

ISSN 0100-8986

DOCUMENTOS Nº 240

Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação

Éverton Blainski
Luis Hamilton Pospissil Garbossa
Eduardo Nathan Antunes



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Florianópolis
2012

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pela Gerência de Marketing e Comunicação (GMC).

Elaboração: Éverton Blainski
Luis Hamilton Pospissil Garbossa
Eduardo Nathan Antunes

Assessoria técnico-científica: Alan Henn - Epagri/Ciram
Álvaro Back - Epagri/E.E. Urussanga
José Luiz Rocha Oliveira - Epagri/Ciram

Revisão e padronização: João Batista Leonel Ghizoni
Arte-final: Zelia Alves Silvestrini
Capa: Victor Berretta

Primeira edição: novembro de 2012
Tiragem: 600 exemplares
Impressão: Epagri

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica

BLAINSKI, E.; GARBOSSA, L.H.P.; ANTUNES, E.N. *Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação*. Florianópolis: Epagri, 2012, 43p. (Epagri. Documentos, 240).

Estação meteorológica – Instalação.

ISSN 0100-8986

O

APRESENTAÇÃO

A água é um elemento essencial à vida e ao desenvolvimento socioeconômico. Trata-se de um recurso natural renovável que pode tornar-se escasso com o crescimento das populações, das indústrias e da agricultura.

A hidrologia é a ciência que aborda as questões relacionadas à água na terra, como ocorrência, circulação e distribuição, características físico-químicas e sua interação com o ambiente.

Em razão da importância da água, das preocupações relacionadas a seu uso indiscriminado e das incertezas associadas às mudanças climáticas, tem-se destacado o conceito de gestão de recursos hídricos, em que se utiliza um conjunto de medidas técnicas, administrativas e legais em atendimento às necessidades humanas e ambientais relacionadas ao uso da água.

Para viabilizar a gestão dos recursos hídricos, a hidrometria se destaca como etapa de extrema importância. A hidrometria é a ciência que quantifica e analisa as características físicas e químicas da água, incluindo métodos, técnicas e instrumentação utilizados. Ela possibilita a aquisição de informações para determinar a quantidade, qualidade, ocorrência e disponibilidade dos recursos hídricos.

A partir de crescente demanda, a Epagri, através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), realiza o monitoramento hidrometeorológico contínuo de diversas bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina.

O presente material tem o intuito de apresentar padrões mínimos de instalação de equipamentos de monitoramento hidrológico com base nas recomendações da *World Meteorological Organization* (WMO).

A Diretoria Executiva

SUMÁRIO

1	Monitoramento hidrometeorológico	7
1.1	Introdução	7
1.2	Tipos de estação	8
1.3	Armazenamento, transmissão e recepção de dados	9
2	Estações pluviométricas automáticas	11
2.1	Descrição	11
2.2	Equipamentos	12
2.3	Escolha do local	13
2.4	Instalação	15
3	Estações fluviométricas automáticas	18
3.1	Descrição	18
3.2	Equipamentos	19
3.3	Escolha do local	24
3.4	Instalação	25
4	Estações meteorológicas automáticas	31
4.1	Descrição	31
4.2	Equipamentos	32
4.3	Escolha do local	34
4.4	Instalação	35
5	Estações agrometeorológicas automáticas	38
5.1	Descrição	38
5.2	Equipamentos	39
5.3	Escolha do local	39
6	Formato dos dados de entrada	40
7	Referências	43

Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação

Éverton Blainski, Dr.¹
Luis Hamilton Pospissil Garbossa, Dr.²
Eduardo Nathan Antunes³

1 Monitoramento hidrometeorológico

1.1 Introdução

O objetivo do monitoramento hidrometeorológico é permitir a coleta de informações a fim de criar uma base de dados e determinar com suficiente precisão o regime hidrológico de uma região. O monitoramento hidrometeorológico é uma prática comum dentro da hidrologia, cujo principal objeto é estudar a água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente. (Definição recomendada pelo *United States Federal Council of Science and Technology, Comitee for Scientific Hidrology, 1962.*)

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em agronomia e pesquisador do Setor de Gestão e Saneamento Ambiental do Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram)/Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), fone: (48) 3665.5144, e-mail: evertonblainski@epagri.sc.gov.br.

²Engenheiro civil, doutor em engenharia hidráulica e saneamento, pesquisador do Setor de Gestão e Saneamento Ambiental do Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram)/Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), fone: (48) 3665.5162, e-mail: luisgarbossa@epagri.sc.gov.br.

