

# **IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA AMBIENTAL DE MONITORAMENTO CLIMATO-METEOROLÓGICO NA UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI**

Relatório de Andamento N°. 01 (RT01-Jari-Meteorologia-01/12)

Preparado por:



Especialmente para:



São Paulo  
Janeiro de 2012

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>02</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>02</b>
<b>3. CLIMATOLOGIA DA REGIÃO AMAZÔNICA</b>	<b>03</b>
<b>4. AS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE SANTO ANTONIO DO JARI (JARI1 e JARI2)</b>	<b>06</b>
4.1. Seleção dos Locais das Estações Meteorológicas JARI1 e JARI2	06
4.2. Equipamentos das Estações JARI 1 e JARI 2	09
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>13</b>
<b>ANEXO 1- Mapa de Localização das Estações JARI1 e JARI2</b>	<b>14</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O serviço “Monitoramento Climato-Meteorológico na Região do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio do Jari”, solicitado pela *EDP* está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda.** Este serviço atende as condicionantes propostas na Licença Prévia (LP N° 337/2009, IBAMA) e de Instalação (LI N° 798/2011, IBAMA) emitidas pelo IBAMA para o AHE Santo Antônio do Jari; e tem por finalidade monitorar o microclima local da região de entorno da AHE Santo Antônio do Jari, que está sendo construída nas coordenadas 0° 40' latitude sul e 52° 30' latitude oeste, no Rio Jari, na divisa entre os estados do Amapá e Pará.

Neste relatório técnico são descritas com detalhes as principais atividades relacionadas com a seleção dos locais das estações meteorológicas de Santo Antônio do Jari (JAR11 e JAR12), assim como a descrição dos equipamentos contidos nelas.

## 2. OBJETIVOS

O monitoramento Climato-Meteorológico na região do futuro Reservatório da UHE Santo Antônio do Jari servirá de subsídio na análise dos parâmetros meteorológicos e ambientais envolvidos nas diversas etapas de projeto e ao longo da vida útil do empreendimento, com os seguintes objetivos específicos:

- Coleta diária, em quatro horários pré-estabelecidos, dos parâmetros meteorológicos de: chuvas (precipitação e pluviometria), regime de ventos, evapotranspiração, insolação, temperatura do ar, pressão atmosférica e umidade relativa do ar;
- O monitoramento climato-meteorológico contínuo na região de entorno do AHE Santo Antônio do Jari, em especial na região do reservatório da usina hidrelétrica, objetivando o acompanhamento dinâmico desses parâmetros, com o intuito de ser promovida a análise de mudanças no microclima local;
- Caracterização de microclima local a partir da comparação com a caracterização clássica de tipologia climática da região;
- Disponibilizar os dados coletados a institutos de pesquisas nacionais, como o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a Universidade Federal do Pará;
- Assessorar a **EDP** em assuntos relacionados ao estudo meteorológico na UHE Santo Antônio do Jari, prestando esclarecimentos e atendendo a requerimentos efetuados pelos órgãos ambientais e pela população local.

### 3. CLIMATOLOGIA DA REGIÃO AMAZÔNICA

Segundo **Nimer (1979)**, a região amazônica possui uma deficiente rede meteorológica devido à seu escasso povoamento, visto que atualmente a distribuição da rede de estações meteorológicas é determinada principalmente pelo povoamento. Desse fato, resulta numa rede meteorológica com acúmulo de estações em determinadas áreas (margens do rio Amazonas e alguns dos seus afluentes) e escassez ou até mesmo ausência em outros. A bacia do Rio Jari está inserida no estado do Amapá pela margem esquerda e no estado do Pará, pela margem direita. Ela compreende uma parte da grande Região Amazônica, a maior extensão de floresta quente e úmida do globo terrestre, que ocupa quase a metade do Território Brasileiro.

