

## **Rede automática de coleta de dados meteorológicos para utilização em projetos e operação de linhas de transmissão de energia elétrica**

Flávio de Carvalho Magina <sup>1</sup>

Luiz Edival de Souza <sup>2</sup>

<sup>1</sup> INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 01 - CEP 12630-000- Cachoeira Paulista – SP - Brasil  
magina@cptec.inpe.br

<sup>2</sup> UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá  
Caixa Postal 50 - CEP 37500-903 – Itajubá – MG - Brasil  
edival@unifei.edu.br

**Abstract:** This work describes the basics requirements for implementation of an automatic meteorological data collection network for design and operation of electrical transmission lines purposes. Equipments, sensors and telecommunications systems available in the international market were analyzed and specified.

**Keywords:** sensors, data acquisition, meteorological network sensors, electrical transmission lines, automation of meteorological measurements.

**Resumo** Este trabalho descreve os requisitos básicos para implementação de uma rede automática de coleta de dados meteorológicos para utilização em projetos e operação de linhas de transmissão de energia elétrica. São analisados e especificados os equipamentos, sensores e sistemas de telecomunicações disponíveis no mercado internacional.

**Palavras-chave:** sensores, aquisição de dados, redes de sensores meteorológicos, linhas de transmissão de energia elétrica, automação de medidas meteorológicas.

### **1. Introdução**

Parâmetros meteorológicos são fundamentais no dimensionamento de linhas de transmissão de energia elétrica. Isto se aplica tanto para novos projetos como para a operação e redimensionamento das linhas de transmissão já existentes. A norma ABNT NBR-5422 [1] define os principais parâmetros meteorológicos que são utilizados neste tipo de projeto. A temperatura do ar, velocidade e direção dos ventos são os parâmetros meteorológicos mais importantes.

Estes parâmetros meteorológicos podem ser obtidos através redes de estações meteorológicas em operação na região de interesse. Nota-se, entretanto, que para algumas regiões do Brasil a densidade das redes de estações meteorológicas é ainda muito pequena e em alguns casos quase nula. Em alguns casos, a confiabilidade e disponibilidade destes dados são insuficientes para as exigências de projeto. Uma estação meteorológica convencional, de operação manual, não é capaz de fornecer todos os parâmetros nas taxas e períodos de amostragem requeridos. Para a aplicação em questão a estação meteorológica a ser utilizada deve ser obrigatoriamente do tipo automática, também conhecida como Plataforma de Coleta de Dados Meteorológicos – PCD.

Para suprir a escassez de dados meteorológicos, propõe-se neste trabalho a implantação de redes automáticas de Plataformas de Coleta de Dados Meteorológicos ao longo do trajeto das linhas de transmissão existentes ou planejadas na região de interesse de estudo. Serão apresentadas e analisadas as características técnicas da estação PCD meteorológica automática, incluindo o subsistema de aquisição e armazenamento de dados, subsistema de telemetria, subsistema de energia e sensores que serão utilizados.

## 2. Requisitos Básicos da Rede de Coleta de Dados Meteorológicos

Segundo Menezes [2] os parâmetros de maior impacto no dimensionamento das linhas de transmissão são: velocidade do vento, direção do vento e temperatura do ar. Uma densidade da rede de estações PCDs em torno de 50 Km é aceitável para caracterizar com grande precisão os parâmetros necessários para projetos de linhas de transmissão.

Os dados de temperatura do ar devem ser obtidos de estações meteorológicas que atendam os requisitos básicos especificados pela Organização Mundial de Meteorologia – OMM [5]. De acordo com ABNT NBR-5422 [1] são necessários os seguintes registros de temperatura do ar, coletados por período mínimo de 10 anos: 1) temperatura mínima diária, 2) temperatura máxima diária, 3) temperatura média diária.

