

## **Aula Prática: Laboratório de instrumentos meteorológicos automáticos**

Os objetivos da aula são:

1. aprender princípios de utilização do datalogger, conexões físicas e lógicas para medição;
2. identificar equipamentos, fazer testes simples de resposta instantânea;
3. realizar procedimento de calibração simples de termômetro

constar em Relatório (**entrega:** antes do início da 2ª prova teórica)

### **ROTEIRO**

#### **1ª etapa: Reconhecimento dos equipamentos na bancada**

Pluviômetro TB4(<https://www.campbellsci.com/tb4-l>)

Termo-higrômetro *termistor/ humicap* (<https://www.campbellsci.ca/hc2-s3>)

Datalogger CR1000 (<http://campbellsci.com/cr1000>)

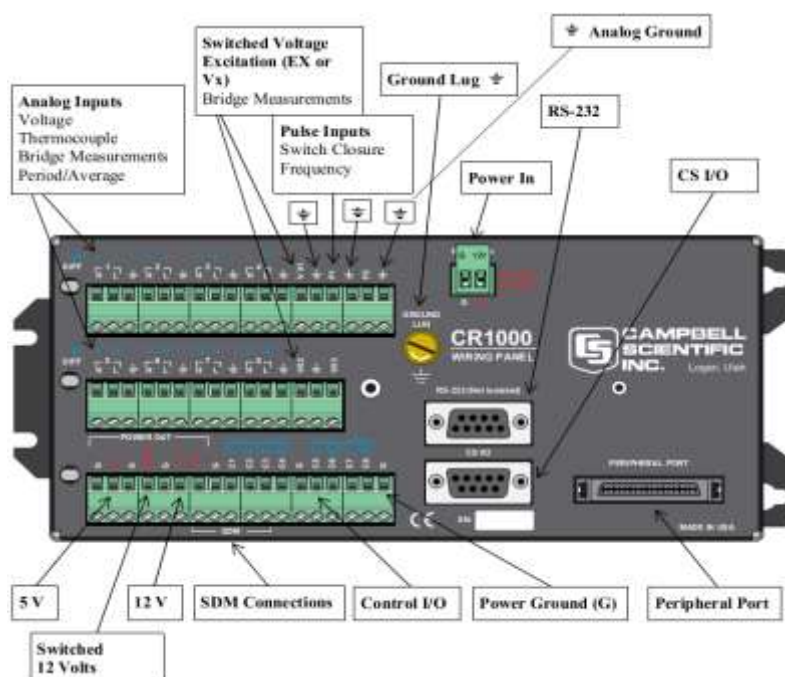
Estação automática multiparâmetros Vaisala WXT520

(<http://www.vaisala.com/en/products/multiweathersensors/Pages/default.aspx>);

Software de interface com datalogger

- 1.1 Descreva os instrumentos, seus componentes e quando evidente a acurácia (em até 1 página)

#### **2ª etapa : Utilização do datalogger: Programação, ligações físicas e conexão datalogger - PC**



Terminais de conexão de fios no datalogger

Verificando as relações dos fios dos equipamentos identificados na 1ª etapa com a programação para ligar fisicamente os sensores ao datalogger. Estas informações sempre são disponíveis no manual do equipamento caso haja dúvidas. Verifique os comentários dentro do programa.

- Abra o programa com extensão ".CR1", localizado na área de trabalho do computador utilizado, por meio do programa LoggerNet => Program => CRBasic;
- De acordo com os comentários e instruções utilizadas no programa (arquivo ".CR1"), insira os coeficientes de calibração dos sensores e execute as ligações físicas como indicadas;

2.1. Qual o tipo de ligação utilizada para cada equipamento ? (verifique no programa)

- Compile o programa, conecte o desktop ao datalogger (via LoggerNet => Main => Connect) e envie o programa.