³Bacharel em ciências da computação, analista do Setor de Tecnologia de Informação e Comunicação do Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram)/Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), fone: (48) 3665.5139, e-mail: nathan@epagri.sc.gov.br

A hidrometria é a área da hidrologia em que são realizadas medições sistemáticas das variáveis hidrológicas para possibilitar o acompanhamento das condições das principais bacias hidrográficas de interesse, bem como realizar pesquisas, estudos e projetos relacionados aos recursos hídricos. Assim, é formado um banco de dados hidrometeorológicos necessários às tomadas de decisões em áreas como agricultura e engenharia.

Com o avanço da informática e das telecomunicações, as informações hidrometeorológicas passaram a ser coletadas e armazenadas em tempo real. Contudo, durante muito tempo os altos custos dessas instalações inviabilizaram o monitoramento contínuo, por longos períodos de tempo. Agora, a cada ano, a quantidade de equipamentos disponíveis no mercado é cada vez maior. Consequentemente, tem-se constatado uma redução contínua dos custos de aquisição e instalação desses equipamentos. Apesar da facilidade de aquisição desses equipamentos, o desafio passa a ser a padronização, manutenção e operação de grandes redes automatizadas.

1.2 Tipos de estação

As estações de monitoramento hidrometeorológico podem ser compostas por diversos sensores, com as mais diversas finalidades.

Nesta publicação foram abordados os tipos de estação usuais instalados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram). Essas estações foram divididas em quatro tipos: as estações pluviométricas automáticas, as quais dispõem de equipamentos para medição do volume precipitado em função do tempo; as estações agrometeorológicas que podem variar no conjunto de sensores, entretanto, normalmente são compostas, além do pluviômetro automático, por sensores de molhamento foliar e temperatura do ar; as estações fluviométricas automáticas compostas por um limnómetro que promove o registro contínuo dos níveis d'água em

uma seção de rio e, eventualmente, por um sensor de turbidez; e as estações meteorológicas compostas por uma série de sensores voltados ao monitoramento do tempo. Nos capítulos seguintes as estações serão apresentadas de forma mais detalhada, com as principais informações sobre cada uma delas.

1.3 Armazenamento, transmissão e recepção de dados

Para viabilizar o recebimento automático dos dados hidrometeorológicos medidos em campo é necessário que seja instalado, junto com os sensores automáticos, um conjunto de equipamentos para armazenamento e transmissão dos dados.

Os sensores devem enviar os dados medidos para um *datalogger*. Esse aparelho é responsável pelo armazenamento e, em alguns casos, pelo processamento dos dados coletados. A capacidade de memória e processamento desses equipamentos varia, e a seleção destes depende, principalmente, de alguns fatores como o volume de informações a ser armazenadas, os cálculos que se deseja fazer na própria estação, o número de sensores conectados ao equipamento e a programação para envio dos dados.

Outro equipamento importante é o transmissor de dados. Existem diversas opções para envio dos dados: podem ser transmitidos via GPRS (*General Packet Radio Service*), rádio ou satélite. A seleção de uma das opções depende do uso que será feito desses dados, da cobertura de sinal para transmissão e da infraestrutura disponível para recepção dos dados.

A transmissão via satélite, por exemplo, tem um custo maior de implantação e transmissão, porém questões como relevo e interrupção nos serviços de telefonia móvel não interferem em seu funcionamento. Essa pode ser uma boa opção quando as estações estão em locais sem sinal de GPRS, e a garantia da recepção ininterrupta dos dados é importante.

A transmissão via rádio é alternativa. Nesse tipo de transmissão os dados podem ser enviados em intervalos de tempo variáveis e

sem custo de transmissão. Contudo, para isso é necessário que a localização do transmissor esteja a uma distância aceitável do receptor. A instalação desse sistema pode ser economicamente inviável caso demande a instalação de diversas torres de repetição.

A maioria das estações da Epagri/Ciram utiliza *modems* com a tecnologia GPRS para a transmissão dos dados. Esse sistema é de simples instalação, e os equipamentos e a transmissão têm preços atrativos. Contudo, a transmissão GPRS está sujeita à existência de sinal de uma operadora de telefonia móvel no local de interesse. Logo, a topografia da região e a distância até a antena da prestadora de serviço são fatores que influenciam na implantação do sistema.