Ainda segundo a ABNT NBR-5422 [1] as velocidades do vento devem ser obtidas através de *sensores de velocidade do vento*, instalados em regiões e locais que permitam uma interpretação confiável dos dados, no que diz respeito a obstáculos para o vento e a categoria de rugosidade do terreno circunvizinho. Recomenda-se a instalação dos *sensores de velocidade de vento* em campo aberto, a 10 m de altura do solo, preferencialmente em regiões com coeficiente de rugosidade não inferior a 1,0.

## 3. Sensores

As estações automáticas ou PCDs geralmente são instaladas em locais remotos, muitas vezes de difícil acesso o que exige que os sensores que a compõem possuam boa confiabilidade reduzindo assim o número e o custo das visitas de manutenção corretivas e preventivas necessárias para garantir o fornecimento contínuo de dados.

Uma alternativa interessante disponível hoje no mercado internacional é o multi-sensor modelo WTX-510 fabricado pela VAISALA Inc. [3].



Figura 1 - Multi-Sensor WTX-510

Este instrumento compacto é capaz de medir seis parâmetros meteorológicos básicos: velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar, pressão barométrica e precipitação, tudo em um único conjunto transmissor que pode ser acoplado a qualquer datalogger (coletor de dados) com ou sem sistema de telecomunicações. Tal equipamento mostra-se muito apropriado para composição de extensas redes de sensores meteorológicos automáticos. As especificações dos sensores são apresentadas na Tabela 1.

O sensor de velocidade e direção do vento é do tipo ultra-sônico. Tal tipo de sensor, por ser totalmente eletrônico e não possuir componentes mecânicos móveis, é livre de manutenção ou calibração.

A pressão barométrica, a temperatura e umidade relativa do ar são combinadas num avançado módulo PTU utilizando método capacitivo para cada elemento. O módulo PTU é montado num abrigo ventilado que protege os sensores dos raios solares direto e refletido e também da chuva.

A medida de precipitação é baseada no sensor RAINCAP patenteado pela VAISALA, o qual detecta o impacto individual das gotas de chuva. O sinal produzido pelos impactos é proporcional ao volume das gotas. Assim, o sinal de cada gota pode ser convertido diretamente em precipitação acumulada.

**Tabela 1 – Especificações dos sensores**

<b>Sensor</b>	<b>Faixa de Operação</b>	<b>Exatidão</b>	<b>Resolução na Saída</b>
<b>Temperatura</b>	-52 a + 60°C	±0,3°C	0,1°C
<b>Umidade</b>	0 a 100% UR	± 3%UR: de 0 a 90%UR ± 5%UR: de 90 a 100%UR	0,1% UR
<b>Pressão Barométrica</b>	600 a 1100 hPa	± 0,5 hPa: de 0 a 30°C ± 1 hPa: de -52°C a +60°C	0,1 hPa
<b>Precipitação</b>	0 a 200 mm/h	5%	0,01 mm
<b>Velocidade do Vento</b>	0 a 60 m/s	±0,3 m/s ou ±2% o qual for maior	0,1 m/s
<b>Direção do Vento</b>	0 a 360°	±2°	1°

A saída de sinal dos sensores é combinada numa interface do tipo SDI-12, padrão de comunicação serial largamente utilizada pela indústria de sensores e dataloggers ambientais. Assim o multi-sensor WTX-510 pode ser integrado a qualquer datalogger que possua uma entrada serial.

Embora os parâmetros mais relevantes para projeto de linhas de transmissão sejam a temperatura do ar e velocidade e direção do vento, este multi-sensor oferece os demais parâmetros meteorológicos com uma relação custo-benefício bastante atrativa quando comparada com sensores individuais.

#### 4. Coletor e Transmissor de Dados – Datalogger

Várias opções de modelos e fabricantes de Dataloggers estão disponíveis no mercado internacional. Alguns requisitos são essenciais:

- Confiabilidade
- Robustez da caixa de acondicionamento
- Baixo consumo de energia
- Escalabilidade e modularidade
- Interfaceamento com dispositivos externos de telecomunicações
- Facilidade de programação

Dentre os vários fabricantes, tais como Campbell, Vaisala, Sutron, DRS, etc., um modelo de datalogger que se destaca atualmente é o SatLink 2 da Sutron Inc. [4], na figura 2, que além das funções básicas de datalogger possui incorporado um transmissor multi-satélites, podendo operar com vários satélites ambientais de coleta de dados, tais como: GOES, Meteosat, GMS, INSAT, FY2B, ARGOS e SCD (satélite brasileiro de coleta de dados do INPE). As especificações técnicas do datalogger são resumidas na Tabela 2.



