

BOLETIM DE PESQUISAISSN 1413-9537
dezembro, 1996

Número 1/96

COLETOR DE DADOS: *um subsídio para escolha*

Ricardo Yassushi Inamasu

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária******Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária******Ministério da Agricultura e do Abastecimento******Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP******Telefone: (016) 274 2477 - Fax: (016) 272 5958***

ISSN (Nº) 1413-9537

BOLETIM DE PESQUISA Nº1

Dezembro, 1996

COLETOR DE DADOS: um subsídio para escolha.

Ricardo Yassushi Inamasu

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP
Telefone: (016) 274 2477 - Fax: (016) 272 5958*

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao
CNPDIA
Rua XV de Novembro, 1452
Telefone: (016) 274-2477
Telex: 162 406 EBPA
Caixa Postal: 741
13560-970 São Carlos, SP

Tiragem: exemplares:

Comitê de Publicações

SUMÁRIO

RESUMO	4
INTRODUÇÃO	4
AQUISIÇÃO E REGISTRO DE DADOS	5
SENSORES	10
COLETOR DE DADOS	20
IMPEDÂNCIA	21
GANHO (AMPLIFICAÇÃO)	22
CONVERSÃO DE SINAL ANALÓGICO PARA DIGITAL	23
AFERIÇÃO E CALIBRAÇÃO	26
PROGRAMAÇÃO	27
TABELA EM PLANILHAS ELETRÔNICAS (FORMATO DE DADOS)	29
COLETOR DE DADOS DO CNPDIA	30
LITERATURA RECOMENDADA	33
REFERÊNCIA	34
GLOSSÁRIO	36

RESUMO

A pesquisa agropecuária, para avançar a fronteira tecnológica e do conhecimento, tem necessitado cada vez mais levantar dados que representam variações dinâmicas correlacionados com múltiplos parâmetros em uma escala de espaço que exige um sistema de aquisição de dados automáticos.

No Brasil, com o presente cenário de mercado, a pesquisa já tem disponível uma vasta gama de ferramental para se armar e realizar medidas e levantamento de dados em campo. Através das várias atividades realizadas pelo Centro de Instrumentação da Embrapa, detectou-se a necessidade de um material que pudesse informar conceitos básicos na área de sistemas de medida para iniciar o uso de tais sistemas em campo.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar alguns dos conceitos fundamentais em sistema de medida em campo informalmente enfocando sensores e coletores de dados.

INTRODUÇÃO

Para os especialistas da área, não é concebível uma agricultura do futuro sem a automação. Uma automação holística e sistêmica que auxilie profundamente na sustentabilidade, tanto do processo produtivo como do desenvolvimento econômico e social é um grande desafio para a sociedade.

Um dos elementos estratégicos para iniciar a automação em direção à agricultura do futuro é o domínio da tecnologia em aquisição automática de dados. Não é possível realizar qualquer tipo de controle de um processo em um sistema sem que se tome conhecimento da variável a ser controlada. Muitos elementos das variáveis encontradas em processos agropecuários e agroindustriais ainda carecem de metodologias para serem medidos. Ainda há muito a pesquisar e desenvolver para que se chegue ao nível tecnológico em que se encontra a automação industrial na área de metal mecânica.

Em nível da pesquisa, um levantamento efetuado em 1996 entre as lideranças de pesquisa da Embrapa (respondidas por 107 líderes de projeto), evidenciou que 17% possuem um sistema instalado entre os que acreditam possuir necessidades de sistema de aquisição automática de dados. Uma das dificuldades mais apontadas é a falta de informação (54%).

Com o intuito de suprir informações gerais e conceitos básicos em sistema de medida na área agropecuária para atender pesquisadores e estudantes da área agropecuária e agrícola o presente trabalho apresenta tópicos em Aquisição de Dados enfocando conceitos de sistemas de medida. O trabalho é subdividido em três partes: Aquisição e Registro de Dados, Sensores e Coletor de Dados.

Por último, apresenta-se um glossário de termos encontrados em catálogos de sensores e coletores de dados, procurando inserir no escopo de sistemas de aquisição de dados em ambiente agropecuário. Muitos fabricantes utilizam alguns termos incorretamente, gerando dúvidas e uma certa inquietação no leitor. Os motivos da falta de padronização são vários. Um deles é a necessidade do fabricante diferenciar o seu produto do seu concorrente; um outro motivo é a falta de conhecimento técnico do tradutor. Quaisquer que sejam os motivos, o presente trabalho não tem a pretensão de propor termos e padrões, mas apenas ilustrar o assunto e abranger os termos mais comuns encontrados no mercado.

AQUISIÇÃO E REGISTRO DE DADOS

Uma das dificuldades de medidas automáticas é o registro dos dados obtidos em campo. O registro de dados automáticos possibilita, entre as principais vantagens, a eliminação de erros humanos na leitura de sensores; erros de digitação, perdas de dados; sincronismo de leitura entre vários instrumentos e freqüência de leitura com intervalos precisos.

Os primeiros registradores de dados foram mecânicos e efetuados através de papéis, como encontrados em sismógrafos. Uma pena se deslocava no eixo da intensidade da variável a ser medida e o papel no sentido ortogonal, de forma a obter um registro gráfico da variável no tempo. Com o desenvolvimento da eletrônica, esses registradores foram evoluindo incorporando, inicialmente, acionadores de penas eletrônicos e posteriormente surgiram modelos em que os registros eram efetuadas em fitas magnéticas. Nessa época, o grande desafio, para o uso em campo, era melhorar o meio de proteger o equipamento contra as intempéries da natureza e torná-lo portátil.

Com o advento da microeletrônica, em especial dos microprocessadores digitais, a redução das dimensões se tornaram viáveis. Com o crescimento vertiginoso do uso de microprocessadores, o custo se reduziu consideravelmente, permitindo a sua aplicação em equipamentos de leitura e armazenamento de dados em campo. Incorporando novas funções, como a comunicação direta com um computador, eliminou os erros decorrentes da digitação na passagens de dados.

As características principais para que um instrumento microprocessado portátil possa trabalhar em campo, incluindo-se máquinas agrícolas, são ditadas pela condição em que o equipamento irá trabalhar. As condições de campo são extremamente adversas e entre elas pode-se citar:

- Grandes distâncias e variabilidade espacial;
- Grandes variações da umidade relativa do ar;
- Grandes oscilações de temperaturas;
- Presença de orvalho, poeiras, ventos fortes, raios solares, fungos e insetos no interior do equipamento;
- Possibilidades de fortes chuvas e granizo;
- Indução de altas tensões no circuito através de raios;
- Baixa qualidade da energia elétrica;
- Qualidade da mão-de-obra e
- Presença de vibração, entre outras.

Para atender aos requisitos das condições de uso o equipamento deve possuir, entre as características de construção e de projeto eletrônico, dimensões reduzidas e baixo consumo. Tais características propiciam uma devida proteção ao circuito eletrônico. Possibilita um projeto de caixas com proteções mais eficientes e de fácil transporte.

No mercado já existe uma gama relativamente grande de coletores de dados. Os mais comuns são os coletores para uso em controle de estoque e terminais de vendas, com inserção manual de dados através de teclados ou automáticos acoplados a um leitor ótico de códigos de barra. Esse tipo de equipamento facilita a transferência dos dados para o computador, eliminando muitos dos erros de digitação.

A outra classe de coletor de dados é o assunto deste trabalho. São os coletores de dados para leitura de sensores. A leitura dos sensores é efetuada automaticamente em períodos pré-programados. Os coletores de dados universais podem ser programados pelo próprio usuário e possibilitam configurar um sistema de aquisição de dados com vários sensores, de acordo com a necessidade. A seguir, serão listados sucintamente alguns dos elementos mais presentes podem compor um sistema de aquisição de dados:

- a. **sensor/transdutor:** é o elemento em contato com o mundo real. Um transdutor transforma um sinal a ser medido em um outro tipo (geralmente elétrico). É formado pelo elemento sensível primário, elemento conversor primário e elemento conversor de variável. Atualmente, existem no mercado sensores "inteligentes", que incorporam o elemento de conversão de sinal e de transmissão de dados digitais "diretamente" a um microcomputador;
- b. **elemento sensível primário:** este elemento é a parte do sensor que entra em contato com o mundo real. Pode ser uma concha que recebe o vento para

transformar a variável de interesse (velocidade do vento) em rotação.

- c. **elemento conversor de sinal:** este elemento converte uma variável em outra. Por exemplo: rotação em sinal elétrico, sinal analógico em digital, voltagem em corrente etc. Em sensores, é o elemento que incorpora o princípio de transdução.
- d. **elemento armazenador de dados:** este elemento armazena os dados digitais possibilitando “arquivar” esses dados. Fisicamente pode, ser um semicondutor (memória), um disco magnético ou uma fita K7;
- e. **elemento de processamento de dados:** os dados são processados por microprocessadores ou microcontroladores programáveis, antes de serem apresentados. Em alguns casos, pode ser um microcomputador;
- f. **elemento transmissor de dados:** a transmissão é o elemento mais versátil e complicado do sistema. Fisicamente, pode ser um simples par de fio até rádios. É nesse meio que se necessitam protocolos para conectividade.
- g. **elemento de apresentação de dados:** a apresentação pode ser um indicador luminoso em uma tela de microcomputador.

