

CALIBRAÇÃO DE DATALOGGERS *iBUTTONS* UTILIZADOS NO MONITORAMENTO DE FLORESTAS INUNDÁVEIS NA AMAZÔNIA CENTRAL

Márcio Antonio Aparecido Santana¹ - marcio.santana@cptec.inpe.br,
Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães¹ - patricia.guimaraes@cptec.inpe.br,
Ralf Gielow² - ralf.gielow@cptec.inpe.br,
Eduardo Moraes Arraut³ - arraut@dsr.inpe.br,
Alessandro Augusto dos Santos Michiles⁴ - alemichiles@gmail.com
Laura Hess³ - laurahess@gmail.com

¹ INPE / CPTEC / LIM / Metrologia Ambiental, Cachoeira Paulista - SP, Brasil, telefone: (12) 3186-9344 / 9477.

² INPE / CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

³ INPE / OBT – Coordenação de Observação da Terra / Divisão de Sensoriamento Remoto.

⁴ UEA - Universidade do Estado do Amazonas.

Resumo: A crescente demanda por pesquisas no ambiente amazônico resulta diretamente também no aumento da utilização de diversos sensores e medidores de variáveis meteorológicas / ambientais. Novas tecnologias, diversas técnicas de medição e diferentes aplicações vêm sendo utilizadas com menor custo de implementação e sem influenciar a confiabilidade das medições em campo. Este trabalho relata os requisitos metrológicos e todas as etapas da calibração do inovador *datalogger* denominado *iButton*, utilizado na pesquisa em florestas inundáveis na Amazônia Central. Este *datalogger* miniaturizado é do tipo programável, com sensor de temperatura integrado, hermeticamente selado, baixo consumo de energia, boa capacidade de armazenamento de dados, relógio em tempo real, baixo custo e tempo de utilização limitado pela bateria interna. Através das calibrações iniciais, das recalibrações e da rastreabilidade metrológica evidenciada, as medições de campo podem ser corrigidas, garantindo assim a qualidade dos dados ambientais.

Palavras chave: Metrologia ambiental, meteorologia, *datalogger*, *iButton*, calibração.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Pesquisa Ambiental

O objetivo desta pesquisa ambiental é detectar a duração e o padrão de alagamento de diferentes *habitats* das planícies de inundação dos rios Solimões e Purus, na Amazônia. Os dados serão utilizados para avaliar as classificações de *habitat* realizadas por meio de imagens orbitais dos sensores: *PALSAR* - *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar* do satélite ALOS – *Advanced Land Observing Satellite* [1] da agência espacial japonesa; *TM* - *Thematic Mapper* da série de satélites *Landsat* - *Land Remote Sensing Satellite* [2] da agência espacial americana; entre outros.

Para detectar a ocorrência e a profundidade da lâmina d'água de alagamento ao longo do ano, utilizaram-se os termossensores registradores autônomos, *iButtons*, não protegidos das radiações solar e de onda longa (> 4 µm). Estes sensores no ar registram durante o dia valores mais altos de temperatura do que a real, enquanto à noite ocorre o oposto; sob a água, estes efeitos são desprezíveis. Assim, observando a série de temperaturas registrada num nível fixo, encontra-se o horário em que este ponto foi alcançado pela lâmina de alagamento, ou quando ele voltou a ser exposto ao ar com a vazante, ou seja, determinando-se a duração da cheia neste nível. Para tanto, a precisão de 1 °C deste modelo de *iButton* comercial é suficiente. Entretanto, para a determinação do balanço de energia, uma precisão maior é necessária, o que é avaliada junto aos resultados da calibração.

Outros sensores *iButtons* não calibrados foram colocados em árvores localizadas em diferentes *habitats* da planície de inundação. Os *habitats* principais foram: várzea alta, várzea baixa, chavascal e beira dos rios e paranás. Os *iButtons* foram programados para gravar a cada 6 h (4 leituras/dia), e em seguida acondicionados em envelopes plásticos com fecho zip (um envelope interno vedado e outro externo por onde a água podia passar).

Em campo, foram afixados às árvores por meio de braçadeiras de plástico conforme Figura 1. Em cada árvore foram colocados de 3 a 7 dispositivos; o primeiro a 20 cm do chão e os demais a cada 50 cm. Os *iButtons* foram colocados durante a seca de 2008 e recuperados durante a seca de 2009. Permaneceram em campo, portanto, durante aproximadamente um ano, o que corresponde a um ciclo de alagamento. Através da coleta destes dados foi possível determinar a dinâmica da inundação em cada ponto geográfico estudado.