Figura 2 – Datalogger SatLink 2

Todo o conjunto datalogger deverá ser acondicionado numa caixa de metal ou fibra padrão IP66 ou NEMA-4X. Os conectores externos da antena, painel solar e multi-sensor devem ser do tipo selado ambientalmente MIL-C-5015, ou MIL-C-26482 SERIES 1. A caixa com o datalogger e o sensor são afixadas a uma torre de 10 m de altura, em alumínio com pára-raios e sistema de aterramento.

**Tabela 2 – Especificações do Datalogger SatLink 2**

<b>Entradas Analógicas</b>	4 simples ou 2 diferenciais
<b>Resolução do Conversor A/D</b>	24 bits
<b>Linearidade</b>	$\pm 0,005$ FS
<b>Entrada de Pulsos</b>	Dedicada para contador de pulso
<b>Saída de Tensão de Referência</b>	2,5 V, 10,5 mA Max
<b>Interface SDI-12</b>	Suporta 10 sensores
<b>Memória Não Volátil (NVRAM)</b>	120.000 leituras
<b>Receptor GPS integrado</b>	Para garantir a exatidão do relógio interno
<b>RS-232</b>	Conector DB-9 com saída para terminal de programação, outro sistema de telecomunicações, etc.
<b>Transmissor multi-satélites</b>	Suporta satélites GOES, Meteosat, GMS, INSAT, FY2B, ARGOS e SCD

## 5. Subsistema de Energia

Para que a estação PCD possa ser instalada em locais remotos, onde não exista suprimento de energia elétrica disponível propõe-se um sistema de energia autônomo composto de baterias seladas e painéis solares. O painel solar será conectado à bateria selada através de um regulador eletrônico com proteção contra sobrecarga. Na quebra ou inoperância do painel solar a bateria deverá ser capaz de fornecer energia a PCD durante sete dias ininterruptos.

## 6. Subsistema de Telecomunicações para Alerta

Embora o modelo de datalogger selecionado já ofereça várias opções de transmissão para satélites ambientais, propõe-se ainda um subsistema de telecomunicações opcional para operação de alerta.

Assim, a PCD meteorológica poderá operar em dois modos:

- modo normal
- modo alerta

No “modo normal” a PCD armazena na memória local os dados horários e transmite para o sistema de satélite, SCD por exemplo, os dados coletados a cada três horas. Os satélites ambientais possuem um único sentido de comunicação (comunicação simplex) que vai da PCD para o satélite em questão. Outra característica de alguns satélites ambientais de órbita baixa (ARGOS e SCD, por exemplo) é que a comunicação Satélite-PCD só está disponível durante alguns minutos que é o “tempo de passagem” do satélite pela estação de recepção.

No “modo alerta” a PCD pode ser programada para detectar variações bruscas nas medições de um sensor ou combinar as respostas de vários sensores para caracterizar um determinado evento meteorológico que possa colocar a Linha de Transmissão em estresse ou risco de danos. Esta condição detectada é encaminhada para um sistema de telecomunicações que opera nos dois sentidos de comunicação (comunicação duplex) que deve obrigatoriamente estar disponível durante 100% do tempo. Com estas características é possível “interrogar” a PCD de uma base central para requisitar dados a qualquer momento que se fizer necessário.

Um sistema de telecomunicações que atende os requisitos de alerta é o sistema AUTOTRAC [6], baseado no satélite geoestacionário BRASILSAT. Este sistema foi projetado para atender a crescente demanda de monitoramento de veículos de carga e pode ser utilizado com vantagens como canal de alerta de um sistema de coleta de dados meteorológicos. O sistema é composto de um conjunto antena e transmissor acoplado, com saída em porta serial RS-232, conforme Figura 3.