A Figura 1 ilustra um diagrama em blocos onde estão presentes uma configuração relativamente padrão dos sistemas de aquisição de dados utilizando coletor de dados para sensores. Os três blocos maiores representam sensores, coletor de dados e um microcomputador. Os sensores são formados por um elemento sensível primário e um elemento conversor. O sinal da leitura é enviado a um coletor de dados através de fios e cabos até um coletor de dados. O coletor de dados, então, converte os sinais em formato digital e os armazena em memória digital. O elemento manipulador de variável está presente apenas para indicar que um sinal digital ou até analógico é manipulado

convenientemente até que os dados sejam armazenados corretamente na memória. O elemento transmissor de dados poderia estar presente para garantir a comunicação entre coletor de dados e microcomputador. Observa-se que o elemento transmissor de dados poderia estar também entre sensores e coletor de dados; entretanto, não é comum encontrar tal configuração. O elemento transmissor de dados presente no microcomputador é, além de um circuito eletrônico (normalmente I/O serial RS232), um programa de interface. Esse programa deve ser fornecido junto com o coletor de dados e tem a função de retirar os dados armazenados no coletor de dados e armazená-los no disco (arquivo) do microcomputador. Com os dados armazenados em arquivo, o processamento e análise podem ser efetuados através de aplicativos comerciais, como planilhas eletrônicas (por exemplo, Lotus 123, Quatro Pró, Excel etc.)

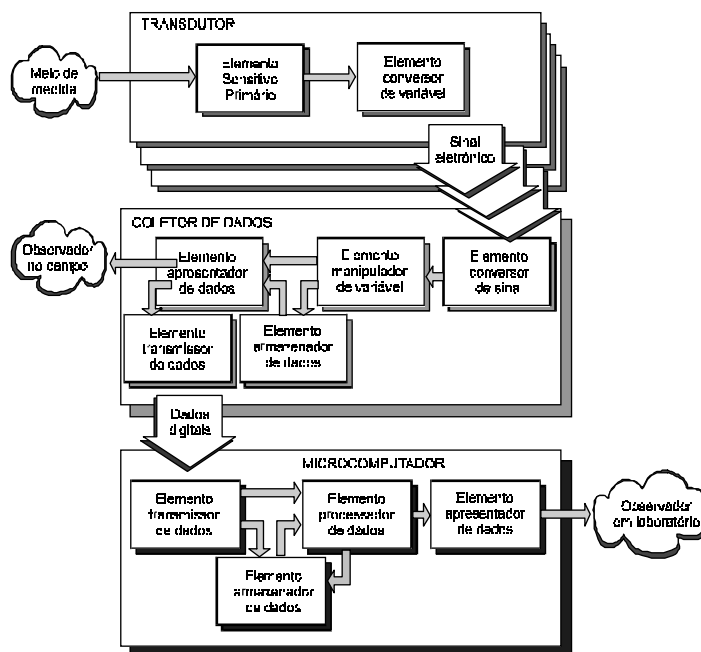


Figura 1 - Configuração de um Sistema de Aquisição de Dados normalmente encontrado em coletores de dados (topologia de transdutores em estrela).

Alguns equipamentos de leitura não possuem a característica de “programabilidade”. Eles são conhecidos como equipamentos dedicados e efetuam a leitura de apenas um tipo específico de sensor (geralmente é um conjunto de equipamentos que são adquiridos para um determinado fim). Por serem dedicados podem possuir maior qualidade na leitura ou um custo mais acessível.

O enfoque principal deste trabalho são os coletores de dados universais.

SENSORES

O primeiro passo para configurar um sistema de aquisição de dados utilizando coletor de dados é a escolha de sensores. O levantamento prévio de parâmetros físicos a serem lidos é fundamental para que se obtenha os resultados esperados. Algumas das variáveis físicas que podem ser medidas com sensores encontrados no mercado são:

- **Fluxo:** água corrente, água no solo, calor do solo, consumo de combustível, evaporação, velocidade e direção do vento;
- **Força:** cisalhamento, peso (balança), compressão, tração, torque;
- **Concentração:** cloro, dióxido de azoto, dióxido de enxofre, dióxido de carbono, hidrogênio, monóxido de carbono, sulfato de hidrogênio, Ph;
- **Dimensão (distância):** altímetro, nível (volume) de grãos, nível (volume) de líquido, nuvem (medidor de teto);
- **Precipitação:** detecção de orvalho, pluviômetro;
- **Pressão:** pressão absoluta (barômetro), pressão no meio gasoso, pressão no meio líquido;
- **Radiação:** infravermelho (detector), radiação solar (detector), radiação solar - líquida, radiação solar lux,

radiação solar piranômetro, radiação solar quantum, radiação solar UVA, radiação solar UVB;

- **Temperatura:** de meio gasoso (exemplo, ar), de meio líquido, de solo/grãos, de superfície sólida;
- **Umidade:** do solo, umidade relativa - ar, de grãos, de vegetal e
- **Outras Variáveis:** potencial matricial do solo, visibilidade.

Observa-se que algumas variáveis podem ser obtidas através de composição de sensores, como no caso da potência (torque e rotação).

Após a seleção das variáveis, a escolha do modelo e fabricante do sensor deve ser efetuada através da documentação técnica do fornecedor. É comum obter as informações de usuários que já possuem sistemas em funcionamento. Na documentação técnica dos sensores devem estar presentes, pelo menos, a faixa de trabalho e a precisão. A faixa de trabalho são o valor mínimo e o máximo que o sensor pode medir. Por exemplo, no caso do sensor de força de tração, sendo a faixa de -1000 a 1000 N, significa que o máximo de força que esse sensor pode medir é de 1000 N e o mínimo é de uma compressão de 1000 N (tração negativa é igual a compressão). Fora dessa faixa, a leitura pode apresentar com um erro indesejável. A faixa de trabalho pode constar em catálogos sob outros termos, como "span" e "range". A precisão é relacionada ao erro que um sensor pode apresentar na leitura. Um sensor preciso apresenta um erro menor. Nas documentações técnicas, é praticamente obrigatório a apresentação do valor do erro cometido pelo sensor durante a leitura. Os erros podem ser apresentados em relação ao valor lido, em relação ao fundo de escala ou uma faixa de valor. Por exemplo, no caso do sensor de força de tração acima mencionado, o erro pode ser de ± 1 N. Isso significa que quando efetuar a leitura e obtiver o valor 1 N (v_l), apesar do valor esperado v_{esp} ser de 1N, o valor real está entre 0 N a 2 N, i. e.

$$(1 - 1) < v_{esp} < (1 + 1)$$

E para leitura de 903 N o valor real está entre 902 e 904 N:

$$(903 - 1) < v_{esp} < (903 + 1)$$

A Figura 2 ilustra graficamente o erro nominal. Caso o erro seja apresentado como $\pm 1\%$ do valor lido, o valor real para a leitura de 1N está entre 0,99 N e 1,01 N (1 % de 1N igual a 0,1N), i.e.:

$$(1 - 1.1/100) < v_{esp} < (1 + 1.1/100)$$

E de 893,97 N a 912,03 N (1 % de 903 N igual a 9,03N), quando a leitura for de 903 N :

$$(903 - 903.1/100) < v_{esp} < (903 + 903.1/100)$$

O erro em relação ao fundo de escala expressa o mesmo sentido que o erro por valor. Caso o erro seja de 1% em relação ao fundo de escala, seguindo o mesmo exemplo, equivale ao erro de ± 9 N. A Figura 3 ilustra graficamente o erro proporcional à leitura.

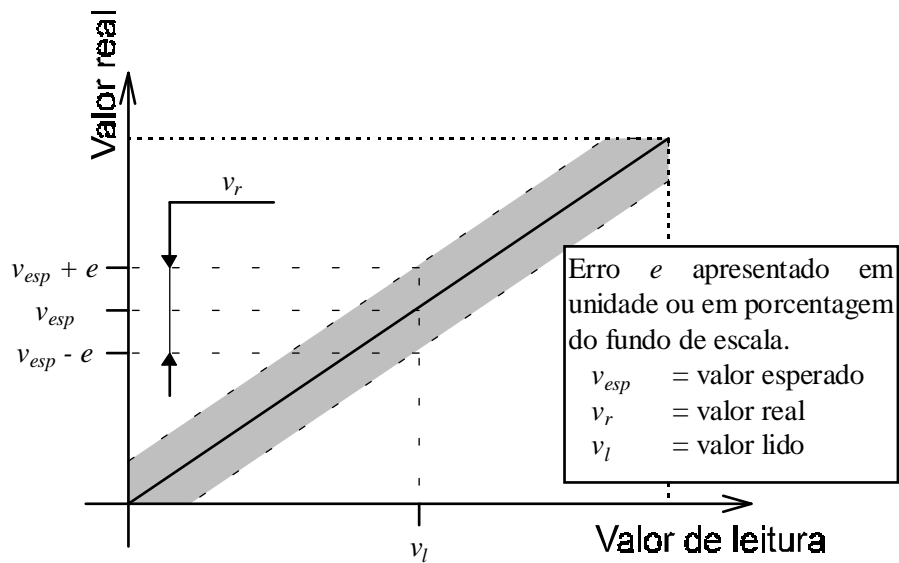


Figura 2 - Erro nominal.