Outros *dataloggers* do tipo *iButton* serão calibrados para aplicação em balanço energético.

Os *iButtons* calibrados e objetos deste trabalho foram instalados durante a seca de 2009 em um dos sítios da comunidade do Jarauá, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Mamirauá, região do médio Rio Solimões, na Amazônia Ocidental (2°52'11" S; 64 °57'58" O) e em Piagaçu-Purus, Caua e Aiapuá, região do baixo Rio Purus, na Amazônia Central (4°19'44" S; 61°59'16" O).



Fig. 1. Árvore com *iButtons* em chavascal da RDS Piagaçu-Purus. (Foto: Eduardo M. Arraut)

1.2. Datalogger *iButton*

O datalogger *Thermochron iButton*, produzido pela *Dallas Semiconductor/Maxim*, possui formato semelhante à uma bateria do tipo moeda, em aço inoxidável, possuindo no seu interior um *microchip* de silício programável para leitura e armazenamento de dados, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3. A comunicação entre o *iButton* e o computador é realizada através de um contato momentâneo, aproximando-se um dispositivo denominado *Blue Dot* ao datalogger. Este dispositivo é conectado a uma das interfaces de comunicação do microcomputador, neste caso, a *USB (Universal Serial Bus)*, utilizando-se o protocolo de comunicação *1-Wire Protocol*. A taxa de comunicação de dados varia de 16 kbps no modo *standard* a 142 kbps no modo *overdrive*. Cada *iButton* possui endereço único e inalterável com registro físico e eletrônico, podendo ser utilizado como seu identificador.



Fig. 2. Datalogger *iButton* durante a fabricação (Foto do fabricante)

O modelo calibrado foi o DS1921H-F5, que tem como características: termômetro digital para operar na faixa de temperatura de 15 a 46 °C; memória não volátil para 2048 leituras; resolução de 0,125 °C; precisão de ± 1 °C e período de leitura programável de 1 a 255 minutos. A precisão do relógio interno é de 2 minutos/mês, conforme informações

do fabricante [3]. A longevidade da bateria do *Thermochron* é influenciada por diversos parâmetros, tais como, o período de amostragem e a temperatura de utilização, sendo que este último fator é aquele que influi diretamente neste parâmetro. Se os sensores forem utilizados em alta resolução para medir temperaturas entre 0 (zero) e 15 °C, com período de amostragem de um segundo, a vida útil da bateria é menor que 20 dias, podendo, porém, alcançar os 3 anos caso as medidas sejam realizadas a cada 3 minutos, para temperaturas de até 45 °C, com resolução normal, para este modelo. Estes fatores são considerados para a definição dos parâmetros de entrada no processo de calibração.

Além das medidas de temperatura são armazenadas informações de data e hora da leitura e caso a temperatura exceda os limites definidos como admissíveis, o *Thermochron* registra também a duração desta ocorrência na forma de um alarme, tanto para valores superiores como inferiores aos valores definidos. Há possibilidades de armazenar outras informações, do tipo alfanumérico. Com o *software One Wire Viewer* é possível verificar também as leituras na forma de distribuição estatística de frequência (histograma).

As aplicações comerciais deste dispositivo abrangem o monitoramento e registro da temperatura de qualquer objeto ao qual está afixado durante o seu transporte ou armazenamento, tais como: produtos alimentares, químicos e sangue. Há modelos que monitoram também a variável umidade relativa.

O custo destes *dataloggers* incluindo um adaptador *USB* com cabo e conector para a comunicação é de aproximadamente 550 dólares americanos ou 3.000 reais, incluindo os impostos [4, 5]. A calibração no Brasil para um conjunto de 20 *iButtons* varia de 3.200 a 8.000 reais, em laboratórios “comerciais”.



Fig. 3. *iButton*

1.3. Requisitos Meteo-Metroológicos

O monitoramento exige cada vez mais medidas exatas, e é fundamental conhecer o grau de confiabilidade destas informações. Recomendações e requisitos básicos das áreas de Meteorologia [6] e Metrologia [7] para a instrumentação incluem: a) realizar a calibração inicial, verificação e recalibração do sistema completo de observação ambiental, ou seja, do conjunto sistema de coleta de dados incluindo o(s) sensor(es) utilizado(s) e as ferramentas de *software*; b)

evidenciar a rastreabilidade das medições e c) expressar a incerteza de medição.