Além dos equipamentos de armazenamento e transmissão, fazem parte do conjunto da estação outros itens, como o painel solar, que é a fonte de energia normalmente usada para carregar as baterias e operar os equipamentos. Além disso, um controlador de carga e um fusível são instalados como proteção para o painel solar, bateria e *datalogger*.

Do outro lado, na central de processamento de dados, está o sistema de recebimento de dados que, de forma simplificada, é composto por um computador de grande porte, aqui denominado de servidor. Esse servidor deve estar conectado à internet ou a um equipamento capaz de receber os dados transmitidos por rádio, satélite ou GPRS.

O intervalo de coleta dos dados, armazenamento e transmissão varia em função do tipo de estação e da aplicação que será feita dos dados coletados. Por exemplo, dados de monitoramento de turbidez usados para um estudo específico em uma pequena bacia hidrográfica podem ser coletados em intervalos de 5 minutos e transmitidos uma vez por dia. Por outro lado, dados de nível de rios usados para controle de cheias podem demandar a coleta e transmissão de dados a cada 10 minutos. Os possíveis usos que serão feitos dos dados devem ser previstos, preferencialmente, antes da instalação da estação, na etapa de aquisição dos equipamentos e programação dos *dataloggers*.

Nos capítulos seguintes serão apresentados os principais tipos de estação, suas principais características e as recomendações para a instalação desses equipamentos.

2 Estações pluviométricas automáticas

2.1 Descrição

A chuva ou precipitação pluvial é o fenômeno alimentador da fase terrestre do ciclo hidrológico e constitui, portanto, fator importante do escoamento superficial, infiltração de água no solo, evapotranspiração, recarga de aquíferos, vazão dos rios e, conseqüentemente, disponibilidade hídrica.

O monitoramento da chuva pode ser feito por meio de pluviômetros convencionais ou automáticos. Os pluviômetros convencionais são aparelhos totalizadores que medem a altura de chuva total em um determinado período de tempo. Os pluviômetros automáticos podem ser digitais ou analógicos. Os automáticos digitais são equipamentos que registram automaticamente as variações de chuva ao longo do tempo e armazenam as informações em formato digital. Já os automáticos analógicos, também denominados de pluviógrafos, são equipamentos que registram em um gráfico as alturas de precipitações em função do tempo. Esse gráfico é denominado pluviograma. Por meio dos pluviômetros automáticos pode-se quantificar a altura pluviométrica, a duração e a intensidade de chuvas. A descrição dessas variáveis, segundo Tucci (2001) é apresentada a seguir:

Altura pluviométrica: é a altura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não infiltrasse, não evaporasse, nem escoasse para fora dos limites da região. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva, definido como a quantidade de precipitação correspondente ao volume de 1L/m² de superfície.

Duração: é o período de tempo durante o qual a chuva ocorre. As unidades normalmente utilizadas são o minuto e a hora.

Intensidade: é a precipitação ocorrida por unidade de tempo. É expressa, normalmente, em milímetros por hora (mm/h) ou milímetros por minuto (mm/min).

Este capítulo traz informações acerca dos principais tipos de pluviômetro existentes no mercado, suas características, principais aplicações e recomendações técnicas para sua instalação.

2.2 Equipamentos

Os pluviômetros são equipamentos indicados para estudos da contribuição de águas pluviais, seu efeito na descarga líquida de bacias hidrográficas e para estudos hidrológicos destinados a diversas finalidades. Esses equipamentos podem ser convencionais ou automáticos. Os automáticos registram automaticamente a altura pluviométrica em função da variável tempo e possibilitam a determinação da altura pluviométrica, duração e intensidade de chuvas. Os três tipos mais comuns de pluviômetros automáticos são:

Pluviômetro flutuador

Este tipo de pluviômetro é largamente utilizado em estações pluviométricas convencionais. A variação do nível de água é registrada em um recipiente apropriado por meio de um flutuador, ligado por uma haste diretamente ao mecanismo mecânico de registro.

Pluviômetro de balança

Nos pluviômetros de balança a água captada é recolhida em um recipiente e pesada, automaticamente, em uma balança apropriada. Após a pesagem a água é descartada através de um sistema de sifão.

Pluviômetro automático do tipo báscula

Os pluviômetros automáticos do tipo báscula (Figura 1) constituem, atualmente, o principal mecanismo de registro de pluviometria em estações automáticas. Este aparelho é formado, basicamente, por um coletor que conduz a água da chuva para um sistema de duas básculas de volume conhecido. Quando uma báscula se enche, automaticamente, ela vira para esvaziar e a outra báscula

passa a coletar a água. As básculas são unidas por um eixo que contém um ímã acoplado. A cada virada das básculas esse ímã passa em frente a um dispositivo que fecha um circuito que emite um pulso elétrico ao *datalogger*. Cada pulso transmitido é convertido em altura pluviométrica, conforme o volume da balsa.