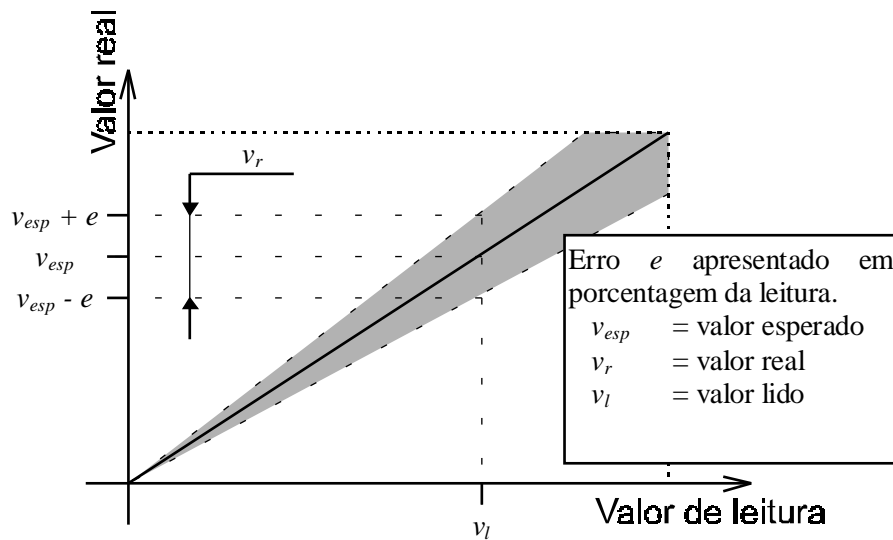


Figura 3 - Erro proporcional à leitura.

A precisão e a faixa de trabalho são os elementos mais importantes para a escolha do sensor. Entretanto, ao efetuar a leitura de um catálogo, se deparar com outros parâmetros apresentados em mV (milivolt) , mA (miliampère), entre outros. A razão de se apresentar essas unidades é o sinal de saída do sensor. Nesse caso, os sensores podem ser considerados os elementos que irão transformar a variável de seu interesse em uma outra elétrica para que o sinal na forma elétrica possa ser enviado a um elemento leitor de sinal elétrico. Esses tipos de sensores são denominados transdutores, que são elementos que transformam um tipo de sinal em outro. O elemento leitor do sinal, no escopo deste trabalho, é o coletor de dados.

Nos transdutores, devido ao valor esperado v_{esp} possuir uma unidade diferente do valor lido v_l , a relação entre os dois valores são expressas em sensibilidade s . A sensibilidade é expressa em unidade de saída por unidade de entrada. Portanto, se o sinal de saída de um transdutor for de 2 mA, aplicando 2N na entrada a sensibilidade é de 1 mA/N. Quanto maior a sensibilidade, o transdutor apresentará um maior nível de saída para um determinado valor de entrada.

A forma como um transdutor transforma um tipo de variável em outro é conhecida como princípio de transdução. Os princípios de transdução se utilizam dos fenômenos físicos, como alteração da dimensão, para alterar a resistência elétrica (a condutividade elétrica depende do diâmetro do fio). Existem muitos princípios de transdução; e a teoria e seu equacionamento podem ser encontrados na literatura. Para o presente trabalho apresenta-se apenas que, dependendo do princípio de transdução, os erros e sensibilidades podem se apresentar de uma diferente com exposição de algumas dessas razões. Para esta exposição os transdutores foram divididos em ativos e passivos, digital e analógico.

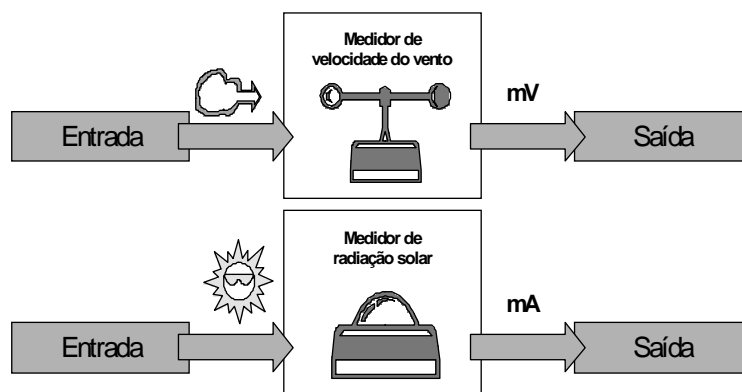


Figura 4 - Ilustração de transdutores passivos.

Os transdutores ativos geram a variável de saída (sinal elétrico) excitada pela própria variável de entrada (vide Figura 4), isto é, não necessita de alimentação. É o caso de um sensor de radiação solar que utiliza termopilha como princípio de transdução. Conforme a intensidade da radiação solar, a termopilha gera uma corrente elétrica, que é proporcional à energia solar aplicada. Um outro exemplo é o do sensor de velocidade do vento que utiliza um gerador como elemento de transdução, gerando uma tensão elétrica proporcional à rotação das palhetas causada pelo vento.

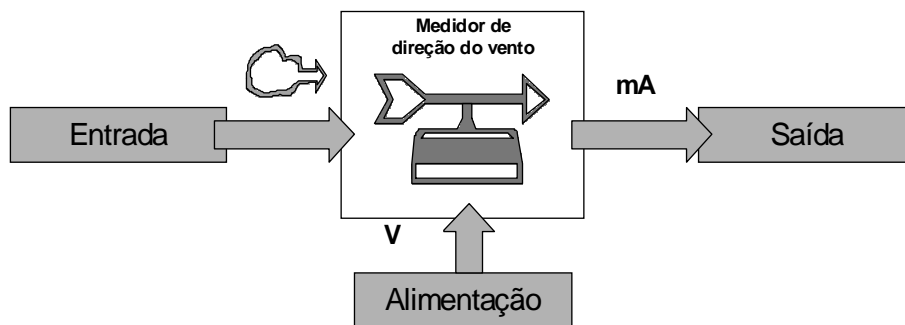


Figura 5 - Ilustração de um transdutor passivo.

Os transdutores passivos necessitam de uma alimentação, como ilustrado na 5. É o caso, por exemplo, de transdutor que utiliza a variação da resistência elétrica como princípio de transdução. É possível encontrar sensor para medir a direção do vento que utiliza potenciômetro para indicar a direção. Para medir a variação da resistência é necessário aplicar uma tensão e observar a variação da corrente elétrica. Para esse tipo de transdutor deve-se observar a “qualidade” da alimentação. No exemplo, caso a tensão de alimentação varie, a leitura irá variar proporcionalmente, introduzindo um erro adicional no sistema. Tais erros podem ser compensados eletronicamente e os fabricantes devem indicar a variação permissível da alimentação, como o uso correto do sensor. A vantagem sobre os passivos está na possibilidade de se obter maior sensibilidade em transdutores.

Uma outra divisão importante são os digitais e analógicos. Os analógicos possuem como característica sinais contínuos que portam na sua intensidade o valor de interesse. Os digitais se caracterizam pela lógica de dígitos 1 e 0, ou seja, sistema binário. Por exemplo, um sensor de presença, como encontrado em portas automáticas de aeroporto, indica apenas a presença ou a ausência de transeunte. São utilizados, também, para medir rotação em eixos através de chaves eletrônicas que fecham o circuito a cada volta. Registrando o período de fechamento da chave tem-se o

tempo de uma volta e, conseqüentemente, a rotação do eixo. Há medidor de velocidade do vento que utiliza esse tipo de transdução. A Figura 6 ilustra um gráfico resultante desse processo. A distância horizontal entre pulsos é o tempo. Portanto, é possível obter o tempo entre ocorrências além do total de pulsos em um determinado intervalo de tempo. Um coletor de dados, possuindo entradas para eventos discretos ou contadores pode apresentar dados para traçar um gráfico semelhante ao da Figura 6.

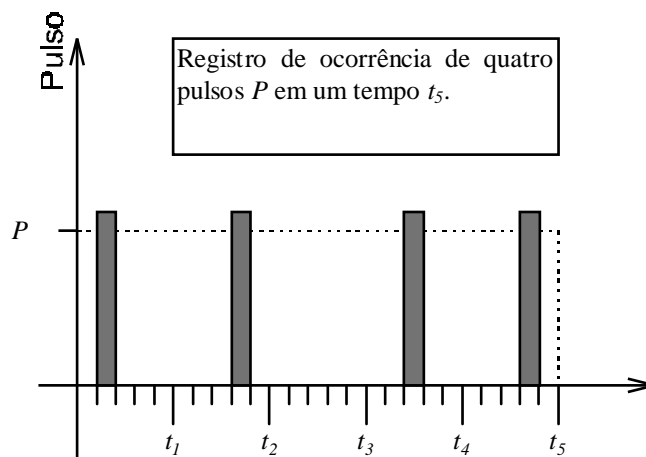


Figura 6 - Dados em pulsos.

Devido ao registro de pulsos em função do tempo, é possível calcular a velocidade de eventos. Esta técnica é também comumente utilizada para medir velocidade, rotação e fluxo.