Outro item, além da descrição dos procedimentos de instalação e dos fatores que influenciam as medidas de campo é ter um critério para aceitação ou rejeição para uso dos dispositivos perante os resultados da calibração [8]. Critérios de aceitação são parâmetros que servem como referência para verificar se o instrumento está adequado ao uso.



Fig. 4. Diagrama de rastreabilidade

A *Rastreabilidade* ou *Rastreabilidade Metrológica* é a propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição [8, 9]. Em outras palavras, é através da rastreabilidade que se obtém a garantia de que a unidade de uma variável tenha o mesmo valor em qualquer lugar do mundo. A Figura 4 ilustra um exemplo de diagrama de rastreabilidade voltado para a área de instrumentação meteorológica.

A incerteza de medição é o parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando [10] ou o parâmetro não negativo (qualitativamente) que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas [9].

A proposta deste trabalho é incentivar a utilização de sistemas alternativos de coleta de dados para o monitoramento ambiental, incluindo a realização da calibração e recalibração.

2. CALIBRAÇÃO DOS IBUTTONS

Foram calibrados 20 (vinte) *iButtons* em temperatura no laboratório da área de Metrologia Ambiental do LIM - Laboratório de Instrumentação Meteorológica do INPE/CPTEC, no período de março a abril de 2009. Os procedimentos de calibração foram baseados nas normas técnicas: *ASTM International - American Society for Testing*

and Materials [11] e *ISO -International Organization for Standardization* [7].

Para temperatura utilizou-se a ITS-90 - *International Temperature Scale of 1990* e um sistema de calibração composto por: câmara climática CSZ, *Temperature and Humidity Chamber, ZPH-16-1.5H/AC*; padrão de referência de ponto de orvalho *Michell Instruments Ltd, Optical Dew Point Transmitter, Optidew/ST2*; padrão de referência de temperatura *Fluke - Hart Scientific, SPRT-Standard Platinum Resistance Thermometer, 5699*; padrão de referência de pressão atmosférica *Vaisala, Digital Barometer, PTB220TS* e um microohmímetro padrão *Agilent, Nano Volt - Micro Ohm Meter, 34420A*, conforme mostrado na Figura 5. Um termohigrômetro *Rotronic, modelo Hygrolog* foi utilizado para o monitoramento ambiental do laboratório durante as calibrações. O sistema utiliza interfaces de comunicação *IEEE-488, USB, LAN e wireless*, e os softwares *Opti-Soft e Intuilink* como suplemento do aplicativo *Microsoft/Excel*. Para a programação e comunicação com os *iButtons* foi utilizado o programa *One Wire Viewer*.



Fig. 5. Sistema de calibração de temperatura e umidade relativa do ar

Os padrões de referência têm rastreabilidade vinculada ao Inmetro (laboratórios de Higrometria, Pressão e Termometria) e *NVLAP/FLUKE/USA*. Outros padrões estão rastreados aos laboratórios da RBC - Rede Brasileira de Calibração, entre eles, os laboratórios da área de Metrologia do INPE/LIT.

A metodologia utilizada na calibração baseia-se nas comparações diretas aos padrões de referência de temperatura (Escala Internacional de Temperatura de 1990), umidade relativa do ar e de pressão atmosférica do INPE/CPTEC, utilizando-se uma câmara climática como meio de calibração. A Figura 6 mostra os *iButtons* e padrões de referência no interior da câmara.

As condições ambientais do laboratório durante a realização das calibrações foram: temperatura do ar: 23 ± 2 °C, umidade relativa do ar (u.r.): 50 ± 10 % e pressão atmosférica: 945 ± 5 hPa.

Foram realizadas séries de 5 (cinco) medidas a cada 3 (três) minutos para cada ponto de calibração, sendo informado o valor médio. A incerteza expandida de medição relatada equivale à incerteza padrão combinada multiplicada pelo

fator de abrangência $k = 2,00$, para um nível de confiança de 95,45%, e foi determinada de acordo com os documentos ISO GUM - *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* [12] e EA-4/02 - Expressão da Incerteza de Medição na Calibração [13].