O clima não pode ser compreendido e analisado sem o concurso do mecanismo atmosférico. Até mesmo a influência de fatores geográficos, como relevo, latitude, continentalidade e maritimidade são exercidos em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica. Desta forma, para a caracterização climática da bacia do Rio Jari, é necessária uma análise dos principais sistemas de circulação atmosférica, por sua atuação direta, exercendo um papel importante na configuração do clima regional, a seguir apresentada.

A análise da circulação atmosférica é importante para o entendimento da gênese dos elementos climáticos e sua distribuição espacial ao longo do ano. Neste sentido, a localização da área é de grande importância, pois sua posição, com parte no hemisfério norte e parte no sul, está sujeita à interferência dos sistemas dos dois hemisférios.

Os sistemas atuantes na circulação atmosférica do Brasil e da América do Sul há muito foram descritos e equacionados, podendo ser citados: o trabalho base de **Serra & Ratisbona (1942)**, o de **Nimer (1972)**, **Silva Dias & Marengo (2002)** e **Fonzar (1994)**. Este último, dispondo de novos recursos técnicos espaciais, entre eles as imagens de satélite e novos conhecimentos da meteorologia, com uma visão mais detalhada das nuvens e seus movimentos, esclareceu algumas colocações de **Serra & Ratisbona (1942)**. Dessa maneira, a circulação atmosférica foi baseada nos centros de alta e baixa pressão, assim como sua localização, toda a termodinâmica envolvida e os movimentos da terra e do ar com todos os seus corolários.

Na área equatorial forma-se uma faixa onde convergem os ventos (alísios) originários dos Anticiclones do Atlântico norte e sul (centros de alta pressão). O Anticiclone do hemisfério norte produz os alísios de Nordeste e do sul e os alísios de Sudeste. O resultado dessa convergência é a CIT (Convergência Intertropical), área de baixa pressão, com intensa nebulosidade, movimentos verticais produzindo intensa convecção, provocando chuvas torrenciais e fortes aguaceiros. Ela acompanha, grosseiramente, a linha do Equador,

circundando todo globo. A sua posição não é fixa, oscilando para norte ou para o sul, dependendo da época do ano.

No Brasil, a sua posição mais ao sul se dá no outono, sendo a principal responsável pelas chuvas do Nordeste e da Amazônia. Apesar de conhecida e estudada, esses conhecimentos não foram suficientes para estabelecer, com exatidão, sua movimentação. Há anos em que ela permanece no hemisfério norte, em outros ela avança mais para o sul. O Nordeste e o Norte do Brasil ficam sob sua dependência com todos os problemas de sua inconstância. A Amazônia também depende dela como origem das chuvas, porém, as condições são peculiares. Na Amazônia, a Convergência Intertropical toma várias configurações. No oceano, a superfície é mais homogênea, sendo bem marcada; no Brasil, a parte leste, mais ligada ao Oceano Atlântico, atua no Nordeste e leste do Amapá, adentrando no estado do Pará. No continente, ela sofre o efeito das rugosidades do relevo e não é tão nítida.

Na parte oeste continental, na Amazônia Central e Ocidental, a superfície é homogênea devido ao tapete das árvores, os alísios adentram o continente, formando uma larga faixa de baixa pressão. Os ventos alísios são extremamente secos por razões termodinâmicas; a sua convergência, sobre a superfície florestada da Amazônia, forma grandes áreas de instabilidades e seu comportamento difere no inverno ou no verão. Portanto, a Convergência Intertropical tem duas partes, uma a leste e outra a oeste, com posições diferentes durante o ano. Entre uma e outra, há uma faixa onde ela é menos atuante: durante a primavera/verão ela permanece no Hemisfério Norte de 5º a 6º latitude Norte.

No verão, a Convergência começa o seu deslocamento do hemisfério norte para o hemisfério sul. Os alísios do Nordeste, do Anticiclone dos Açores, adentram o continente, convergindo na Amazônia Ocidental, reforçado pelas frentes, com as quais ajudam a formar uma grande área de instabilidade, dominando toda região e estendendo-se além dos limites da Amazônia Legal. Esta situação continua por quase todo o outono.