Figura 1. Pluviômetro automático do tipo balsa

2.3 Escolha do local

Em uma instalação ideal, a água coletada por um pluviômetro automático representa o volume precipitado na região de abrangência do equipamento. Entretanto, alguns fatores climáticos, em especial o vento, podem causar alterações nas leituras. Neste sentido, as principais recomendações técnicas relacionadas à escolha de local para a instalação desses equipamentos são:

- a) As perturbações ocasionadas pelo efeito do vento podem ser reduzidas ou superadas quando a instalação do pluviômetro automático é realizada em locais onde a velocidade do vento na altura do pluviômetro seja a menor possível. Isso ocorre quando o

pluviômetro é instalado em locais protegidos, em todas as direções, por árvores, arbustos ou outros tipos de obstáculo. Entretanto, deve ser mantido o distanciamento mínimo recomendado pela *World Meteorological Organization* (WMO) que corresponde à angulação, do topo do pluviômetro até o topo do obstáculo, variando de 30° a 45° com a horizontal (WMO, 1994; WMO, 2008), conforme a Figura 2.

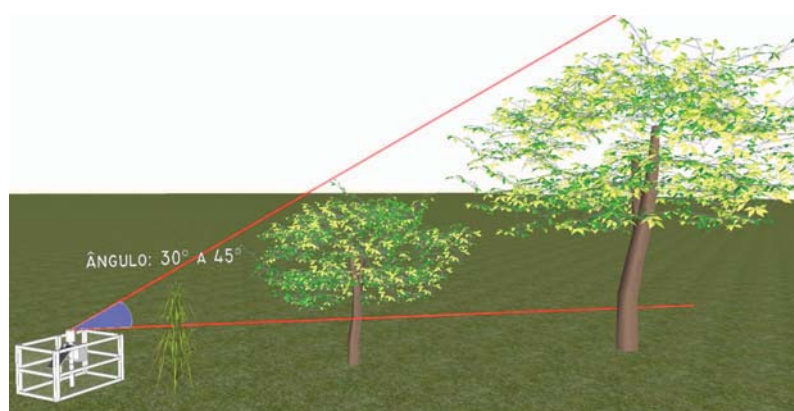


Figura 2. Afastamento recomendado para instalação de uma estação pluviométrica automática (WMO, 2008)

- b) Barreiras artificiais, como quebra-ventos, devem ser evitadas, pois tendem a aumentar a turbulência no local de medição. Além disso, obstáculos individuais ou irregulares devem ser evitados sempre que possível. Em última circunstância, objetos isolados devem ser mantidos a uma distância superior a quatro vezes sua altura (WMO, 2008);
- c) O local de instalação de uma estação pluviométrica automática deve apresentar relevo plano. Locais com declividade acentuada devem ser evitados, sobretudo em encostas voltadas para a direção predominante dos ventos;
- d) O terreno ao redor do pluviômetro automático pode ser coberto com grama curta ou cascalho;
- e) Locais em que não sejam necessárias modificações na localização do pluviômetro em futuro próximo devem ter preferência. Por

- exemplo, evitar locais onde esteja prevista a construção de uma edificação no local da estação pluviométrica;
- f) Facilidade de acesso ao local;
 - g) Condições apropriadas para a construção de todas as instalações da estação pluviométrica;
 - h) Alcance adequado de um sistema de telemetria.

2.4 Instalação

Existem diversas normas para a instalação de pluviômetros automáticos. No que diz respeito à altura dos pluviômetros, a WMO recomenda que deva ser tão baixa quanto possível, entretanto, suficientemente alta a fim de evitar respingos do chão. A altura de 0,3m é usada em muitos países, em áreas livres de ocorrência de neve ou poças que possam encobrir o pluviômetro. Nos demais locais a recomendação padrão é de 1 metro (WMO, 2008). No Brasil a recomendação mais aceita é a altura entre 1 e 1,5m acima da superfície do solo (Tucci, 2001).

A distância a ser observada com relação a obstáculos foi descrita no item 2.3. Como regra geral, deve manter uma angulação do topo do pluviômetro até o topo do obstáculo, variando de 30° a 45° com a horizontal (Figura 2).