Fig. 6. *iButtons* na câmara climática

Os *iButtons* foram calibrados em 8 (oito) pontos de temperatura: 15; 20; 25; 30; 35; 40 e 45 °C em 50 % u.r. e 20 °C em 80 % u.r.. Quatro unidades, identificadas como 17, 18, 19 e 20, foram calibradas envolvidas em envelopes plásticos com fecho *zip* até 35 °C.

Para os cálculos de incertezas, foi considerada como mensurando a variável (grandeza) temperatura do ar T_x submetida às medições.

Para cada mensurando ou grandeza de saída Y que depende de uma série de grandezas de entrada X_i ($i=1, 2, \dots, N$), temos:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (1)$$

A função de medição f representa o procedimento de medição e o método de avaliação. A função de medição é a função de grandezas cujo valor, quando calculado a partir de valores conhecidos das grandezas de entrada no modelo (matemático) de medição se obtém um valor medido da grandeza de saída, neste modelo [9]. O modelo de medição ou modelo matemático de medição é a relação matemática entre todas as grandezas que, sabidamente, estão envolvidas numa medição.

A grandeza $u_i(y)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) é a contribuição de incerteza padrão associada à estimativa de saída y , resultante da incerteza padrão associada à estimativa de entrada x_i :

$$x_i(y) = c_i u(x_i) \quad (2)$$

onde c_i é o coeficiente de sensibilidade associado com a estimativa de entrada x_i , isto é, a derivada parcial da função modelo f com relação à variável X_i , avaliada para as estimativas de entrada x_i , conforme (3):

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \left. \frac{\partial f}{\partial X_i} \right|_{X_1=x_1 \dots X_N=x_N} \quad (3)$$

O coeficiente de sensibilidade c_i descreve o quanto a estimativa de saída y é influenciada por variações da estimativa de entrada x_i .

Para as calibrações do *iButton* utilizou-se:

$$u^2(y) = \sum c_i^2 \cdot u^2(x_i) \quad (4)$$

No modelo adotado a incerteza u tem-se associadas às incertezas do tipo A e as do tipo B. É considerado tipo A, a incerteza devido à análise estatística de uma série de observações e tipo B, as incertezas baseadas em outros conhecimentos científicos sobre o processo específico de medição [13]. Para cada ponto de calibração teremos: t_{ref90} , t_{ind} , correção e U descritos nas equações (5), (6), (7) e (11). No Certificado de Calibração também é reportada a rastreabilidade e a equação de ajuste para a curva de calibração gerada utilizando-se o aplicativo *Microsoft/Excel*.

$$T_{ref90} = t_s + \delta s_1 \quad (5)$$

$$T_{ind} = t_x \quad (6)$$

$$Correção = T_{ref90} - T_{ind} \quad (7)$$

A temperatura T_x do objeto sob calibração (*datalogger iButton*) para cada ponto de calibração é obtida pela Equação 8.

$$T_x = \bar{t}_x + (\bar{t}_s + \sum_{j=1}^3 \delta t_{s_j} + \sum_{j=1}^4 \delta t_{m_j} - \bar{t}_x + \delta t_{x_1} + \delta t_F + \delta t_V) \quad (8)$$

Onde:

t_s = temperatura de referência;

δs_1 = correção de temperatura obtida a partir da calibração do padrão *SPRT*;

δt_{s_2} = correção de temperatura devida à resolução do padrão;

δt_{s_3} = deriva do padrão *SPRT* desde sua última calibração;

δm_1 = correção da temperatura obtida a partir da calibração do padrão *DMM - Digital Multimeter*;

δm_2 = correção da temperatura devida à resolução do padrão *DMM*;

δm_3 = deriva do padrão *DMM* desde sua última calibração (especificação do fabricante);

δm_4 = variação da temperatura (*DMM*) em relação à variação da temperatura (condições ambientais do laboratório);

t_x = temperatura do objeto sob calibração;

δt_{x_1} = correção da temperatura devida à resolução do objeto sob calibração;

δt_F = correção da temperatura devida à não-uniformidade da temperatura na câmara climática;

δt_V = gradiente espacial e temporal da câmara climática.

