



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Metodologia para Conserto de Termômetros de Resistência Elétrica



Cristiano Maboni¹; Débora Regina Roberti²; Cláudio Alberto Teichrieb³; Daniel Michelin dos Santos⁴; Pablo Eli Soares de Oliveira⁵

¹ Mestrando em Física, Laboratório de Micrometeorologia, UFSM – RS, Fone: (55)9606-8408, cristianomaboni@hotmail.com

² Doutora em Física, Prof. Adjunta, Depart. de Física, UFSM-RS, deborar@ufsm.br

³ Doutor em Física, Aluno de Pós Doutorado, Laboratório de Micrometeorologia, UFSM-RS, Teichrieb@gmail.com

⁴ Doutorando em Física, Laboratório de Micrometeorologia, UFSM-RS, danielmichelon@gmail.com

⁵ Meteorologista, Laboratório de Micrometeorologia, UFSM-RS, pablo@ufsm.br

RESUMO: Neste trabalho, é apresentada a metodologia para o conserto de um termômetro de resistência elétrica, modelo 108 *Temperature Probe* da fabricante *Campbell Scientific*, no laboratório de micrometeorologia da Universidade Federal de Santa Maria- UFSM. Capaz de realizar medidas da temperatura no solo, na água e no ar, esse termômetro é formado por um filamento fino de um determinado metal inserido em um bulbo de porcelana o qual utilizará como princípio físico a variação linear da resistência ôhmica com a temperatura. O sensor original possui cabo com (quinze) 15 m de extensão ligada a um resistor de 1 k Ω . A perda de parte do cabo ocorreu em 2,5m da extremidade em que liga o sensor ao *datalogger*, provocando também a perda do resistor. Na primeira tentativa de conserto foi realizada apenas a reposição do resistor sem a reconstituição da extensão do cabo. As medidas do sensor reparado foram comparadas com outros três sensores novos (calibrados de fábrica) e observou-se que existia uma defasagem de 0.8 °C. Como esse sensor possui uma relação linear proporcional entre a resistência ôhmica e a temperatura, foi acrescido um novo resistor equivalente para suprir essa perda de cabo. O valor final do resistor equivalente foi de 28 Ω , obtido pela aferição das medidas dos sensores novos com o sensor consertado para uma diferença dentro do limite de precisão dos sensores. Desta forma, podemos concluir que são possíveis consertos de sensores de temperatura em laboratórios de pesquisa, sem tecnologia específica, sendo necessárias comparações com medidas realizadas por outros sensores cujo funcionamento esteja correto. Em geral, envio deste tipo de sensor para a conserto na fábrica é custoso economicamente, portanto consertos em laboratório é uma forma econômica de manter o sensor em uso.

PALAVRAS-CHAVE: DEFASAGEM, FUNCIONAMENTO, MEDIDAS.

Methodology for Repair of Electrical Resistance Thermometers

ABSTRACT: In this work, the methodology is presented for repairing an electrical resistance thermometer, Model 108 Temperature Probe of Campbell Scientific manufacturer in micrometeorology laboratory of the Federal University of Santa Maria-UFSM. Capable of temperature measurements in soil, water and air, this thermometer is formed by a thin filament of a certain metal inserted in a porcelain bulb which use the physical principle as a linear ohmic resistance variation with temperature. The original sensor has cable (fifteen) 15 m extension connected to a resistor of 1 k Ω . The loss of the cable was 2.5m in end that connects the sensor to the data logger also causing loss of the resistor. The first attempt to repair was only held resistor replacement without the extension cable to reconstitution. The sensor measures the repaired were compared with three other new sensors (factory calibrated), and it

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

was observed that there was a gap of 0.8 ° C. Because this sensor has a linear proportional relationship between the ohmic resistance and temperature, it was added a new equivalent resistor to supply this cable loss. The final value of the equivalent resistor of 28 Ω was obtained by measuring the measurements of the new sensors with fixed sensor for a difference within the sensor accuracy limit. Thus, we can conclude that temperature sensors are possible repairs in research laboratories, without specific technology, requiring comparisons with measurements made by other sensors whose operation is correct. In general, sending this sensor for repair at the factory is economically costly, so laboratory repairs is an economical way to keep the sensor in use.