Como medida de segurança, deve ser feito um cercado visando à proteção da estação pluviométrica contra animais e vândalos. A altura máxima do cercado varia em função da altura do pluviômetro (nunca exceder a altura do equipamento). De maneira geral, a altura do cercado varia entre 1 e 1,5m. As dimensões do cercado adotadas pela Epagri/Ciram são de 2 x 2,5m (Figura 3).

O cercado deve ser construído com moirões com altura de 2m. Devem ser enterrados com concreto na base para garantir estabilidade e proteção contra a umidade do solo, deixando uma altura entre 1 e 1,5m para o cercado (variando em função da altura do pluviômetro).

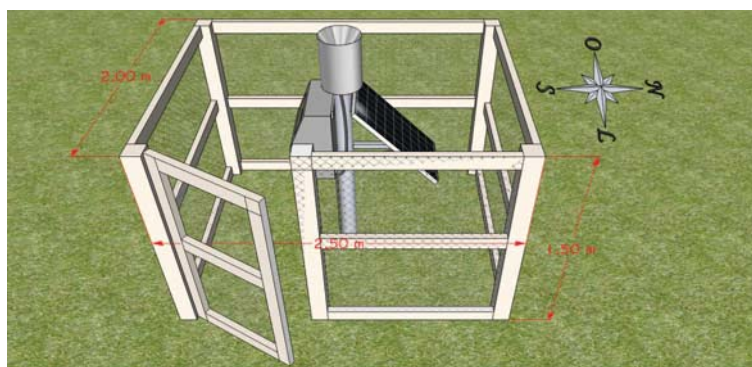


Figura 3. Modelo padrão de cercado para proteção de estação pluviométrica adotado pela Epagri/Ciram

O portão do cercado deve estar localizado na face leste e abrir para fora. A face leste, que receberá o portão, terá comprimento de 2,5 metros, e o portão deve ser localizado no encontro com a face sul do cercado, representando a maior distância em relação à estação.

A estrutura do cercado deve conter três ripas de madeira 50 x 25mm (uma superior, uma ao centro e uma inferior). Essas ripas serão utilizadas para a fixação correta da cerca.

O suporte metálico da estação pluviométrica deve ser fixado a 1 metro da cerca a norte e no centro da orientação leste/oeste (Figura 4). A base do suporte metálico deve ser de concreto com dimensões mínimas de 0,4m de profundidade, e dimensões laterais fixas de 0,3 x 0,3m. A altura do suporte deve ser suficiente para garantir que o topo do pluviômetro fique a uma altura de 1 a 1,5m. O suporte para o painel solar deve estar orientado para o norte verdadeiro. Toda a estrutura (cercado e suporte metálico) deve estar nivelada e no prumo.

Para a construção de um cercado padrão, conforme descrito anteriormente, serão necessários os materiais listados na Tabela 1. As quantidades de materiais e os tipos de ferramentas podem variar em função de especificidades do local de instalação.