Desta forma, a região onde se insere a bacia em estudo, é caracterizada pelo sistema de circulação atmosférica da CIT. A circulação é constituída pela convecção termodinâmica dos ventos de NE do anticiclone dos Açores e do anticiclone do SE.

Essa massa de ar, pela sua forte umidade específica e ausência de subsidência superior, está frequentemente sujeita às instabilidades causadoras de chuvas abundantes. No interior desta massa de ar, as chuvas são provocadas por depressões dinâmicas denominadas linhas de instabilidades tropicais (IT), induzidas em pequenas dorsais. No seio de uma linha de IT, o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas, por vezes granizo, e ventos

moderados a fortes, com rajadas que atingem 60 a 90 km/hora. Tais correntes atmosféricas, na bacia do Rio Jari, são comuns durante todo o ano, mas bem mais constantes no verão. As chuvas de IT costumam durar poucos minutos, raramente ultrapassando 1 hora e são responsáveis por aguaceiros. As chuvas de CIT são de notável concentração de tempo e no espaço.

Um segundo fator importante na caracterização climática da bacia do Rio Jari relaciona-se aos aspectos térmicos. O regime de temperatura da região onde está localizada a bacia em análise, segundo **Nimer (1979)**, assim como toda a região amazônica apresenta o Clima Quente, uma vez que todos os meses se mantêm com a temperatura média superior a 24°C.

Na região onde se encontra a bacia, as temperaturas médias anuais variam entre 24°C e 26°C, segundo **Nimer (op. cit.)**. A foz do rio Jari e o sudeste do estado do Amapá são as regiões das mais altas temperaturas. De acordo com os dados disponíveis pelo autor supracitado, as temperaturas máximas absolutas estão entre 36°C e 38°C e as mínimas absolutas ficam próximas a 16°C. As médias mínimas são 22°C e na estação mais fresca 16°C, quando há repercussão das friagens. Os meses mais quentes são setembro e outubro; junho, julho e agosto constituem o período mais ameno. As amplitudes térmicas ficam entre 10°C. No geral, as temperaturas altas são uma constante.

A Região Norte do Brasil, onde se insere a área em estudo, constitui-se no domínio climático mais pluvioso do país. Desta forma, os aspectos pluviométricos constituem outro aspecto importante para a análise climática da bacia, que relaciona a existência ou não de secas e o regime de duração dos períodos secos. O clima quente da bacia do Rio Jari possui áreas bem diferenciadas, sendo um úmido com 1 a 2 meses secos e outro úmido com 3 meses secos.

Portanto, segundo **Nimer (1979)**, o Domínio Climático da bacia em questão é o Quente com Subdomínio Climático Úmido, apresentando variedades climáticas de 1 a 2 meses secos. Desta forma, o tipo climático é Equatorial.