KEY WORDS: LAG, OPERATION, MEASURES

INTRODUÇÃO

Por se tratar de um termômetro de alta precisão e capaz de realizar uma vasta gama de medições, os RTDs (*Resistance Temperature Detector*) são muito utilizados em sistemas que necessitam de um acompanhamento constante e permanente. Esse tipo de termômetro possui como princípio física, a variação linear da resistência ôhmica com a temperatura. Sendo assim, podem-se encontrar dois tipos de termo resistores eletrônicos, o primeiro chamado de NTC (*Negative Temperature Coeficient*) que fornecem uma relação inversamente proporcional entre a resistência e a temperatura, e o segundo que fornecem uma relação diretamente proporcional entre a resistência e a temperatura que chamamos de PTC (*Positive Tempertature Coeficient*).

Muitos desses sensores são descartados após sofrerem algum tipo de avaria devido à falta de interesse em consertá-los e o alto custo de calibração em laboratórios especializados. Desenvolver métodos de conserto eficaz e baixo custo evitaria o descarte desnecessário e despesas com a compra de sensores novos.

Este sensor é muito utilizado para medições de temperatura no solo, água e ar, em sítios experimentais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na maioria dos materiais condutores e semicondutores o aumento da temperatura acarreta em um aumento na resistência elétrica. O RTD é elaborado com base nesse princípio físico. Utiliza-se um filamento de platina (Pt), níquel (Ni) ou cobre (Cu), em um bulbo de porcelana ou vidro, no qual o mesmo ficara encapsulado para servir de sensor. Esse sensor deve estar ligado a um *datalogger* o qual vai realizar o controle das medições e o armazenamento dos dados.

O princípio funcional de um *datalogger* é contar os pulsos elétricos ou medir a diferença de potencial (ddp) e não a resistividade em si. No caso do Termômetro 108, o *datalogger CR10X* alimenta o sensor através do canal de excitação V_x com uma voltagem de 1000 mV, na qual será controlada por meio do RTD e de um resistor de 40 K Ω .

O canal V_s é responsável por fazer a leitura da voltagem de saída, na qual uma programação converte a leitura da voltagem de saída em temperatura.

O Cálculo utilizado no programa (CRBasic) para converter a resistência R_s em temperatura é obtida pela equação de *Steinhart-Hart*

$$T = 1 / \left(A + (B \cdot \ln(R_s)) \right) + \left(C \cdot \left(\ln(R_s) \right)^3 \right) - 273,15 \quad (2)$$

Onde,

T - temperatura em graus Celsius

A - 8.271111×10^{-4}

B - 2.088020×10^{-4}

C - 8.059200×10^{-8}

R_s - resistência variável (termistor RTD)

Todo e qualquer tipo de sensor deve ser calibrado antes da sua utilização. As empresas fabricantes dos sensores fazem uso de métodos rigorosos e de parâmetros universais para realizar essas calibrações. Por esse motivo, deve-se evitar qualquer tipo de alteração em conectores e/ou cabos, pois o mesmo alteraria a resistência oferecida à passagem da corrente elétrica mandada pelo *datalogger*, resultando na leitura de dados incorretos ou imprecisos. No caso de substituição ou alteração desses itens, é aconselhável uma calibração ou pelo menos uma aferição com outros sensores confiáveis.

