, Comunicação Técnica 04/96, Curitiba, PR, jan. 1996, 15pp.;
- [2] Radiometrix – Módulos de Comunicação – UHF FM Data Transmitter and Receiver Modules – VHF Narrow Band for Data Transmitter and Receiver Modules;
- [3] Gamboa, L. R. A., “**Desenvolvimento de TC para Localizador de Falhas**”, LAC – UFPR/COPEL, Relatório CNEL 505/96, Curitiba, PR, 1996, 6pp.;

### *Livros:*

- [4] C. S. Roumenin, “Handbook of Sensors and Actuators” Volume 2, Ed. Elsevier Science B.V., The Netherlands, 1994, 416 pp.;
- [5] R. Frank “Understanding Smart Sensors” 1st ed, Ed. Artech House, USA, 1996, 269 pp.;
- [6] J. Fraden, “AIP Handbook of Modern Sensors – Physics, Designs and Applications”, ED. American Institute of Physics, 1993, 552 pp.;

### *Periódicos:*

- [7] Chueiri, I. J. (DOP/LAC/CNAT); Lippmann JR., L. (DOP/LAC/ CNAT); Sciammarella, S. F. (DOP/LAC/CNAT); Ramos, L. F. R. DE M. (DDI/CED); Klimkowski, M. (DOP/LAC), “**Localização de Falhas em Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica**”,

REVISTA ENERGIA- Informações, Estudos, Ensaios, V.3, N.4, P.21-25, mar.1996. 99558;

### *Dissertações e Teses:*

- [8] Swinka Filho, V., “**Desenvolvimento de um Sensor de Campo Elétrico Alternado com Transmissão por Fibra-Óptica**”. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Física da UFPR, Curitiba, PR, 1996, 46 pp.;

### *Normas:*

- [9] Standard Specification for Fiberglass-Reinforced Plastic (FRP) Rod and Tube Used in Live Line Tools. ASTM F711(1989). Philadelphia, PA, USA;

### *Patentes:*

- [10] I. J. Chueiri, “**Dispositivo Localizador de Falhas Aplicável em Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica**” Patente CONCEDIDA MU7600052, 9/07/2002;

### *Manuais:*

- [11] TESSIN – Indústria e Comércio – Catálogo de Núcleos;