## 4. AS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE SANTO ANTÔNIO DO JARI

### 4.1. Seleção dos Locais das Estações Meteorológicas JARI1 e JARI2

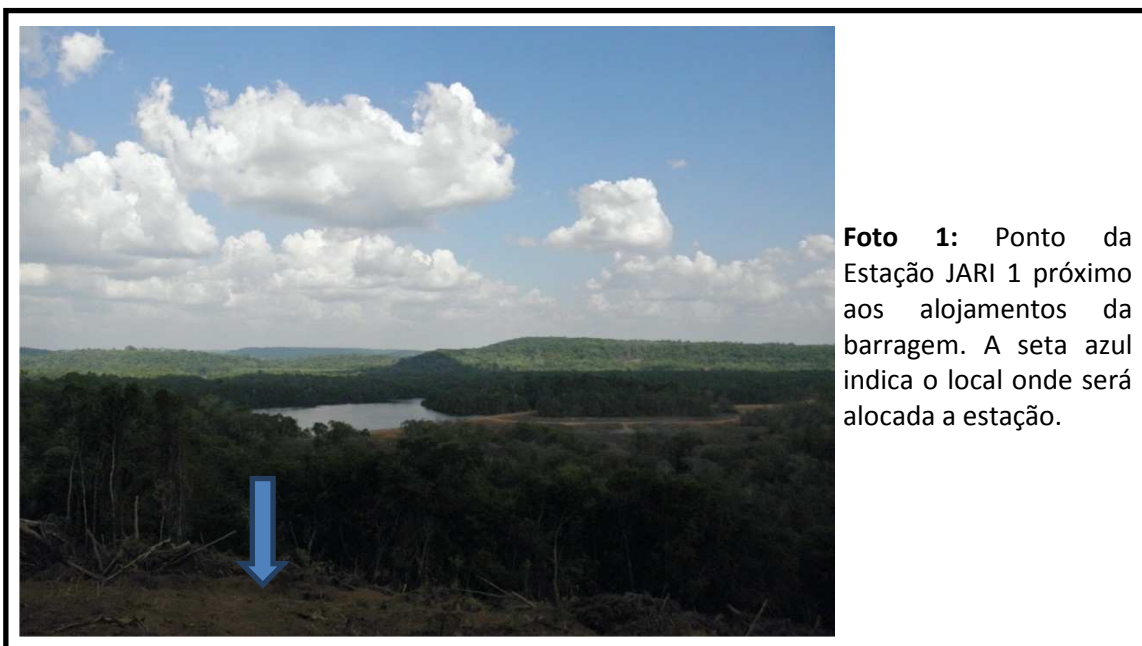
Nos dias 12 a 15 de dezembro de 2011 foram efetuadas a escolhas dos pontos das duas estações meteorológicas pelos membros da equipe da **VERACRUZ** na região do entorno da futura barragem da UHE Santo Antônio do Jari. O principal critério usado para a locação desses pontos foi o uso do mapa do PBA Climato-meteorológico em conformidade com a metodologia empregada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, visando a promoção do monitoramento das possíveis modificações no micro-clima local acarretadas com a criação do reservatório artificial da futura UHE Santo Antônio do Jari.

Desta maneira foi realizado o primeiro contato com o Sr. Jorge Emilio Rodrigues, chefe do LAIME/INMET para esclarecimentos sobre a metodologia e tipos de equipamentos (fabricantes) a serem usados nesse estudo.

De acordo com a metodologia empregada pelo INMET para instalação de estações meteorológicas, as mesmas devem abarcar locais de diferentes regiões do relevo, de modo a representar as diferentes características geográficas/geomorfológicas da região de estudo. Assim, a escolha de localização das estações foi baseada na geografia local, assim como também com base nas características topo-geomorfológicas e também foi levado em consideração o acesso durante todo o ano aos locais onde serão colocadas as estações, assim como a questão de segurança das mesmas para garantir a integridade dos equipamentos.

O local escolhido para o locação do ponto da Estação Meteorológica da UHE Santo Antônio do Jari 1 (JARI1) foi dentro da área onde serão construídos os escritórios do canteiro de obras, já que o objetivo principal é monitorar mudanças no microclima local envolvido nas diversas etapas de projeto e ao longo da vida útil do empreendimento. Também foi levada em conta que dentro das instalações da barragem é possível a obtenção de melhores condições de segurança. Os equipamentos de cada uma das estações meteorológicas, indicados pelo INMET, tem valor próximo de R\$ 70 mil, necessitando de cuidado no aspecto de segurança para que esses equipamentos não sejam danificados ou roubados.