Um termômetro de resistência elétrica, modelo *108 Temperature Probe* da fabricante *Campbell Scientific*, utilizado para realizar medidas da temperatura no solo, água e ar, teve parte de seu cabo danificado e inutilizado. Esse tipo de sensor possui cabo com 15 m de extensão ligada a um resistor de 1 k Ω . A perda ocorreu em 2,5 m da extremidade em que liga o sensor ao *datalogger*, provocando também a perda desse resistor.

Tratando-se de um sensor com pouco tempo de uso e funcionamento simples, buscou-se uma forma de consertar e continuar obtendo medidas reais e precisas. Para isso buscou-se por informações no manual do fabricante, internet e pessoas familiarizadas com o equipamento. Para esse processo, utilizou-se de um computador, um *datalogger CR 10X*, três sensores novos e calibrados do mesmo modelo, uma bateria 12 V, um painel solar, um controlador de carga, soldador de estanho, um caixa com areia e um notebook com os sistemas operacionais *Windows* para realizar as coletas dos dados do *datalogger* e *Ubuntu* para o processamento dos dados e criação dos gráficos.

Considerando desnecessária a restauração do cabo perdido, realizou-se apenas a reposição do resistor de 1 K Ω . Esse resistor é um *offset*, na qual, sua função é ajustar os valores medidos de acordo com a extensão e a resistividade do cabo.

Feito esse reparo, testamos o termômetro consertado com os outros três termômetros novos do mesmo modelo, a fim de observar o valor de suas medidas e principalmente a sua capacidade de resposta perante as variações bruscas da temperatura. Para isso, todos os sensores foram fixados uns aos outros de modo a minimizar a área de atuação, evitando realizar comparações de diferentes temperaturas em diferentes áreas. Feito isso, os sensores foram introduzidos em água a 70 °C e 1 °C. Os resultados obtidos foram satisfatórios porque apresentaram a mesma variação tanto para o tempo de resposta quanto a

amplitude das medidas.

Como esperado, a temperatura obtida pelo sensor consertado foi menor do que as dos demais sensores, pois, com a perda de fio a resistência do cabo à passagem da corrente elétrica também se tornou menor, necessitando de um resistor ainda maior capaz de suprir esse déficit.

Para ter certeza das medidas, foi preciso introduzir todos os sensores em um sistema no qual troque energia térmica de forma fácil, rápida, mas que não sofra processos de convecção como que ocorre no ar e na água.

Dessa forma foi optado pelo uso de uma caixa com areia, no qual possui calor latente e calor específico baixos. O tempo de permanência nesse sistema foi relativamente longo. Só foram considerados os dados após as primeiras precipitações, com o intuito de a areia compactar-se por completo.

O período utilizado para estabilizar os sensores e obter medidas reais e confiáveis, foi utilizado apenas às últimas 90 horas de coletas a fim de realizar as comparações definitivas para a aferição. Mesmo depois de feito o reparo de resistor *offset* a temperatura continuou marcando valor consideravelmente menor do que os demais sensores. Para solucionar esse problema precisamos aumentar o valor dessa resistência.

Uma das formas de descobrir a resistência resultante a ser inserida no *offset* é descobrir a composição do material que consiste o cabo do sensor, sua área de secção transversal e o comprimento do cabo que foi removido. Para isso basta aplicar a equação:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3)$$

Onde,

R = resistência

ρ = resistividade elétrica do material

L = comprimento removido

A = área de secção transversal do cabo

Tendo um valor estimado de 26 Ω para a nova resistência elétrica do *offset* passou-se para o método da tentativa e erro. Dessa forma foram sendo feitas associações de resistores até chegar a um valor coerente no qual deslocou a curva do gráfico a um patamar perfeito.

Segundo as especificações do fabricante, esse modelo de sensor consegue trabalhar de forma precisa e confiável em uma faixa de temperatura dos -5 °C a 95 °C com um erro máximo de ± 0.2 °C. Porém ele é capaz de suportar temperaturas mais extremas, entre -50 °C a 100 °C onde seus erros podem chegar a ± 0.7 °C.