Considerando o grau de liberdade $\nu = 4$ para as medidas dos padrões e dos objetos sob calibração em cada ponto de calibração, temos:

$$\bar{t}_s = \frac{\sum_{j=1}^{\nu+1} t_{s_j}}{\nu+1} \quad (9)$$

e

$$\bar{t}_x = \frac{\sum_{j=1}^{\nu+1} t_{x_j}}{\nu+1} \quad (10)$$

Para a incerteza expandida, teremos;

$$U = k \cdot u(T_x) \quad (11)$$

Onde k = fator de abrangência para diferentes graus de liberdade efetivos ν_{eff} .

Para calcular os graus de liberdade efetivos ν_{eff} da incerteza padrão $u(y)$, associada à estimativa de saída y utilizou-se da equação de *Welch-Satterwaite*:

$$\nu_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}} \quad (12)$$

Com o ν_{eff} obteve-se o fator de abrangência k através de uma distribuição *t-student* avaliada para um nível de confiança de 95,45%.

3. RESULTADOS

A faixa de temperatura T_{ref90} variou de 15,55 a 45,75 °C e T_{ind} de 14,78 a 45,13 °C para todos os *iButtons* e o erro ou a correção ($T_{ref90} - T_{ind}$) em toda a faixa variou de 0,1 a 1,49 °C. A incerteza da medição na calibração U foi estimada de 0,11 a 0,19 °C ($k = 1,0 @ 68\%$), conforme Tabela 1, que mostra resumidamente os resultados e as contribuições significativas na calibração de temperatura dos *iButtons*.

Tabela 1. Estimativas e contribuições de incerteza para a calibração de temperatura

Grandeza X_i	Estimativa x_i [°C]	Distribuição de probabilidade	Contribuição para a incerteza @ $k=1,0$ $u_i(y)$ [°C]
t_s	15,59 a 45,71	<i>t-student</i>	0,002 a 0,054
δ_{s1}	- 0,01	normal	0,00028 a 0,00035
δ_{s2}	-	retangular	0,00058
δ_{s3}	-	retangular	0,0053
δ_{m1}	-	<i>t-student</i>	0,00043 a 0,0013
δ_{m3}	-	retangular	0,0017
t_x	14,78 a 45,13	<i>t-student</i>	0 a 0,061
δ_{x1}	-	retangular	0,072
δ_{T}	-	retangular	0,081 a 0,16
T_x	-	-	0,11 a 0,19

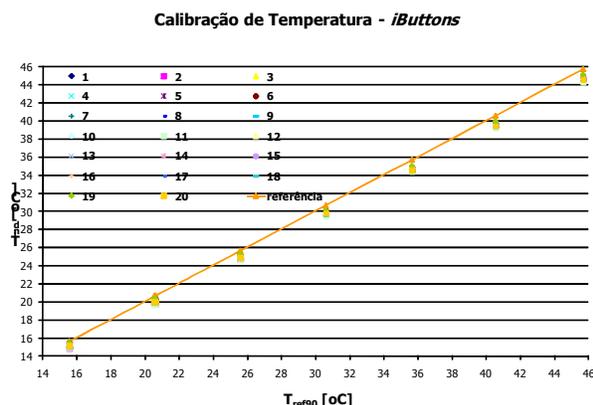


Fig. 7. Respostas dos *iButtons* x padrão *SPRT*

O gráfico da Figura 7 mostra a resposta em temperatura dos *iButtons* calibrados versus padrão *SPRT*. As equações do tipo $y=a^x+b$ $R^2=1$ foram obtidas e reportadas nos Certificados de Calibração a partir das curvas de calibração, utilizando-se o aplicativo *Microsoft/Excel*.

O gráfico da Figura 8 mostra os erros ($T_{ref90} - T_{ind}$) para toda a faixa calibrada.

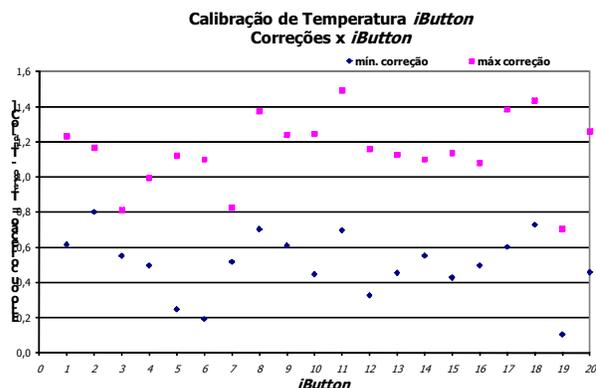


Fig. 8. Correções (mínimas e máximas) x *iButton*

A Figura 9 representa o gráfico de temperatura nos 8 (oito) pontos de calibração versus correções para cada *iButton*.