Há códigos binários que podem ser utilizados para indicar posicionamento, como ilustrado na Figura 7. As quatro chaves (ou 4 bits) indicam uma posição angular. No exemplo da figura, 0101 binário indica 10 no sistema decimal, ou 0100 indica 4 decimal. É oportuno mencionar que sendo de 4 bits, o erro máximo cometido pelo transdutor é de $\pm 1/32$ voltas e a resolução é de $1/16$ voltas (com 4 bits é possível dividir uma volta em 16 partes).

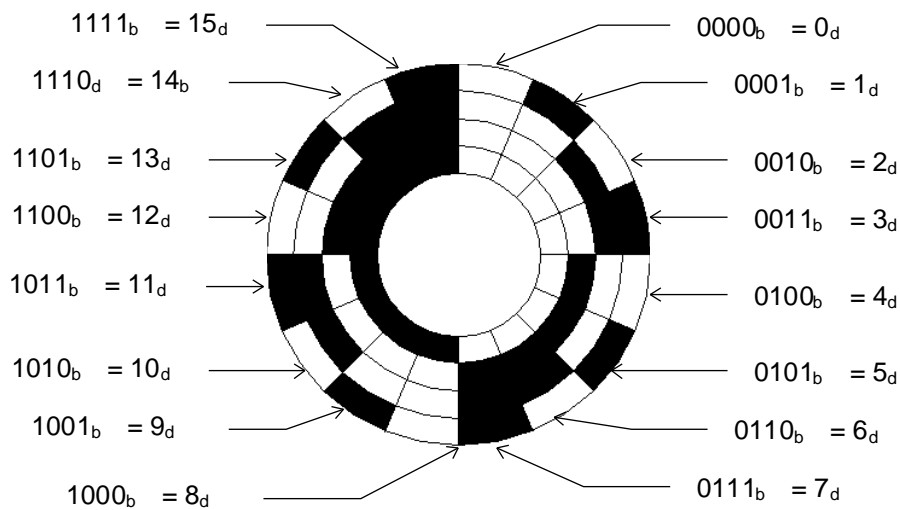


Figura 7 - Código binário sobre transdutor digital de posição angular.

A Figura 8 ilustra um pluviômetro baseado em sistema de balança. Em cada ponta do balança há uma concha. Quando a concha é preenchida com um determinado volume, o braço basculante alterna para a outra concha. A cada preenchimento um pulso elétrico é fornecido como sinal de saída. O número total de pulsos é o volume total da chuva.

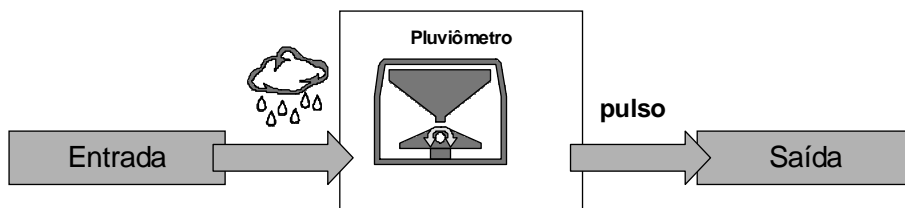


Figura 8: Pluviômetro com sistema de balança como princípio de transdução.

O sistema digital é, atualmente, o mais conveniente; primeiro, devido aos computadores e microprocessadores

possuírem o sistema binário como unidade nativa e segundo devido à maior imunidade a ruídos provenientes de campos eletromagnéticos.

É oportuno, neste momento, apresentar a resolução. A resolução é uma terminologia adotada para indicar a menor unidade legível do instrumento. Observando-se um instrumento digital com casas decimais fixas, a menor unidade indicada no visor (a última casa) é a resolução. O erro sendo menor que a resolução, não é necessário se preocupar com a precisão, pois a precisão é a resolução do instrumento. O exemplo clássico é o da fita métrica, que marca apenas centímetros contra uma régua milimétrica. A régua milimétrica possui menor resolução (milímetro). Um outro exemplo é o do pluviômetro, ilustrado na Figura 8, com sistema de basculo que possui mililitro de resolução. A cada milímetro de chuva, uma das conchas é preenchida e um movimento da gangorra é aplicada ao braço basculante emitindo um pulso eletrônico. Em uma chuva moderada pode-se encontrar uma boa precisão; entretanto, para uma chuva torrencial, o sistema basculante pode não acompanhar a dinâmica da chuva e perder a precisão. Nesse caso, o erro é maior que a resolução.

Um outro exemplo em que o termo resolução está sendo muito utilizado é para descrever a qualidade de um monitor de vídeo de computador. É comum encontrar o termo 640 x 480 pixels, 800 x 600 pixels e assim por diante. Essa especificação de resolução se refere à quantidade de pontos que a tela se apresenta. Portanto quanto maior o número de pontos na tela, a “resolução” da imagem será melhor para o usuário. Devido ao termo ser adotado para essas finalidades, é comum presumir generalizadamente que uma resolução maior traz vantagem ao usuário. Entretanto, deve-se salientar que, em sensores, uma resolução menor pode trazer dados mais precisos e é necessário, portanto, que o usuário distinga o contexto do termo utilizado.

Devido às vantagens do sistema digital, mencionadas anteriormente, mesmo utilizando os sensores analógicos a

Em sistemas estáticos, por exemplo uma balança, a variável não muda em relação ao tempo. Em sistemas dinâmicos, entretanto, o valor da variável de interesse se altera e a amostragem se torna mais importante. Em instrumentos que medem essas variações, o tempo de resposta se torna importante. No caso de registrador de papel, por exemplo, a inércia da pena pode fazer com que o registro não acompanhe a velocidade da alteração do evento a ser medido. Na descrição desses equipamentos, geralmente consta na especificação técnica como faixa de frequência de trabalho. Um valor máximo de 10KHz indica que o equipamento pode medir um sinal senoidal na entrada de até 10 KHz. Acima desse valor o sinal de saída não acompanhará a dinâmica da variável. Para sinais convertidos em digitais, o erro em leituras de sinais dinâmicos pode também ser significativo.

Compreendendo esses principais tipos de sensores, é possível entender a variedade de terminologias utilizadas para descrever suas características em documentações técnicas.

COLETOR DE DADOS

Selecionado os sensores, é o momento de escolher um coletor de dados. Os coletores de dados possuem vários conectores para a entrada dos fios provenientes dos sensores. Devido a vários padrão de conectores e também aos preços, é comum encontrar conexão efetuada através de "parafusos", como ilustrado na Figura 10. A vantagem desse tipo de conexão é a não-necessidade de padrão de conectores e é mais resistente à montagem e desmontagem no campo. A desvantagem é a falta de proteção contra interpéries durante o uso. Para solucionar esse problema é necessário instalar o coletor de dados em uma caixa adequada para a proteção, tanto do equipamento como da conexão.

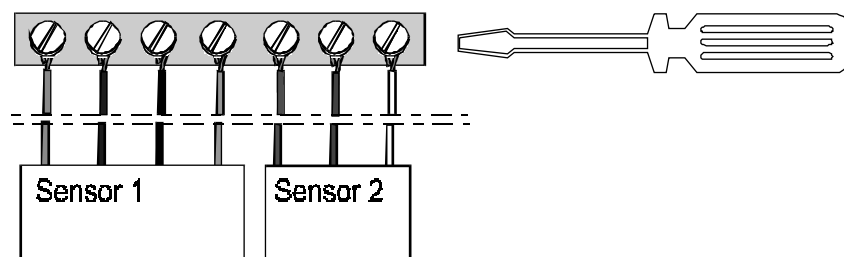


Figura 10 - Tipo de conexão sensor/coletor de dados mais comum.

Os fabricantes devem possuir catálogo do seu produto que indicam a quantidade de sensores e tipos de sensores que podem ser conectados. Dependendo do sensor utilizado, há uma determinada quantidade de fios para serem conectados. Os sensores convencionais podem ter de dois a quatro fios. Os de dois fios podem funcionar como os encontrados em telefones. Os de três fios, em geral, são utilizados um para referência comum (terra), o segundo como alimentação e o terceiro como sinal de saída. Os de quatro fios são semelhantes aos de três fios; entretanto, o sinal de referência é diferente para alimentação e para o sinal de saída. Como regra geral, é importante observar a identificação dos fios para que a ligação não seja invertida e não cause danos nem no sensor nem no coletor de dados. A faixa de tensão elétrica de saída deve estar dentro da admitida pela entrada, como acontece em equipamentos de 110 V e 220 V.

Impedância

Outro ponto importante a ser observado na ligação é a impedância de saída e de entrada. Quando se quer ligar um aparelho eletrônico, é comum ouvir o termo "casamento de impedância". O conceito em equipamentos, principalmente de sensores/coletor, é algo como capacidade do coletor de dados ler uma determinada potência de sinal do sensor. Como ilustração, considere uma medição de temperatura através de um

termômetro de mercúrio em um recipiente. Sendo o recipiente muito pequeno em relação ao termômetro, a energia armazenada seria insuficiente para alterar o volume do mercúrio alterando, inclusive, a temperatura do recipiente. Analogamente, essa falta de “casamento” de dimensões entre recipiente e termômetro pode acontecer no sistema eletrônico. Pode-se observar uma tensão elétrica “arriar” quando o sistema elétrico (mal dimensionado) está muito carregado. O mesmo pode ocorrer com um sensor que não consegue fornecer energia suficiente para o coletor ou o coletor “gasta” muita energia para efetuar a leitura do sensor. O sinal do sensor pode “arriar” e não efetuar a leitura correta.