Devido às considerações acima, optou-se por uma melhor proteção para a estação meteorológica denominada **JARI1**, e assim garantimos uma melhor continuidade no registro dos dados. A estação **JARI1** está localizada nas seguintes coordenadas: Lat.= **0° 38' 28" S** e Long.= **-52° 32' 8" W**, com 122 m de elevação, junto ao ponto alto do escritório da CESBE na barragem (**Foto 1**).



**Foto 1:** Ponto da Estação JARI 1 próximo aos alojamentos da barragem. A seta azul indica o local onde será alocada a estação.

Para a Estação Meteorológica da UHE Santo Antônio do Jari 1 próxima a Cachoeira do Itapeuara (**JARI2**) foi escolhido um ponto próximo ao alojamento do ICMBio/IBAMA na Estação Ecológica do Jari, a cerca de 40 km da barragem. Os principais critérios para a escolha deste ponto são: (1) segurança, (2) acesso ao local por terra durante todo o ano; (3) está afastado cerca de 40 km da estação **JARI1** e por isso pode monitorar diferenças no microclima local com relação à **JARI1**; (4) está localizada em uma região de relevo mais alto e com diferentes características geográficas/geomorfológicas, pois se encontra a uma elevação de 415m, diferentemente da estação **JARI 1** que está localizada em uma elevação de 122m. Desta forma o ponto escolhido para a locação da estação **JARI2** oferece maiores vantagens do que o ponto inicialmente alocado no mapa do PBA, pois o acesso ao ponto do PBA só se dava através de barco e não há nenhuma forma de garantir a segurança da estação meteorológica, visto que trata-se de uma localidade isolada. Além disso, o ponto previsto inicialmente tem acesso restrito em certas épocas do ano de cheia do Rio Jari, dificultado a realização de trabalhos de manutenção preventiva da estação. A estação **JARI2** (**Foto 2**) está localizada nas seguintes coordenadas: Lat.=  $-0^{\circ} 27' 22''S$  e Long.=  $-52^{\circ} 49' 38''W$ , com 415 m de elevação, junto aos alojamentos do ICMBio (**Foto 2**).

A localização dos pontos das estações **JARI1** e **JARI2** estão mostradas no mapa apresentado no **ANEXO 1**.





**Foto 2:** Ponto da estação **JARI2** próximo aos alojamentos do ICMBio na Estação Ecológica do Jari. A seta azul indica o local da futura estação **JARI2**, a qual está a 40 km da barragem.

## 4.2. Equipamentos das Estações JARI1 e JARI2

Para o início da implementação do Programa de Monitoramento Climato-Meteorológico foi realizado o contato com o Sr. Jorge Emilio Rodrigues, chefe do LAIME/INMET, conforme descrito anteriormente, que indicou uma lista de fornecedores de equipamentos usados pelo INMET. Foi recomendada a compra das estações meteorológicas automáticas das seguintes marcas: Squitter, Sutron, Campbell Scientific, Onset, Obeco (do tipo HOBO), Oregon e Vaisala. Devido à urgência do início do programa (março/2012), optamos por importar a marca americana Onset, que pede um prazo de 60 dias para a importação, diferente de outras marcas como Obeco e Campbell Scientific que possuem um prazo de entrega de 120 dias.