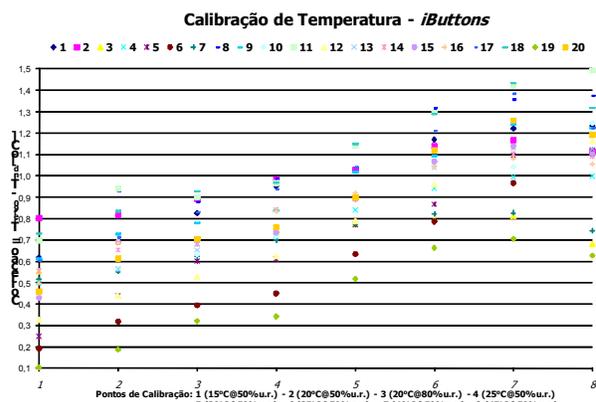


Fig. 9. Erro ou correção ($T_{ref90} - T_{ind}$) durante a calibração

As incertezas de medição em cada ponto de calibração para os *iButtons* estão representadas no gráfico da Figura 10.

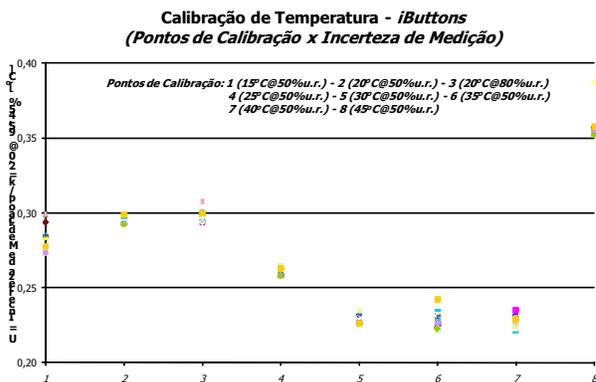


Fig. 10. Incerteza de temperatura na calibração dos *iButtons*

4. DISCUSSÃO

Uma das metodologias para a correção dos dados de campo é utilizar além dos resultados da calibração inicial, os resultados da recalibração e definir o tipo de variação ou deriva do medidor durante o período de uso e executar uma nova correção.

Considerando as correções ($T_{ref90} - T_{md}$) como erros sistemáticos, as incertezas de medição se tornam parâmetros para o critério de aceitação, e neste caso, os medidores estão adequados ao uso. Na faixa de 30 a 35 °C, a incerteza varia de $\pm 0,22$ a $\pm 0,24$ °C, para um fator de abrangência $k = 2,00$, considerando um nível de confiança de 95,45%, porém estas incertezas expandidas de medição, U , declaradas nos certificados de temperatura não levam em consideração as incertezas relativas às equações de ajuste das curvas de calibração.

No experimento pode-se comprovar que não houve diferença na resposta em temperatura dos quatro *iButtons* identificados como 17, 18, 19 e 20 protegidos com plásticos, em relação aos demais.

Deste conjunto de *iButtons* calibrados, 13 estão instalados no sítio alagável desde fins de novembro de 2009 (6 para altura d'água, 3 juntos aos termohigrômetros TH no ar e 4 no solo), enquanto mais 6 serão instalados para altura d'água. Os três junto aos TH estão protegidos da radiação direta, o que também é o caso dos enterrados. Já a determinação do nível d'água conta com os efeitos radiativos nos dispositivos *iButtons*.

No que se refere aos efeitos radiativos, alguns testes devem ser realizados, como medidas com *iButtons*. (i) abrigados (protegidos da radiação solar); (ii) expostos ao Sol; (iii) em diferentes profundidades em água limpa; (iv) como em (iii), mas em águas com diferentes graus de turbidez. Simultaneamente, medidas de radiação solar incidente, bem como de saldo de radiação. A razão para a realização destes testes é que no ar, os efeitos radiativos causam o registro de temperaturas mais altas durante o dia, e mais baixas à noite, o que é usado para determinar se o *iButton* está dentro ou fora da água; entretanto, deve haver um efeito devido à transparência maior ou menor da água, pois a transição água *versus* não-água sobre o medidor apresenta certas variações ou não-uniformidades. Estes experimentos devem ser feitos após a recalibração destes *dataloggers*. Na recalibração outros testes podem ser estudados, como a colocação dos *iButtons* sobre um toco embalados e afixados como no campo, com o toco/bastão mergulhado na água e se sobressaindo sobre ela, e em conjunto com os termohigrômetros a serem usados no mesmo experimento. Lâmpadas de xenônio podem ser utilizadas para simular parcialmente a radiação solar incidente.