2.2. Descreva os objetivos do programa instalado (até 15 linhas),

**Observação:** Os comentários no programa estão nas linhas **após a apóstrofe ( ' )**.

### 3ª etapa : Observação das medidas em tempo real e coleta dos dados

- Conectado ao datalogger, veja as medidas via tabela numérica ou utilizando gráficos utilizando a opção "Connect";

3.1. Provoque alterações nas proximidades dos sensores e descreva o que observa, conforme o solicitado abaixo:

- a) Anote os valores da temperatura e umidade relativa do ar. Envolve o sensor de temperatura e umidade e do ar com a mão e anote o tempo necessário para que a temperatura aumente 2° C. Neste momento, observe e anote o valor da umidade relativa. Deixe o sensor ao ar livre novamente. Após quanto tempo a temperatura retorna ao "estado inicial"? Ocorreu o mesmo com a umidade relativa?
- b) A temperatura do ar informada pelo WXT520 é igual à informada pelo sensor de umidade e temperatura do ar HC2S3? O que você esperava? Explique. Caso sejam diferentes, qual (quais) a (as) explicação (explicações)?
- c) Escolha uma face nas proximidades do WXT520 e abane o ar, observe a direção e velocidade do vento instantâneas. Repita a ação na direção oposta e observe as diferenças.
- d) Eleve o WXT520 em aproximadamente 1 m de altura, e mantenha-o nivelado e parado. Observe alterações na pressão atmosférica.
- e) Mova a balança do pluviômetro e observe a medida da precipitação. Quantas basculadas são necessárias para contabilizar 1 mm de chuva?

3.2. Em até uma página:

- a) Descreva os recursos do *datalogger*;
- b) Faça o fluxograma do programa executado baseando-se nas funções utilizadas.

### 4ª etapa : Calibração de termômetro

Acurácia e intervalo de medição dos instrumentos que geraram a série de dados para este exercício:

Termômetro detector resistivo (RTD) de platina, utilizado no equipamento HMP45C (acurácia  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  a  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  conforme intervalo de medição  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$  na figura seguinte)

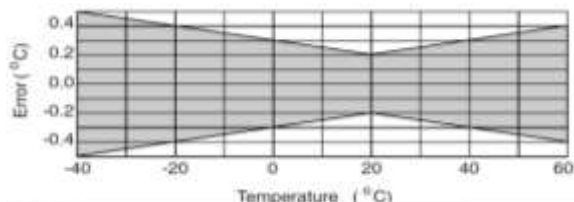


Figura: Acurácia do termômetro RTD

Acurácia do Termistor T107 é de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (intervalo de medição entre  $0^{\circ}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ )

É possível, geralmente nos casos de erros sistemáticos, corrigir a temperatura medida por um termômetro operacional por meio de comparação com um sensor padrão (ou de referência). Obtêm-se, assim, uma nova fórmula de estimativa da temperatura, chamada de temperatura corrigida. Neste procedimento se reproduz o que é feito em uma calibração: foram medidas a temperatura operacional e a temperatura de referência simultaneamente. O procedimento técnico ideal é realizado utilizando uma câmara fechada e controlada, onde o ar ambiente possui características homogêneas e envolve ambos os sensores. Para este exercício com fins didáticos, foi realizada uma comparação simplificada, cujas medidas de ambos os sensores, posicionados suficientemente próximos entre si, foram feitas simultaneamente em ambiente aberto, o que permite supor certa homogeneidade de temperatura do ar. Os instrumentos foram montados em uma plataforma nas imediações do IAG/USP.

O objetivo é corrigir a temperatura operacional, obtida pelo T107 (chamada de medição, ou **Tm**), com a temperatura do termômetro de ventilação forçada (aspirado) HMP45C (chamada referência, ou **Tr**). Será fornecida a planilha com as temperaturas medidas pelos dois termômetros.

**4.1.** Com as séries temporais das médias de 5 min de **Tm** e **Tr** faça o procedimento simplificado, que é o seguinte:

- Plote as linhas da série temporal de **Tm** e **Tr** juntos no mesmo gráfico em função do tempo;
- Plote **Tr** em função de **Tm**, ou seja, **Tr** será a variável dependente (y) e **Tm** a variável independente (x);
- plote a reta 1:1 e comente a dispersão dos pontos ao seu redor (mantenha escalas iguais nos eixos x e y);
- estime e plote a reta da regressão linear ajustada (utilize função simples do Excel ou similar), conforme a expressão  $\mathbf{Tr} = a + b \cdot \mathbf{Tm}$ , calculando os coeficientes (a, b) e o coeficiente de regressão linear  $R^2$ . A regressão linear é a primeira estimativa para a calibração, e provê diretamente a **temperatura corrigida** do termômetro operacional (chamada **Tc**) tal que

$$\mathbf{Tc} = a + b \cdot \mathbf{Tm}$$

- Plote as séries temporais de **Tm** e **Tc** juntas em um gráfico, e **Tr** e **Tc** em outro. Verifique se a calibração surtiu efeito, comentando sua conclusão.