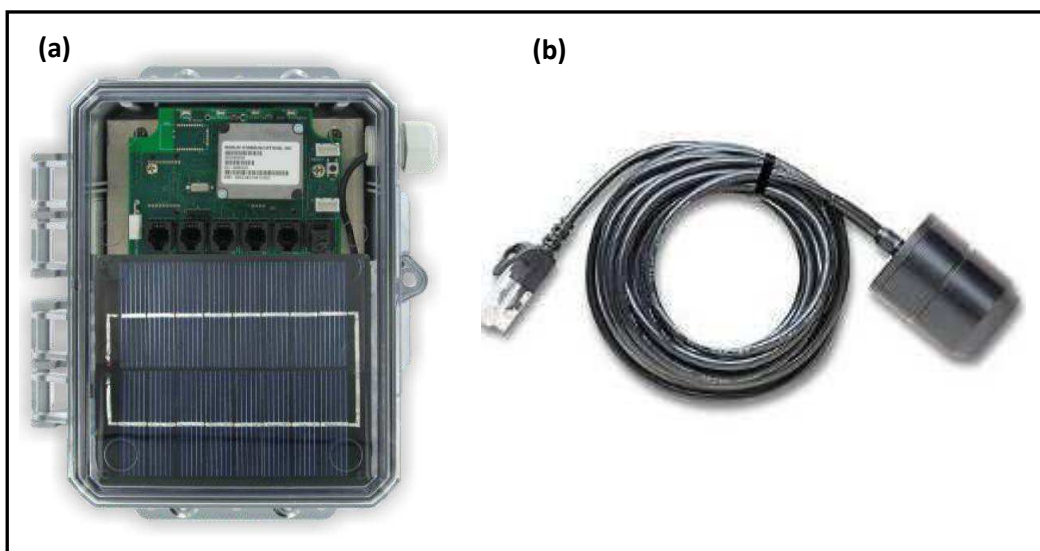
As estações automáticas da marca Onset (**Foto 3**) irão operar por telemetria via satélite, enviando os dados ao escritório da **VERACRUZ** em tempo real. Essas estações atendem a todas as exigências do programa Climato-Meteorológico, monitorando os parâmetros de: chuvas (pluviometria), regime de ventos, evapotranspiração, insolação, temperatura do ar, pressão atmosférica e umidade relativa do ar.



**Foto 3** - Estação Meteorológica automática Onset, com transmissão de dados por satélite.

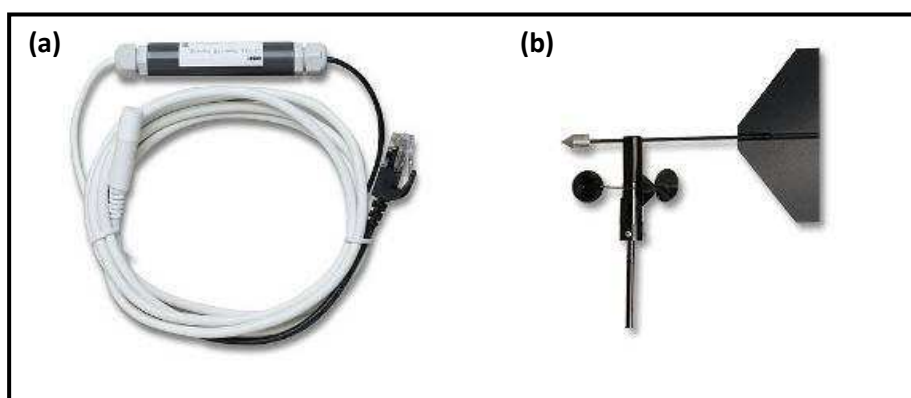
A estação é composta por um *datalogger*, um sensor de radiação solar, um sensor de umidade e temperatura do ar, um sensor de velocidade e direção do vento, um pluviômetro, um sensor de pressão barométrica, um tanque de evaporação classe A + sensor de nível (para medição da evapotranspiração), um conjunto de tripé, um painel solar e um software para análise dos dados. A descrição detalhada de cada um dos itens segue abaixo:

- *Datalogger* U30-SATÉLITE (**Foto4a**): envia os dados automaticamente para Internet em um FTP através da rede de constelação de satélites da Iridium. Possui memória de 512k bytes, permite até 400.000 medições do conjunto de variáveis meteorológicas monitoradas;
- Sensor de radiação solar S-LIB-M003 (**Foto4b**): realiza medições de 0 a 1.280 W/m<sup>2</sup> e possui resolução de 1,25 W/m<sup>2</sup>.