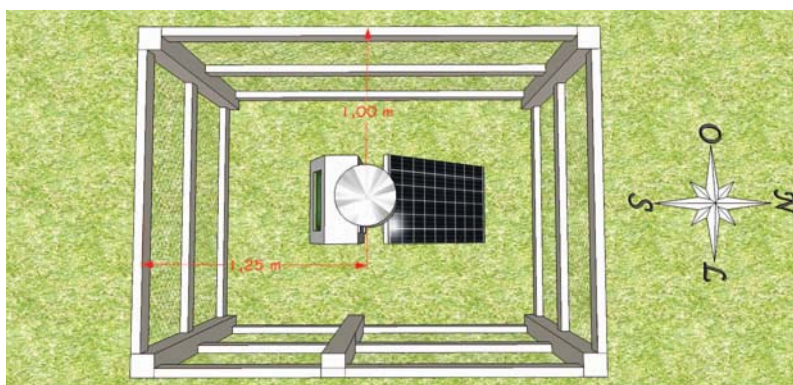


Figura 4. Distância recomendada entre o pluviômetro e as paredes do cercado

Tabela 1. Lista de materiais necessários para a construção de um cercado padrão

Produto	Quantidade	Especificação
Tela galvanizada	9m	Altura de 1,4m, malha 60mm, com arame galvanizado de 2mm
Grampos	200g	13 x 6mm galvanizado
Pregos	200g	17 x 27mm
Minifecho	1 unidade	3"
Cadeado	1 unidade	50mm
Moirão	5 unidades	0,1 x 0,1 x 2m
Ripa	6 unidades	0,05 x 0,025 x 2m
Ripa	6 unidades	0,05 x 0,025 x 2,5m
Portão	1 unidade	1,5 x 1m
Tinta	1 galão	Esmalte sintético branco
Solvente	1L	Para esmalte sintético
Pincel	4 unidades	Pincel, com 3cm de largura
Bandeja	1 unidade	Bandeja de pintura
Rolo de pintura	3 unidades	Rolo de pintura lã, 15cm
Cimento	7,5kg	CP - I - 32
Areia	30kg	Areia média
Pedra brita	50kg	Pedra brita
Água	6L	Água

3 Estações fluviométricas automáticas

3.1 Descrição

A descarga líquida de rios e canais é uma das etapas do ciclo hidrológico e é uma grandeza fundamental para caracterização do regime hidrológico de uma bacia hidrográfica. O conhecimento do regime de vazão nesses corpos d'água é de extrema importância para o planejamento e aproveitamento da água.

O motivo principal da instalação de uma estação fluviométrica é determinar a vazão em um determinado ponto, ao longo do tempo. Para obter os valores de vazão é necessário construir uma curva-chave, a qual relaciona o nível de água (medido pela estação) com a vazão de um rio. Ao acompanhar as variações do nível de água ao longo do tempo, é possível obter séries históricas de vazão e assim conhecer com mais propriedade a dinâmica da água em uma bacia hidrográfica. Os instrumentos automáticos mais utilizados para medir e registrar a variação do nível d'água de um rio ao longo do tempo são os sensores de pressão hidrostática, que permanecem submersos e promovem o registro contínuo dos níveis d'água em uma seção de rio. Além desses, existem os sensores de nível por radar, instalados normalmente sob pontes, que medem os níveis d'água por efeito *Doppler* através da reflexão de ondas sonoras emitidas pelo próprio equipamento de medição.

Por meio desses equipamentos quantifica-se a descarga líquida da seção, ou seja, a quantidade de água que está passando em um determinado ponto do rio em função do tempo. Com essa informação é possível calcular a taxa de escoamento superficial da bacia hidrográfica, a qual relaciona a precipitação com a área da bacia e sua vazão.

Uma estação fluviométrica automática é composta, basicamente, por um sensor que registra a variação do nível d'água e por um aparato eletrônico que possibilita o registro, o armazenamento e a transmissão dos dados.

A estação fluviométrica pode ser associada a um sensor de turbidez, o qual é usado para monitorar, de forma indireta, a descarga de sedimentos da seção onde o sensor está instalado. É importante destacar que esse tipo de monitoramento de sedimentos é indireto, pois depende da obtenção de uma curva que relaciona a produção de sedimentos com a turbidez

É possível instalar uma estação pluviométrica no mesmo ponto onde está instalada a estação fluviométrica. Isso pode ser feito com o objetivo de ampliar o número de variáveis monitoradas em pontos estratégicos da bacia hidrográfica. Por via de regra, as estações fluviométricas automáticas operadas pela Epagri/Ciram contêm pluviômetros automáticos instalados paralelamente.

3.2 Equipamentos

Existem diversos tipos de sensores que podem ser utilizados para compor uma estação fluviométrica. Alguns dos sensores mais usuais estão apresentados na Figura 5. O tipo de sensor a ser usado para compor a estação fluviométrica automática é selecionado em função de variáveis como localização, estabilidade das margens, estrutura disponível no local, profundidade, custo de aquisição e uso dos dados. Entretanto, os equipamentos mais utilizados para o monitoramento de nível de rios são dos tipos: transdutor de pressão submerso; flutuador e contrapeso; pressão por borbulhamento e radar (Figura 5). Vale destacar novamente que podem ser instalados sensores de turbidez associados aos diferentes instrumentos mencionados.

A seguir são apresentadas as principais características e recomendações técnicas para cada tipo de sensor.

Sensor com transdutor de pressão submerso

Este tipo de equipamento determina o nível de água através da medida da pressão da água sobre o sensor submerso em reservatórios, lagos e rios. São os mais utilizados pela facilidade de instalação em margens irregulares. A maioria desses sensores é do tipo piezoelétrico, no qual a pressão exercida pela água é convertida



Figura 5. Alguns tipos de sensor disponíveis no mercado, de diferentes fabricantes, utilizados para determinação do nível de água: (A) transdutor de pressão; (B) flutuador e contrapeso; (C) pressão por borbulhamento; (D) radar

em altura de coluna de água. As finas membranas piezoelétricas, além do alto risco de serem danificadas durante a manutenção, deformam rapidamente, principalmente se sujeitas a grandes alturas de coluna d'água. Isso exige a recalibração constante do equipamento. Outra opção, mais resistente, são os sensores de pressão do tipo capacitivos, compostos por um bloco de cerâmica sólido.