Outro detalhe importante é o fato que a diferença na interpretação da temperatura feita entre dois ou mais sensores do mesmo modelo não pode ser maior que ± 0.3 °C. Seguindo essa linha de pensamento,

foram utilizados três sensores novos de modo a deslocar a curva da temperatura do sensor reparado exatamente sobre o sensor que estaria com sua curva do gráfico no meio. Então, pelo método da tentativa e erro chegou-se a uma resistência adicional de 28.1 Ω , 1% na qual totalizaria uma resistência para o *offset* de 1028.1 Ω , 1%. Esse resultado pode ser observado no gráfico 1.3.

O período estabelecido para essa etapa de acompanhamento foi de 45 dias, porém, apenas os últimos 16 dias foram ocupados para a montagem dos gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico 1.1 se refere a primeira etapa da aferição, fica claro que não possui defasagem temporal nos dados e sim uma defasagem no *offset* do sensor, o qual é responsável por deslocar a curva do gráfico para cima ou para baixo. Nesse caso, observando o sensor restaurado representado pela linha vermelha, o mesmo possui a mesma resposta na variação da temperatura em um mesmo período de tempo, porém, suas curvas no gráfico estão abaixo dos demais sensores novos. Ilusoriamente, o gráfico pressupõe que as temperaturas aproximam-se nos períodos em que possui grande ascensão e/ou decaimento e afastam-se nos períodos em que possui uma maior estabilização. Essa ilusão acontece pelo fato da defasagem ocorrer no eixo vertical (temperatura) e não horizontal (tempo), isso faz com que a diferença apareça em momento de linearização.

Para esse período de coleta e comparação dos dados, observou-se que o valor da temperatura do sensor reparado era de aproximadamente 0.8 °C menor do que apresentado pelos demais sensores.

A maioria das torres utilizadas pelo Laboratório de Micrometeorologia da Universidade Federal de Santa Maria utiliza apenas seis metros de extensão do cabo para realização de medidas de temperatura do ar e do solo, sendo assim, desnecessária a restauração do cabo perdido, fazendo-se necessário apenas a reposição do resistor de 1 K Ω .

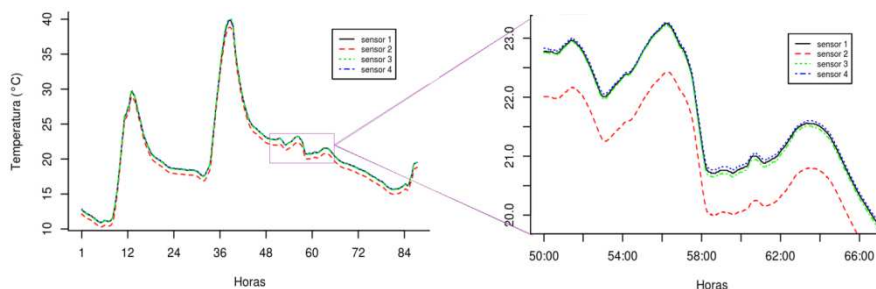


Gráfico 1.1. Aferição do sensor de temperatura Modelo 108 *Temperature Probe*

Com base nos resultados obtidos e o discernimento de que esse sensor possui uma relação linear proporcional entre a resistência ôhmica e a temperatura, a solução está em aumentar a resistência do resistor *offset*.

Já para a segunda etapa de aferição, o gráfico 1.2 mostra o comportamento dos sensores e

principalmente suas reações diante do clima durante esse período estabelecido.

Por se tratar de um longo período de tempo e uma grande quantidade de dados só é possível observar as curvas do gráfico 1.2 sobrepostas não sendo possível observar as pequenas diferenças entre eles.