O cálculo da impedância é considerada a dinâmica do sinal e utiliza variáveis complexas imaginárias. O motivo do uso dessa ferramenta é a existência de capacitores e indutores em um circuito eletrônico. Considere um capacitor ideal com duas placas separadas por um dielétrico. Aplicando-se uma tensão, as placas irão consumir até que estejam carregadas por cargas elétricas. A variação na tensão de alimentação pode não apresentar a mesma resposta até que o capacitor entre em equilíbrio em novas condições. O mesmo acontece com indutores. Para sinais que não sejam dinâmicos, apenas a resistência da entrada (ou saída) do circuito seria suficiente.

Os manuais de uso de coletores de dados possuem descrição de como ligar os tipos mais comuns de transdutores. Para esse caso não são necessários cálculos para casamento de impedância. Entretanto, vale a advertência para não conectar nada antes de se ter a certeza de que a disposição está correta. Como orientação básica para leitura de tensão elétrica, deve-se utilizar um coletor de dados com alta impedância de entrada e para corrente elétrica, baixa impedância.

Ganho (Amplificação)

A amplificação de sinal é, de uma certa forma intuitiva. Qualquer rádio de pilha possui um amplificador de volume. Um sensor possui o mesmo sentido: amplificar (aumentar) um sinal

“muito fraco” para que o mesmo se torne legível ou reduzir um sinal demasiadamente “forte”. Em sensores e coletores de dados o valor que indica o nível de amplificação desse sinal é denominado ganho e possui estrita relação com a sensibilidade, como ilustrado na Figura 11.

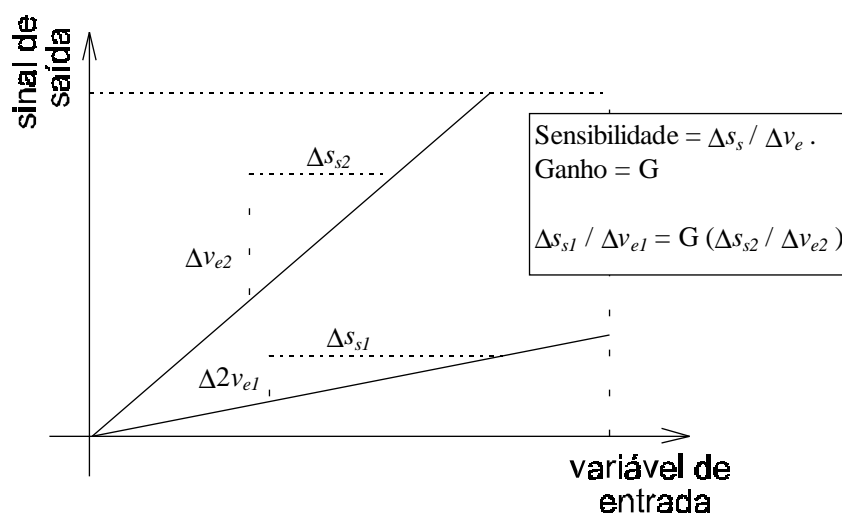


Figura 11 - Ilustração da relação entre ganho e sensibilidade.

Os aparelhos que possuem ajuste de ganho e ajuste de sensibilidade, possibilitam que o sinal seja aproveitado em toda a extensão da faixa de interesse da variável a ser lida.

Os ajustes funcionam como uma ampliação de uma foto. Imagine uma figura de uma foto que queira medir com uma fita métrica de apenas centímetros de resolução. A figura estando na casa de milímetros, ampliando-a 10 vezes obteremos uma figura na casa de centímetros, possibilitando uma leitura com maior precisão.

Conversão de sinal analógico para digital

Considere inicialmente um sinal analógico (dinâmico e contínuo) ilustrado no gráfico da Figura 12. Sobre o gráfico, ilustram-se as conversões A/D e as características desses dados.

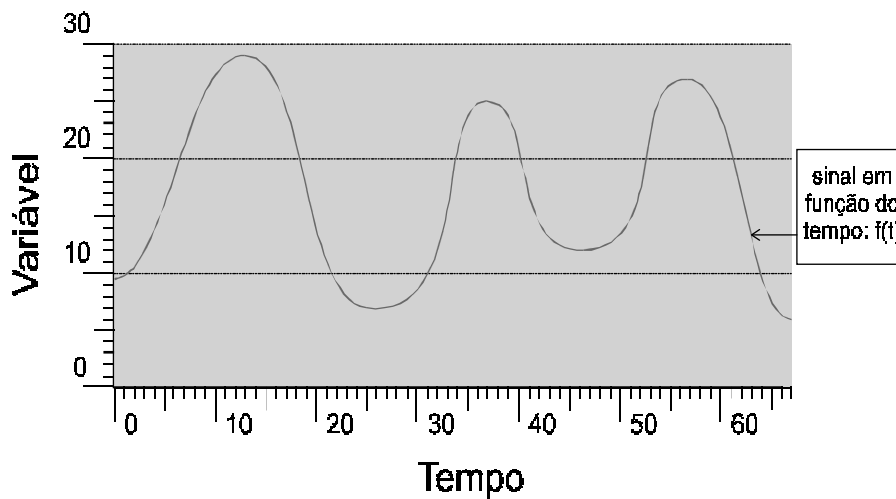


Figura 12 - Sinal analógico contínuo em função do tempo.

Na conversão, como regra geral, é interessante que se obtenha pelo menos cinco pontos de amostragem entre valor de pico e subsequente valor de vale para que o sinal possa ser representado digitalmente. Na forma prática, a leitura (ou conversão A/D) digital de um sinal analógico pode ser considerada uma leitura instantânea. O período de conversão e armazenamento de um dado é variável mas para um coletor de dados em campo está na casa de décimos a centésimos de segundos.

No gráfico da Figura 13 é ilustrada uma leitura efetuando uma conversão A/D em um período de vinte e duas unidades de tempo, ou seja, a uma taxa de conversão de $1/22$ unidades de tempo e um período de amostragem de uma leitura em uma unidade de tempo. Na figura se pode observar uma grande distância entre os intervalos de amostragem dos dados e fica evidente a perda de precisão da leitura. Apenas valores mais baixos do sinal foram tomados e a média do sinal apresenta um erro significativo. Mesmo que o sistema de conversão da leitura possua uma menor resolução (de vários bits), a taxa de amostragem é fundamental para se obter uma medição correta.

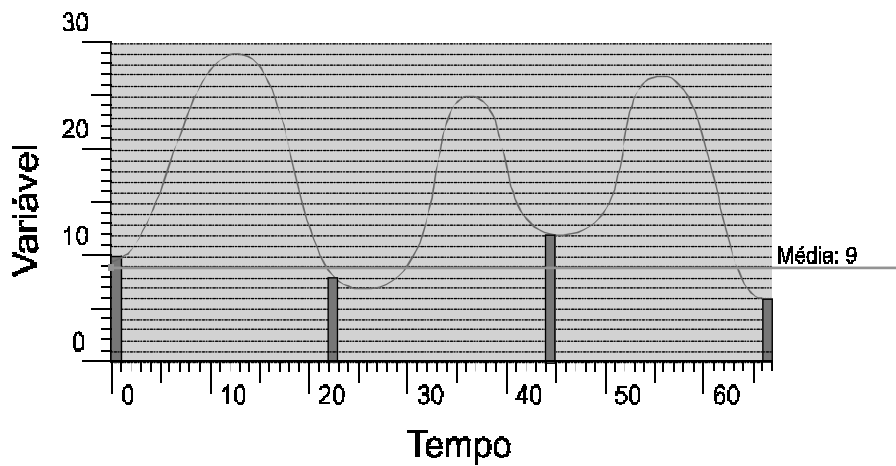


Figura 13 - Leitura digital em um período de 22 unidades de tempo

O gráfico da Figura 15 ilustra uma taxa de conversão a cada unidade de tempo. É interessante observar como o conjunto de pontos pode representar adequadamente a dinâmica do sinal. Observe-se, também, que a diferença do valor da média calculada entre os pontos é de 9 para 17,08 unidades de variável.

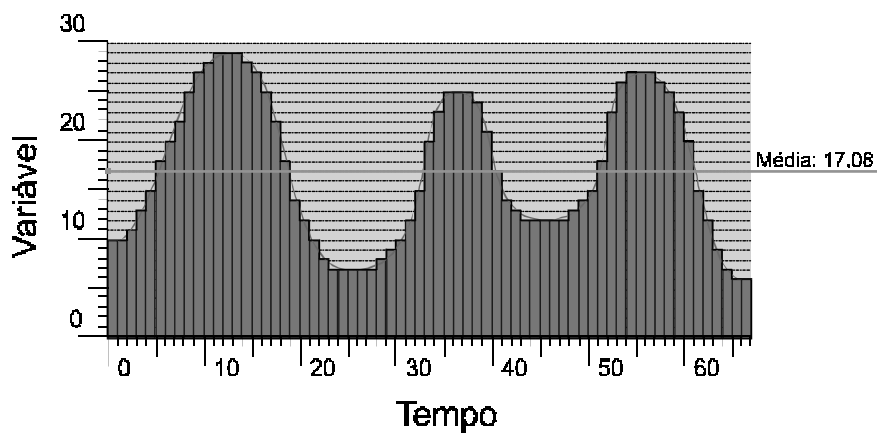


Figura 14: Leitura digital em um período de uma unidade de tempo.