Atualmente existe no mercado uma grande variedade de fabricantes desse tipo de sensor. Independentemente do fabricante, algumas especificações devem ser observadas com o intuito de adquirir um produto de qualidade:

- a) Os sensores devem possuir uma tubulação capilar para compensação da variação barométrica. Sem esse artifício o equipamento medirá a pressão absoluta, o que pode causar grandes incertezas de leitura em função das variações nas condições atmosféricas.
- b) O cabo do sensor fica sujeito a fortes tensões no momento da retirada para limpeza ou em eventos críticos, principalmente se esses forem de grande comprimento (maiores que 50 metros). Por isso, é recomendável que o cabo seja composto por material altamente resistente à tração.
- c) O corpo do sensor deve ser composto por material altamente resistente à corrosão. Os materiais mais indicados são aço 904L, aço inox 316L e titânio.
- d) É importante que o sensor de pressão possua compensação de temperatura, já que variações desta podem induzir a erros significativos na medição.

A desvantagem dos sensores com transdutor de pressão submerso é que ficam constantemente mergulhados na água, estando sujeitos a ser cobertos por lodo, afetados por descargas elétricas na água ou arrancados por materiais arrastados pelos rios (madeiras, entulhos, etc.). Além disso, podem ser danificados por desmoronamentos das margens dos rios. Finalmente, não se recomenda a instalação desse tipo de sensor em locais onde ocorre grande influência de maré, pois isso pode provocar alterações na leitura do sensor.

Sensor de pressão por borbulhamento

Os sensores de pressão por borbulhamento medem o nível da água de forma indireta através da medida da pressão necessária para injetar um gás em um ponto abaixo da cota mínima que se deseja medir no corpo de água. A pressão indicada é proporcional à coluna de água acima da cota de injeção, e o nível será a cota de injeção mais a altura dessa coluna de água.

A desvantagem dessa tecnologia, além da medida indireta, é a necessidade constante de gás para injeção no meio líquido. Esse gás pode ser oriundo de reservatórios que precisam ser constantemente

abastecidos ou gerados através de bombas de ar que dispensam a utilização de reservatórios. Independentemente do método utilizado, existe um custo adicional associado à utilização dessa tecnologia de monitoramento.

A grande vantagem é que só um tubo de plástico e uma câmara de borbulhamento ficam mergulhados na água enquanto o sensor fica protegido, dentro da estrutura física da estação fluviométrica. Não sofrem influência significativa de variações atmosféricas, não correm risco de danos causados por descargas elétricas que atinjam o curso d'água e não são danificados por enxurradas e arraste de entulhos. Nesses casos os danos ficam limitados ao tubo e à câmara de borbulhamento, facilmente substituíveis.

Apesar das vantagens, ainda são pouco utilizados no Brasil em comparação com outros mecanismos de medição, como os sensores com transdução de pressão. Esses sensores são indicados para locais com margens instáveis e com grande volume de entulhos carregados.

Sensor com flutuador e contrapeso

Entre os sensores, o tipo mais tradicional é o sensor de flutuador e contrapeso. Na sua forma mais antiga esse instrumento é baseado em um flutuador preso a um cabo, geralmente de aço inoxidável, que passa sobre uma polia e tem na sua outra extremidade um contrapeso. O conjunto é colocado em um poço que se comunica com o corpo da água, ficando o flutuador na superfície, acompanhando a variação do nível da água nesse poço. Ao mover-se, o flutuador faz girar a polia no eixo da qual é acoplado um mecanismo de armazenamento de dados que registra a variação de nível da água.

Os sensores de flutuador e contrapeso (Figura 5B) são precisos e basicamente livres de influências externas. Geralmente, são instalados em um tubo vertical e conectados ao leito dos rios ou reservatórios através de vasos comunicantes. São indicados, portanto, para barragens e outros locais onde haja estruturas verticais, mas não para margens irregulares de rios e reservatórios.