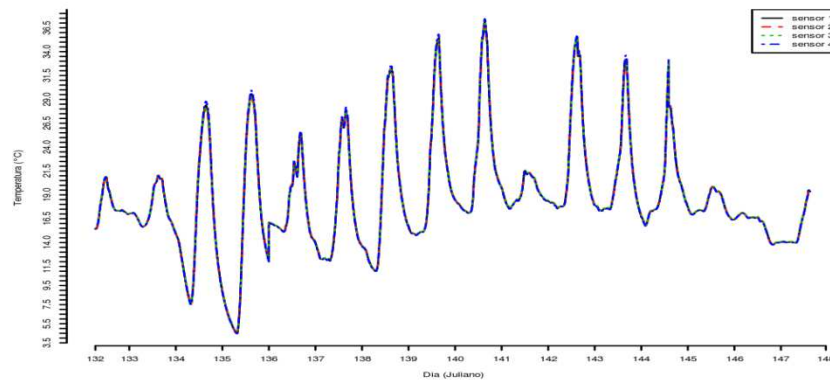


Gráfico 1.2. Período final de aferição do sensor de temperatura

Devido a isso, foi criado o gráfico 1.3 do dia Juliano 146 com os dados de 24 horas, sendo ampliado entre as 5 horas até as 12 horas.

O gráfico abaixo além de comprovar as especificações do manual do fabricante, em que afirma claramente a diferença máxima de 0.3°C que os sensores podem apresentar entre si, mostra também o sensor consertado funcionando perfeitamente e com suas curvas do gráfico passando exatamente em cima de um dos sensores novos localizado no meio.

A defasagem máxima na temperatura observada entre os sensores durante esse trabalho foi de 0.14°C sendo que essa diferença mostrou ser ainda menor para o sensor já consertado.

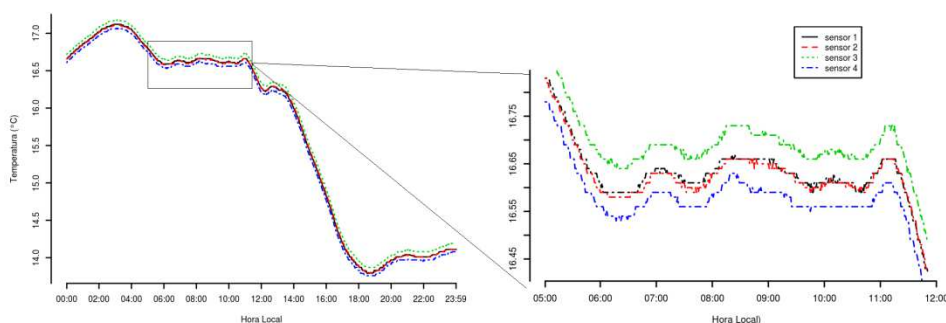


Gráfico 1.3. Dados do dia Juliano 146 com ênfase no período das 5 às 12 horas

CONCLUSÃO

Podemos concluir que é possível realizar consertos de sensores de temperatura em laboratórios de pesquisa, sem tecnologia específica, sendo necessárias aferições com outros sensores cujo funcionamento esteja correto. O envio desse tipo de sensor para conserto em fábricas/laboratórios



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

especializados torna-se economicamente inviável, portanto consertos realizados pelos próprios colaboradores do laboratório de pesquisa tornam-se uma forma econômica com baixo custo, evitando despesas com a compra de sensores novos.

Os resultados obtidos no período de coleta e comparação dos dados foram satisfatórios porque apresentaram a mesma variação tanto para o tempo de resposta quanto a amplitude das medidas devido ao uso da aferição, pois sem o mesmo estaria defasado em aproximadamente 0.8 °C.

A defasagem máxima na temperatura observada entre os sensores durante esse trabalho foi de 0.14 °C sendo que essa diferença mostrou ser ainda menor para o sensor já consertado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/108.pdf>, acessado em 17/03/2015

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABZ00AD/trabalho-projeto>, acessado em 17/03/2015

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Termorresist%C3%A2ncia>, acessado em 22/03/2015