5. CONCLUSÃO

Com as correções das medidas ambientais utilizando-se dos resultados da calibração, vimos que este dispositivo de baixo custo, originalmente destinado a acompanhar a temperatura de mercadorias pode ser empregado no monitoramento ambiental com a devida confiabilidade requerida, tanto na Amazônia como em outros biomas.

A utilização de um número maior de novos tipos de sensores e medidores demonstra a necessidade de preparar e atualizar a área de Metrologia Ambiental para atender à demanda da realização de calibração e de ensaios, permitindo assim que os meios de testes simulem ou se aproximem o máximo possível das condições em que a instrumentação será utilizada.

Normalmente o trabalho dos metrologistas finaliza após a elaboração e confecção dos Certificados de Calibração. Porém, um aspecto que se torna inerente à Metrologia Ambiental é que a análise e avaliação da instrumentação deve ser um trabalho em conjunto com os instrumentistas de campo e pesquisadores para cada aplicação específica, propiciando avanços em todas as áreas.

AGRADECIMENTOS

À equipe do LIM, aos pesquisadores do INPE (CPTEC e OBT/DSR) e UEA e aos colaboradores. Ao CNPq pelo apoio no projeto “Estimativas da Taxa de Armazenamento de Energia e Análise do Seu Papel no Balanço de Energia em Regiões de Florestas Inundáveis na Amazônia Central”, à FAPESP pelo apoio no projeto “Mapeamento da vegetação e da hidrologia das áreas alagáveis da Amazônia com imagens sar e ópticas: aplicações em biodiversidade e planejamento da conservação”, ao MCT, FINEP, INPE e INMETRO pelo incentivo na implantação da área de Metrologia Ambiental, à CAPES, INPA, projeto SONDA e ao IME/CTEx pela disponibilização das normas técnicas e ao José Celso pelo incentivo e também pelo empenho no sentido de viabilizar equipamentos para o laboratório de termometria.

“Bons dados não são necessariamente excelentes, é essencial conhecer e evidenciar a qualidade deles”.

OMM – Organização Meteorológica Mundial

REFERÊNCIAS

- [1] JAXA. Disponível em <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS> em abril/2010.
- [2] NASA. Disponível em <http://landsat.gsfc.nasa.gov/> em abril/2010.
- [3] BENDER, Katherine. Thermocron Guide. Thermocron, 2007.
- [4] MAXIM. Disponível em <https://shop.maxim-ic.com/storefront/welcome.do> em abril/2010.
- [5] Eletrosptalar. Disponível em www.eletrosptalar.com.br em abril/2010.
- [6] World Meteorological Organization, “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation”, seventh edition, 2008
- [7] ABNT, NBR ISO/IEC 17025:2005. Requisitos gerais para competência de laboratórios de calibração e ensaios. 2005.
- [8] M. A. A. Santana, P. L. O. Guimarães, J. C. T. Júnior, P.R. A. Arlino “Rastreabilidade Metrológica e os Critérios de Aceitação para a Instrumentação Meteorológica / Ambiental”, *ENQUALAB 2008*, São Paulo-SP, junho de 2008.

- [9] INMETRO. VIM 2008 - Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos Fundamentais e Gerais de Termos Associados. Primeira edição brasileira do VIM 2008 (tradução autorizada pelo BIPM da terceira edição internacional do VIM – International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2008). 2009.
- [10] Inmetro, “Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia”, 3ª ed, INMETRO, Rio de Janeiro, 2003.
- [11] ASTM. Annual Book of ASTM Standards. Section fourteen. General Methods and Instrumentation. Volume 14.03 - Temperature Measurement. 2008.
- [12] International Organization for Standardization. ISO GUM Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. ISO, Geneva, 1995.
- [13] EA / Inmetro; SBM. Expressão da incerteza de medição na calibração. Primeira edição brasileira em língua portuguesa do EA-4/02. Rio de Janeiro: INMETRO, ABNT, SBM, 1999. 34p.

“A opinião dos autores não reflete necessariamente as opiniões das instituições inseridas neste trabalho”.