**Figura 3 – Antena AutoTrac**

## **7. Estação Base, Banco de Dados e Subsistema Supervisório e de Alerta**

Os dados de sensores coletados por todas as estações PCDs que compõe a rede devem ser recebidos por uma estação base, onde serão armazenados continuamente em um banco de dados especialmente projetado para este fim.

Um subsistema supervisório se encarregará de gerar alertas sobre o funcionamento da rede de PCDs, monitorando os parâmetros elétricos básicos de cada estação (tensão da bateria, por exemplo).

Um subsistema especialista, a partir dos dados coletados e de uma outra base de conhecimento armazenada (com limites e cruzamentos de parâmetros meteorológicos) se encarregará de gerar os alertas meteorológicos aos gestores e operadores do sistema que realizarão as ações necessárias para garantir a segurança de operação das linhas de transmissão que estão sendo monitoradas.

## **8. Amostragem dos Sensores**

A tabela 3 abaixo resume a sistemática adotada para amostragem, armazenamento e transmissão via satélite dos dados medidos pelos sensores. As taxas e períodos de amostragem dos sensores são baseadas nas recomendações da Organização Mundial de Meteorologia – OMM. [5]

**Tabela 3 – Amostragem dos Sensores**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unid.</b>	<b>Taxa de Amostragem</b>	<b>Período de Amostragem</b>	<b>Dados gravados na memória</b>	<b>Dados transmitidos para o satélite</b>
<b>Temperatura do Ar</b>	°C	1 min	1 h 3 h 24 h	1 h média 24 h max e min Hora: 24 h max e min	Leitura instantânea, cada 3 h Últimas 24 h max and min, cada 3 h
<b>Umidade Relativa</b>	%	1 min	1 h 3 h 24 h	1 h média	Leitura instantânea, cada 3 h
<b>Pressão Atmosférica</b>	mB				
<b>Velocidade do Vento</b>	m/s	5 seg	10 min 1 h 3 h 24 h	1 h média 1 h desv padrão 3 h rajada 24 h rajada Hora: 24 h rajada	10 min média no topo de cada 3 h
<b>Direção do Vento</b>	°NV				
<b>Precipitação</b>	mm	evento	evento	Total acumulado no mês Hora do evento	Total acumulado no mês, cada 3 h

## 9. Conclusões

A confiabilidade dos equipamentos, a tecnologia dos sensores, as opções de telecomunicações disponíveis, a metodologia empregada na estação base, o baixo custo de manutenção e a excelente relação custo-benefício da rede de Plataformas de Coleta de Dados Meteorológicos apresentadas neste trabalho representam uma boa opção de investimento para as concessionárias de energia elétrica interessadas na obtenção de dados meteorológicos de alta confiabilidade e disponibilidade para utilização em projetos de dimensionamento e operação de linhas de transmissão de energia elétrica.

Menezes [2] enfatiza ainda que as condições meteorológicas têm expressiva influência no custo dos sistemas de transmissão. Além disso, tais diferenças ultrapassam com larga margem os custos inerentes à coleta de dados que se faz necessária para um conhecimento climático realístico que, muito mais do que beneficiar exclusivamente a transmissão de energia elétrica, tem potencialidades para subsidiar inúmeros outros ramos de atividade econômica que dela dependem.

## Referências

- [1] ABNT (1985), **Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica** – Procedimento – Norma Técnica NBR 5422
- [2] Menezes Jr. A.A. & Silvio filho, J.I. (1984). **Influencia de la Meteorología em Proyecto de Lineas de Transmisión - Análise de Costos**. *In Copimera – Rio de Janeiro*
- [3] [www.vaisala.com](http://www.vaisala.com) , site visitado em 10-10-2006
- [4] [www.sutron.com](http://www.sutron.com), site visitado em 11-10-2006
- [5] **Guide to Meteorological Instruments and Observing Practices**, World Meteorological Organization
- [6] [www.autotrac.com.br](http://www.autotrac.com.br), site visitados em 12-10-2006