A Figura 15 ilustra um gráfico obtido através da mesma taxa de conversão da Figura 14, com uma resolução dez vezes mais alta (10 unidades da variável). Aparentemente, com uma resolução mais alta espera-se um erro maior na leitura; entretanto, a média é de 17,76 e está mais próxima da média da Figura 14 do que da média da figura Figura 13. Esses exemplos ficam para que o usuário possa refletir por qual sistema optar quando da escolha do seu sistema.

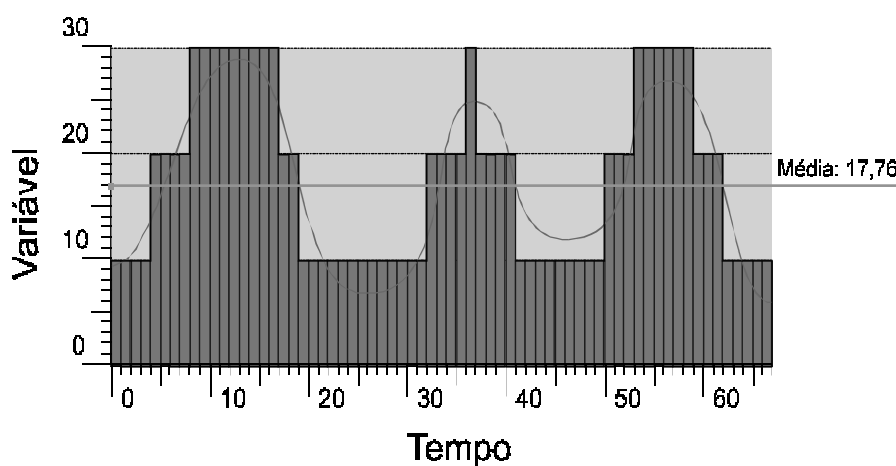


Figura 15 - Leitura digital em um período de uma unidade de tempo com baixa resolução na conversão.

Aferição e calibração

Aferir é um ato de verificação e a calibração é o ato de ajuste. Em balanças, é comum aplicar um peso padrão e verificar se o peso medido apresenta um erro excessivo. Também há comerciantes que ajustam a sua balança para enganar os clientes, introduzindo um erro deliberadamente. O ato de ajustar o horário de um relógio é também um ato de aferição, desde que ajustado com uma referência correta de horário. Esses atos encontrados no dia a dia devem estar presentes também no usuário de sistemas de medida com coletores de dados. Geralmente, os problemas de aferição e calibração são detectados apenas quando o usuário

possui mais de um instrumento e surge a dúvida de qual das duas medidas está mais correta.

A regra geral é sempre introduzir uma variável conhecida e verificar se a leitura apresenta um desvio excessivo. A variável conhecida sempre deve possuir um erro total menor que uma casa decimal em relação à resolução do sistema a ser aferido. Para cada variável existe um procedimento que pode estar presente, inclusive, como norma de calibração e/ou aferição. Alguns fabricantes fornecem seus instrumentos já com carta de aferição e com garantia para o seu prazo de validade. É importante observar esses documentos de modo a se certificar, sempre que possível, da correta operação dos instrumentos.

Programação

A programação de um coletor de dados sempre é um grande obstáculo para o usuário. Apesar de não ser complicado, para quem não possui familiaridade em programação, o primeiro programa nunca roda da maneira esperada. O conselho é ter muita paciência e dedicação e contar com a ajuda de suporte.

Um programa em coletor de dados são instruções seqüenciais que ditam as ações a serem executadas durante a leitura automática de dados. A lista de instrução conduz o funcionamento, executando os comandos passo a passo, durante o processo de leitura em curso.

Os coletores de dados universais necessitam de alguns dados antes do início do seu funcionamento como o em período que deve ser realizada a leitura. Essas informações são fornecidas no início do programa e são denominadas de rotinas de "startup" ou de ajuste de parâmetros iniciais. Após o fornecimento desses ajustes iniciais, é necessário informar que tipo de sensor é conectado e em quais canais para executar a sua leitura. Dependendo do sensor conectado, são ajustados ganho, sensibilidade, faixa de trabalho e resolução, dentro dos seus limites de funcionamento, no próprio comando de leitura. A próxima informação necessária é a posição da memória

em que o dado será armazenado ou registrado. Um programa de leitura simples de dois sensores pode ser, em linhas gerais, algo como apresentado a seguir:

Linha	Descrição do comando
1:	Ajuste o tempo da próxima aquisição daqui a 2 horas
2:	Leia o sensor 1 e armazene o valor na coluna 1
3:	Leia o sensor 2 e armazene o valor na coluna 2
4:	Prepare o próximo armazenamento para a linha seguinte
5:	Aguarde a próxima aquisição.

O termo coluna e linha foram utilizados no exemplo apenas para ilustrar e apresentar uma descrição intuitiva de uma programação. Na realidade, são posições na memória do coletor de dados.

Na programação existem muitos artifícios utilizados para economizar a memória e obter dados mais precisos. Por exemplo, efetuar uma alta frequência de leitura e armazenar apenas a média em um período bem maior, como apresentado a seguir:

Linha	Descrição do comando
1:	Ajuste o tempo da próxima aquisição daqui a 1 minuto
2:	Leia o sensor 1, some o dado com o registrador 1 e armazene o valor no registrador 1
3:	Leia o sensor 2, some o dado com o registrador 2 e armazene o valor no registrador 2
4:	Incremente o registrador 3
5:	Caso o registrador 3 for 120 minutos armazene o valor do registrador 1 na coluna 1, armazene o valor do registrador 2 na coluna 2 e prepare o próximo armazenamento para a linha seguinte e zere todos os registradores
6:	Aguarde a próxima aquisição.

Considere que os registradores são posição de memória. Portanto, no registrador 1 (2) é armazenada a soma intermediária da leitura do sensor 1 (2), após a soma de 120 leituras, este total é armazenado na coluna 1 (2). Dividindo-se esse valor por 120, tem-se a média aritmética armazenada.

Para cada modelo de coletor de dados existe uma linguagem própria e sintaxe de comandos. Não é intuito entrar em detalhes de programação, mas apenas passar a idéia da potencialidade dessa ferramenta.

Tabela em planilhas eletrônicas (formato de dados)

Os dados obtidos através do coletor de dados, são transferidos a um microcomputador através de interface serial, geralmente no padrão RS232. Os dados transferidos podem ser lidos através de planilhas eletrônicas. As planilhas trabalham através de dados em forma matricial (i.e., linhas e colunas). As colunas são as variáveis e as linhas a quantidade de leituras efetuadas. A Figura 16 apresenta uma tela da planilha Excel da Microsoft.

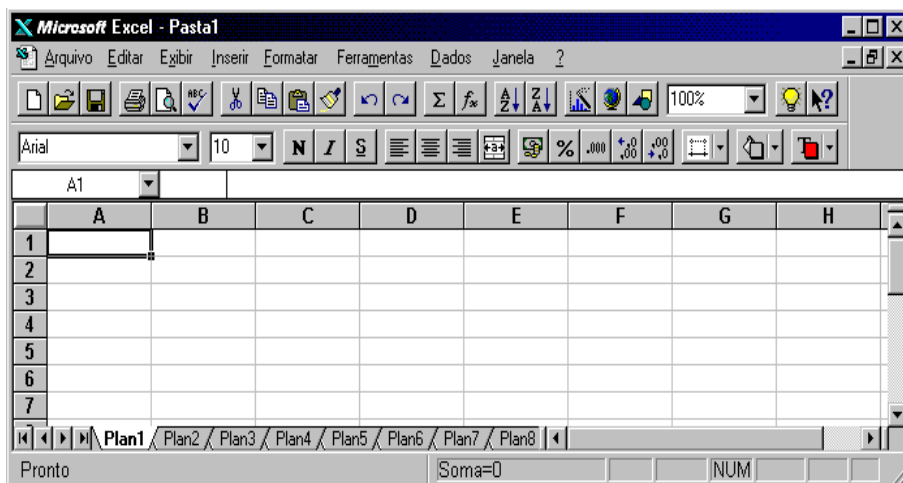


Figura 16- Tela da planilha Microsoft Excel.

A análise dos dados, e os gráficos podem ser elaborados e construídos com essas planilhas.

Essas planilhas podem executar cálculos como soma, subtração, multiplicação não apenas de um número com outro, mas de uma coluna de valores com outra, possibilitando obter valores como potência de um motor, através de dados de velocidade angular e torque.

Há no mercado uma variedade muito grande dessas planilhas, bem como literatura.