**Foto 4** - (a) *Datalogger* U30-Satélite; (b) Sensor de radiação solar S-LIB-M003.

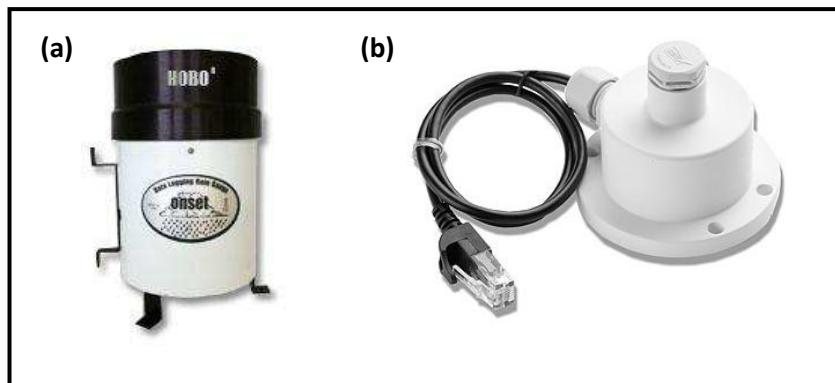
- Sensor de umidade e temperatura S-THB-M002 (**Foto 5a**): opera na faixa de temperatura de -40°C a +75°C e de 0 a 100% de umidade relativa; possui precisão de temperatura de 0,2°C e 2,5% e de umidade de  $\pm 2,5\%$ .



**Foto 5** - (a) Sensor de umidade e temperatura S-THB-M002; (b) Sensor de direção e velocidade do vento S-WCA-M003.

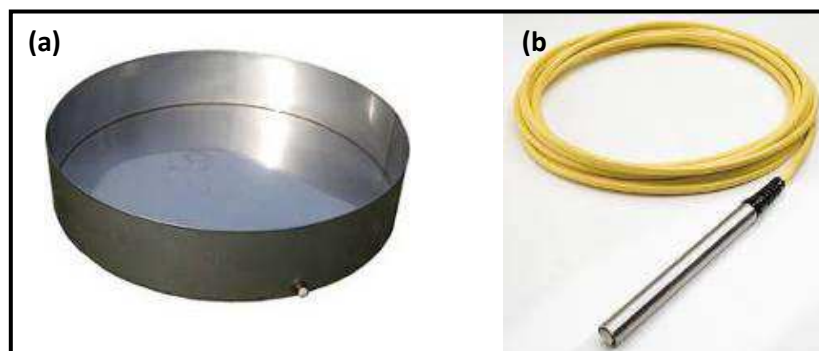
- Sensor de direção e velocidade do vento S-WCA-M003 (**Foto 5b**): Velocidade do vento: 0 a 44 m/s possui precisão de 0,5m/s e resolução de 0,19m/s; é feito em

alumínio anodizado e aço inoxidável para resultados confiáveis em condições adversas; e direção do vento: 0 a 360 graus, precisão de 3 graus com resolução de 1,4 graus. O sensor de vento é feito em fibra de vidro termoplástica reforçada e possui rolamentos em esferas de aço para respostas rápidas e precisas.



**Foto 6** - (a) Pluviômetro S-RGB-M002; (b) Sensor de pressão barométrica S-BPB-CM50.

- Pluviômetro S-RGB-M002 (**Foto 6a**): Possui uma taxa de Medição Máxima: 1270mm / hora e precisão de 0,2 m. O mecanismo é montado em uma caçamba basculante de aço inoxidável com eixo e rolamentos também inoxidáveis.
- Sensor de pressão barométrica S-BPB-CM50 (**Foto 6b**): Faixa de medição: 660 mbar a 1070 mbar (19.47 a 31.55 inHg); possui resolução de 0,1 mbar, e invólucro a prova d'água.
- Painel de evaporação Tanque Classe A + sensor de nível (**Foto 7**): a panela de evaporação possui dimensões de 121 cm x 24 cm (**Foto 7a**), e o sensor de nível d'água (**Foto 7b**) possui precisão de 0,24 mm. Serve para calcular evapotranspiração.