Coletor de dados do CNPDIA

Em 1989, foi requisitado ao CNPDIA, por pesquisadores do CPAC, o projeto de um equipamento que substituísse um registrador utilizado para medir desempenho de tratores e implementos. O registro era efetuado em papel térmico e sua operação em campo necessitava de uma lona plástica preta para proteger o sistema (inclusive o operador) contra raios solares e eventuais chuvas. Propôs-se projetar um equipamento microprocessado para leitura e armazenamento digital dos dados. Na época, era um grande desafio para a Unidade. Foi o primeiro projeto com microprocessador e para o seu desenvolvimento foi necessária a montagem de toda a infraestrutura. O projeto foi concluído, marcando uma nova era para o desenvolvimento de equipamentos na Unidade. O sucesso desse projeto, assim como em outros, deveu-se principalmente aos esforços entusiasmados dos colegas da equipe. Pode-se dizer que muitos projetos subsequentes foram viabilizados devido à tecnologia desenvolvida no projeto, e atualmente, é possível encontrar o circuito eletrônico incorporado como elemento principal em vários equipamentos (Inamasu, 1990); (Inamasu, 1991); (Inamasu et al., 1992); (Naime, 1994); (Naime et al., 1994); (Vaz et al., 1995); (Ferreira, 1994); (Ferreira & Cruvinel, 1994); (Herrmann et al., 1995).

O coletor de dados projetado é um equipamento portátil para ser instalado no campo junto aos sensores. Ele efetua a leitura dos sensores e armazena os dados temporariamente. Após um período programado, é conectado a um computador, e através de um cabo (interface serial) os dados são transferidos para

análise e armazenamento em disco. Uma ilustração é apresentada na 17. para realizar essas funções o coletor possui um painel de operação formado por mostrador alfanumérico, teclado de membrana (contra umidade e poeira) e sinal sonoro. Ao lado do painel foram instalados conectores de entrada para os sensores. Para a conexão com um computador é utilizada a interface serial RS232C, padrão de comunicação encontrado em todos os tipos de computadores.

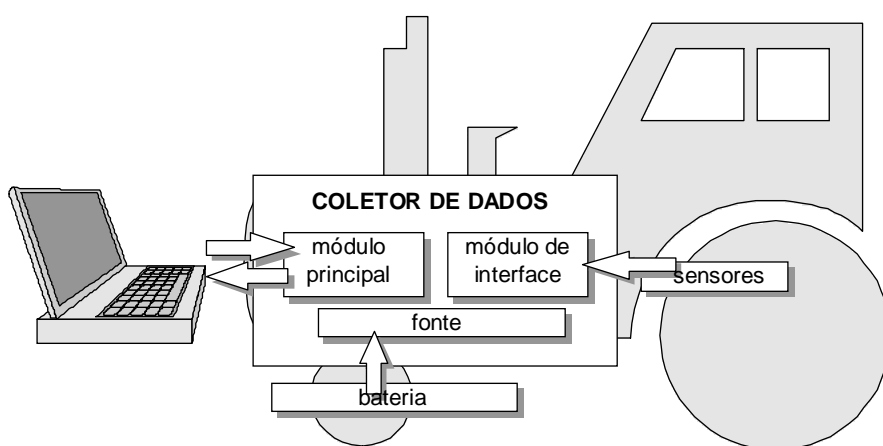


Figura 17 - Concepção do coletor de dados projetado no CNPDIA.

O coletor de dados foi concebido em três módulos: principal, interface e fonte. O módulo principal é o cérebro do coletor de dados e é o responsável pelo funcionamento lógico, armazenamento dos dados, armazenamento do programa, comunicação com o computador e sincronismo das leituras. Também tem a função de se comunicar com o usuário através de mostrador alfa numérico de cristal líquido, teclados e sinal sonoro. O módulo de interface é o elemento que converte os sinais dos sensores para dados digitais adequados ao módulo principal. O módulo fonte distribui a alimentação do equipamento e protege os circuitos eletrônicos de ruídos gerados pelo trator.

O módulo mais importante tecnologicamente, é o principal. A Figura 18 ilustra as suas principais funções. Todo o circuito do módulo é montado em uma placa de 16 por 10 cm e consome apenas 20 miliampères a 5 Volts. Esses números significam facilidade de proteção contra interpéries e baixíssimo consumo de energia. A Unidade Central de Processamento (UCP) é um microcontrolador da família 8051 de oito bits, que trabalha a 12 MHz. Apesar de não ser um processador de alto desempenho, tem capacidade de efetuar mais de duas mil leituras em um segundo, possibilitando processamento digital do sinal em tempo real. A grande vantagem desse microcontrolador é o seu largo emprego em aplicações dedicadas. Conseqüentemente, tem baixo custo, disponibilidade no mercado e várias opções de produtos de suporte para desenvolvimento de projetos.

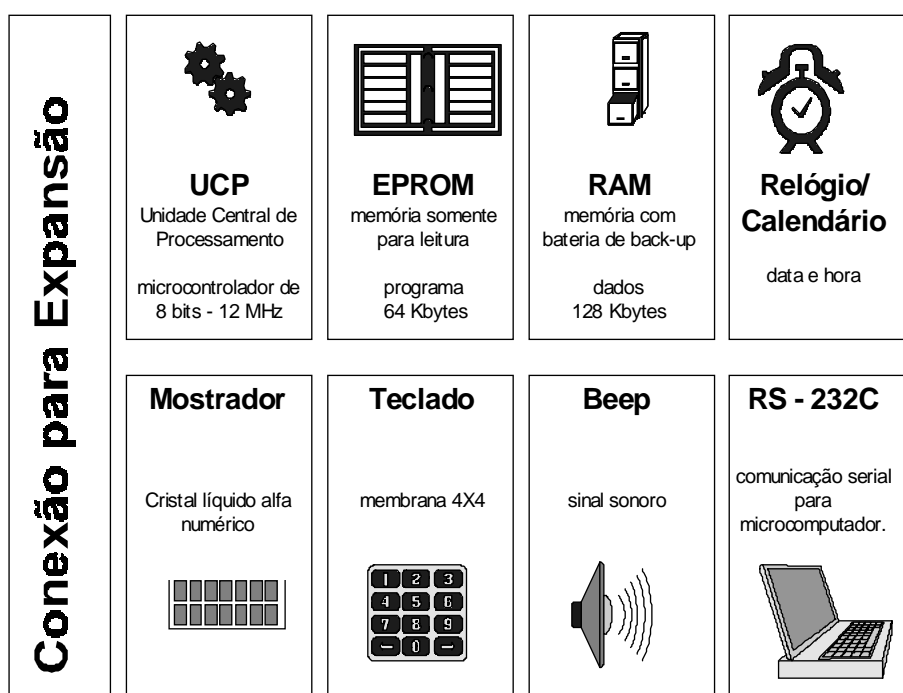


Figura 18 - Ilustração dos blocos funcionais do módulo principal do coletor de dados.

O sistema operacional desenvolvido foi gravado em memória EPROM com capacidade de até 64 Kbytes. O programa tem capacidade para gerenciar 256 arquivos de dados e a comunicação com computador, mostrar e ajustar hora e data, e coordenar a leitura de todos os sensores. O arquivo é gravado com a hora e a data do experimento e um nome alfanumérico editado pelo usuário através do teclado de membrana, possibilitando identificar os experimentos realizados em campo. A capacidade de armazenamento é de mais de 100 mil dados, com precisão de 0,5 % (oito bits). Com essa capacidade é possível efetuar uma leitura por segundo, durante mais de um dia, ininterruptamente, ou mais de dois meses, no intervalo de leitura de um minuto. O relógio/calendário instalado possibilita que o coletor se "desligue" temporariamente para consumir menos energia e programá-lo para que seja ativado automaticamente em um determinado dia, hora, minuto e segundo.

A grande versatilidade se deve principalmente, à presença de uma conexão para expansão do equipamento. Através da expansão pode-se projetar outros módulos para efetuar leituras de sensores que requerem uma interface com funções mais complexas ou até para ativar elementos elétricos como lâmpadas, motores e bombas.

Essa versatilidade de funcionamento permite que o módulo principal seja aplicado em outros projetos como circuito principal.

Atualmente, a equipe do CNPDIA é capaz de projetar sistemas de aquisição de dados utilizando circuitos básicos já projetados. Havendo a necessidade de leitura e coleta de dados de sensores especiais em que os coletores de dados encontrados no mercado não atendem às exigências, a equipe poderá auxiliá-lo.

LITERATURA RECOMENDADA

As principais literaturas são na maioria dirigidas para a área de engenharia, entretanto, possuem uma forte apresentação conceitual. Entre a literatura recomendada é o (Doebelin, 1990)

que apresenta vários meios que medem grandezas mecânicas como velocidade, força, pressão, temperatura e fluxo, fundamentando-os matematicamente. A forma mais geral sobre sensores e transdutores, podem ser encontrados em (Sinclair, 1992) e (Alloca & Stuart, 1984). Todos esses autores ilustram o princípio de transdução.

Em (Leonard, 1981) e (Taub, 1984) podem ser encontrados fundamentos básicos em instrumentação analógica e digital respectivamente. São textos básicos para curso de graduação. Por último, recomenda-se (Mitchell, 1983) publicado pela Sociedade de Engenharia Agrícola dos EUA que apresenta os principais conceitos em sistema de medida para meio ambiente.