**Foto 7** - (a) Painel de evaporação Tanque Classe A; (b) sensor de nível.

- Painel Solar-6W (**Foto 8a**): Tensão de saída de 6 Volts e dimensões de 14,2 x 24,1 cm.
- SOFTWARE - BHW - PRO (**Foto 8b**): Vista de múltiplos parâmetros de um ou vários *Data Loggers*, combina dados de pontos de aquisição diferentes, combina dados de

aquisições diferentes de forma a comparar mês a mês, antes ou depois. Possui vários filtros inclusos para tratamento dos sinais, e importa e exporta dados para o Excel.

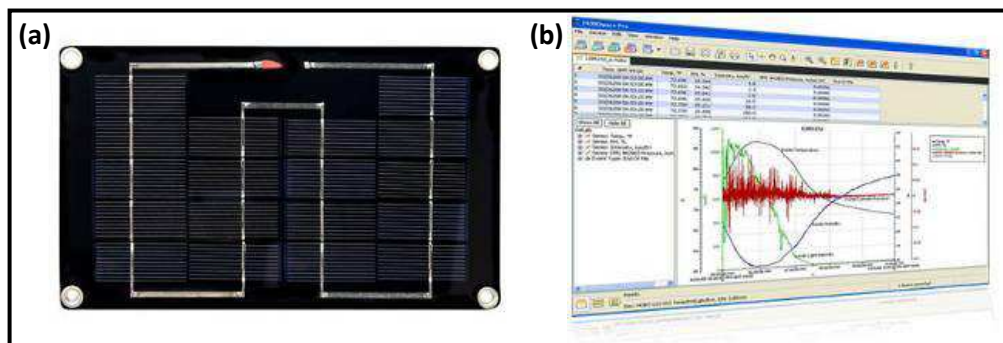


Foto 8 - (a) Painel Solar-6W; (b) SOFTWARE – BHW – PRO.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O serviço de monitoramento climato-meteorológico da região da futura UHE Santo Antônio do Jari foi iniciado com a locação dos pontos das estações **JARI1** e **JARI2**, conforme o programado no cronograma. A localização dos pontos pode ser vista no mapa do **ANEXO 1**, e a colocação de cercas nos locais das estações será realizada em fevereiro de 2012.

Os equipamentos da marca ONSET encontram-se em processo de importação dos EUA, com previsão de chegada para a segunda quinzena de fevereiro/12, indicando que todas as etapas de instalação das futuras estações **JARI1** e **JARI2** estão ocorrendo dentro do prazo determinado, ou seja, com início em março de 2012.

A análise dos dados meteorológicos e a elaboração dos relatórios serão feitas pelo meteorologista Felipe Pereira de Almeida.

São Paulo, 12 de janeiro de 2011.

**Luciana Cabral Nunes, M.Sc.**  
Geóloga (CREA 50629926484)

**Felipe Pereira de Almeida**  
Meteorologista

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONZAR, B.C., 1994. *A Circulação Atmosférica na América do Sul: os dois grandes sistemas planetária e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias*. In: Caderno de Geociências, Rio de Janeiro, 11, 11-33.

NIMER, E., 1979. *Climatologia do Brasil*. SUPREN/IBGE. Volume 4.

SERRA, A. & RATISBONA, L., 1942. *As massas de ar na América do Sul*, Ministério da Agricultura/Serviço de Meteorologia, Rio de Janeiro, 137p.

SILVA DIAS, P. & MARENGO, J., 2002. *Águas atmosféricas. Águas Doces no Brasil - capital ecológico, usos múltiplos exploração racional e conservação*. Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga Jr., José Galizia Tundisi, Eds. 2ns Edition, IEA/USP, pp. 65-116.

**ANEXO I**

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES JARI1 e JARI2**