REFERÊNCIA

- ALLOCA, J.A.; STUART, A. **Transducers: theory and applications**. Reston: Reston Publishing, 1984.
- DOEBELIN, E.O. **Measurement systems: applications and design**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 1990.
- FERREIRA, W.S. **Instrumentação para monitoramento de microvariações em órgãos vegetais**. São Carlos: USP-EESC, 1994. 155p. il. Dissertação Mestrado.
- FERREIRA, W.S.; CRUVINEL, P.E. **Instrumentação para a medida de micro-variações de órgãos vegetais com o uso de um sensor baseado em fibra óptica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA, 17, Caxambu-MG, jun. 1994. Resumos estendidos do Grupo de Instrumentação... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1994. p.180-186.
- HERRMANN, P.S.P.; COLNAGO, L.A.; INAMASU, R.Y.; SILVEIRA, P.M.; CORONA JÚNIOR, N. **Sistema microcontrolado para medidas da taxa de difusão de oxigênio (T.D.O.) e potencial de oxidação-redução do solo, in-situ**. In: ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA, 18, Caxambu-MG, jun. 1995. Resumos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1995. p.158-159.

- INAMASU, R.Y. **Coletor de dados: segunda versão.** Informativo NPDIA, São Carlos, p. 4, n.9/10, jan./dez. 1991.
- INAMASU, R.Y. **NPDIA desenvolve seu primeiro coletor de dados para agropecuária.** Informativo NPDIA, São Carlos, n.8, p.2, jul./dez. 1990.
- INAMASU, R.Y.; MACEDO, A.; RABELLO, L.M.; CRUVINEL, P.E.; TANIWAKI, K.; FRANZ, C.; FOLLE, S.M.; CORONA JÚNIOR, N. **Coletor de dados para medir desempenho de tratores e implementos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21 e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1, Santa Maria-RS, jul. 1992.XXI Congresso Brasileiro... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/ Universidade Federal de Santa Maria, 1992.v.3, p.1777-89.
- LEONARD JR., V.F. **Analog instrumentation fundamentals.** Indianapolis: Howard W. Sams, 1981.
- MITCHELL, B.W., ed. **Instrumentation and measurement for environmental sciences.** 2.ed. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1983.
- NAIME, J.M. **Projeto e construção de um tomógrafo portátil para estudos de ciência do solo e plantas, em campo.** São Carlos: USP-EESC, 1994. 87p. il. Dissertação Mestrado.
- NAIME, J.M.; TORRE, A.; INAMASU, R.Y.; CRUVINEL, P.E.; CRESTANA, S. **Projeto e construção de um tomógrafo portátil para investigações não-destrutivas, em campo, do sistema água-solo-planta.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 10 E CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CONTROLE AUTOMÁTICO, 6, Rio de Janeiro-RJ, set. 1994. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Automática, 1994. v.2, p.767-772.
- SINCLAIR, I.R. **Sensors and transducers: a guide for technicians.** 2.ed. Oxford: Newnes, 1992.
- TAUB, W. **Circuitos digitais e microprocessadores.** São Paulo: McGraw-Hill, 1984.

VAZ, C.M.P.; MACEDO, A.; INAMASU, R.Y.; MONTAGNOLI, A.N.
Analizador granulometrico de solos por atenuacao de raios gama.
In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO: O SOLO
NOS GRANDES DOMINIOS MORFOCLIMATICOS DO BRASIL E
O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO, 25, Viçosa-MG, jul. 1995.
Resumos expandidos... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa,
1995. v.1, p.98-100. ref.l.36.

GLOSSÁRIO

Este glossário foi preparado para responder as dúvidas em sistemas de medida e aquisição de dados através de coletores de dados em campo. Alguns termos encontrados em catálogo foram incluídos para melhor compreensão, entretanto nem todos devem ser entendidos como definição.

Acuracidade	Em alguns catálogos, o termo Erro está presente como Acuracidade, Acurácia ou Precisão (vide Precisão, Erro).
Amplitude	Em alguns catálogos, o termo Faixa de Trabalho está presente como Amplitude (vide Faixa de Trabalho)
ASCII	Do inglês "American Standard Code for Infomation Interchange", é a convenção em código binário (8 bits) para representar caracteres alfanuméricos. Inclui caracteres como tabulação, fim de arquivo, nova linha, entre outros. Não inclui acentuação nem cedilha.
Baud	É a unidade que representa a velocidade em telegrafia. É conhecido como a unidade para expressar a taxa de transmissão de dados digitais. Uma das condições para que ocorra a comunicação entre dois pontos é a necessidade dos dois trabalharem no mesmo "baud-rate".

Bit	É a unidade de informação binária. Um bit pode ser representado como “verdadeiro ou falso”, lógica 1 ou zero, ausência ou presença de sinal, fechado ou aberto, entre outros.
Byte	É uma seqüência de dígitos binários (bit). Usualmente, um byte é formado por oito bits.
UCP	Abreviação de Unidade de Processamento Central que em inglês é encontrado como CPU (Central Processing Unit). É a parte do circuito de um computador que interpreta e executa instruções.
DIP (switches)	Do inglês Dual In-Line Package. É uma pequena chave localizada em placas de circuito eletrônico juntamente com os componentes.
Drift	Vide deriva
Deriva	É a ocorrência de um lento desvio no ajuste do sinal. Geralmente, é causado pela alteração de temperatura.
Erro	É a extensão que indica a aproximação de um resultado de uma leitura ao valor real livre de erro (vide Precisão e Acuracidade).
Estabilidade	Propriedade pela qual o sistema retorna ao estado de equilíbrio após sofrer uma perturbação.
Faixa de trabalho	Valor máximo e mínimo em que um instrumento pode operar, garantidas as especificações.
Fundo de escala	A diferença algébrica entre o maior e o menor valor da faixa de trabalho.
Ganho	É um valor que indica o aumento do sinal proporcionado por um amplificador. O ganho pode ser adimensional ou em decibéis. A relação entre p_1 e p_2 pode ter um ganho $g = p_1/p_2$ adimensional ou $g_{db} = 10 \log_{10}(p_1/p_2)$, onde g_{db} é o ganho em decibéis.

Histerese	Consiste no atraso ou atenuação do sinal de saída em relação à entrada. A mola que sofre deformação plástica como elemento de medida de peso é um exemplo clássico.
Entrada/Saída	Termo comumente utilizado para indicar que uma determinada porta é de entrada e de saída de dados.
I/O	Abreviatura do inglês Input/Output. (vide Entrada/Saída).
LCD	Abreviatura do inglês Liquid Crystal Display. Refere-se ao mostrador de cristal líquido encontrado atualmente em relógios de pulso digitais.
Linearidade	Refere-se ao relacionamento direto de proporcionalidade entre o valor de entrada e o de saída em toda a extensão de funcionamento do instrumento. Não deve ser confundida com sensibilidade pois esta é tomada em vários pontos ao longo da faixa de trabalho. O erro de linearidade pode apresentar a variação da sensibilidade na faixa de trabalho.
Memória	No contexto de coletor de dados, são elementos para armazenamento de dados digitais. As memórias mais comuns são estáticas (SRAM - Static Random Access Memory), Flash ou EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory). As memórias estáticas necessitam de uma bateria para que os dados não sejam apagados. As memórias Flash e EEPROM necessitam de mais tempo para serem gravadas, entretanto os dados não se perdem mesmo que a alimentação seja desligada. Os programas são geralmente gravados em PROM (Programmable Read Only Memory) ou EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory). Nesses dispositivos os dados gravados não são perdidos.

Multiplexador	É o elemento que possibilita a leitura de vários canais com apenas um dispositivo de leitura. Consiste de uma chave digital que abre a passagem para apenas um dos sinais por vez.
Noise	vide ruído
Paralelo	Em sistema de comunicação digital paralelo, uma palavra binária é enviada de uma vez (exemplo: para que um dado de quatro bits seja enviado, são lançados ao mesmo tempo em todas as linhas para o receptor). Os cabos para tal comunicação devem possuir mais de uma linha de transmissão (e recepção) de dados.
Porta	Consiste de um lugar (pino de componente ou conector) no elemento do circuito que é uma interface para entrada ou saída de sinal.
Precisão	É a coerência ou repetibilidade do dado medido. É expressa em desvio padrão. É comum encontrar em catálogo Erro como Precisão (vide Erro).
Range	Vide faixa de trabalho e fundo de escala.
Relé	É um dispositivo que funciona como uma chave eletrônica. Conforme a intensidade da variável de controle (exemplo: tensão elétrica), o dispositivo abre ou fecha um circuito.
Resolução	É a menor escala presente em um instrumento de leitura.
RS232	Padrão de comunicação serial ponto a ponto. Desenvolvido inicialmente para comunicação de computadores através de telefones ("modems"), atualmente é encontrado em computadores pessoais, inclusive para conectar o dispositivo para movimentar cursor ("mouse").
RS485	Padrão de comunicação serial multiponto, é atualmente muito utilizado em automação industrial.

Ruído	Interferência indesejável em corrente ou voltagem em um elemento ou sistema eletrônico.
Sensibilidade	Relação entre entrada e saída de um elemento de medida.
Serial	Em sistema de comunicação digital serial, os dados binários trafegam sucessivamente (exemplo: para que um dado de oito bits seja enviado, uma sequência de oito bits é lançada em uma linha para o receptor).
Span	vide fundo de escala.
Threshold	É o mínimo valor para que um instrumento possa apresentar um sinal de saída a partir de repouso.
Transiente	Um pulso, oscilação não-amortecida, ou outro fenômeno temporário ocorrido em um sistema antes de entrar numa condição de equilíbrio ou fluxo contínuo.
Sinal diferencial (contra single-ended)	É um par de sinais sem referência. O valor é obtido pela diferença entre os dois sinais.