A principal vantagem dessa tecnologia é que, por ser um sistema mecânico de medição, não sofre influência significativa devido à variação de temperatura, pressão atmosférica e outras variáveis climáticas. Entretanto, apresenta a desvantagem de exigir uma instalação mais complexa nas margens de rios desuniformes, necessitando, nesses casos, da construção de poços verticais ligados ao leito dos rios por vasos comunicantes.

Sensor por radar

Este tipo de sensor utiliza a tecnologia de radar para determinar o nível de água, sem contato direto com o meio. Devido a sua durabilidade, estão sendo amplamente utilizados por agências reguladoras e por instituições de monitoramento hidrológico contínuo. Sua instalação é feita, geralmente, sob pontes ou em hastes por sobre o rio e, portanto, correm menor risco de perda durante eventos críticos. Frequentemente, os sensores de radar são confundidos com sensores ultrassônicos, porém existe uma diferença de frequência de operação. Os ultrassônicos operam em frequências menores e, por utilizarem o ar como meio de transporte, são influenciados por diferenças de temperatura, umidade relativa e outras variáveis atmosféricas. Ademais, possuem um intervalo de medição menor e devem, necessariamente, ser instalados próximos ao nível da água, o que aumenta o risco de sinistro em caso de cheia. Os sensores do tipo radar, por sua vez, operam com frequências de onda muito altas (> 10 GHz) e, portanto, não sofrem interferências por mudanças atmosféricas e têm intervalos de medições maiores, o que possibilita a instalação em locais protegidos da água durante enchentes.

A principal desvantagem dessa tecnologia é o custo elevado do equipamento quando comparado a outros sensores. A escolha desse equipamento deve levar em conta, por exemplo, a durabilidade e proteção por não entrar em contato direto com a água.

3.3 Escolha do local

A escolha do local onde será instalada a seção de monitoramento deve ser feita, primeiramente, em função da finalidade da rede de monitoramento. Nesse sentido, deve-se considerar se ela é destinada a um objetivo específico como, por exemplo, monitoramento de reservatórios, operação de barragens, monitoramento de cursos d'água, estudos sobre disponibilidade hídrica, entre outros. Para todos os casos a seção de monitoramento hidrológico deve apresentar algumas características específicas (Figura 6), visando à qualidade dos dados obtidos. A seguir são listadas as recomendações para a escolha de um local adequado para instalação de uma estação fluviométrica automática, de acordo com as recomendações da *World Meteorological Organization (WMO, 2003)*.

- a) Selecionar um trecho retilíneo do rio, com perfil longitudinal regular, com margens paralelas, livre de vegetação, rochas ou outros obstáculos.
- b) O leito e as margens do rio devem ser estáveis. Caso a seção não seja suficientemente estável, deve-se construir uma seção artificial estável.

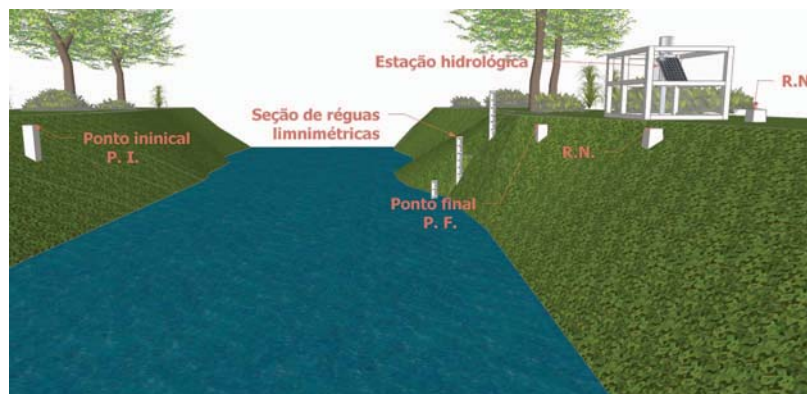


Figura 6. Exemplo de uma seção de monitoramento hidrológico em concordância com as recomendações da WMO

- c) O perfil transversal da seção de medição deve ter taludes elevados para não permitir extravasamento.
- d) O local deve ser suficientemente afastado de confluências para evitar o efeito de remanso.
- e) A seção de medição deve estar situada em local isento de efeito de maré.
- f) Procurar locais que apresentem relação unívoca de cota x vazão.
- g) Os sensores devem ser instalados de forma a garantir o monitoramento independentemente do nível do rio, tendo alcance desde níveis em condições de estiagem até condições de inundação.
- h) O local selecionado deve ter facilidade de acesso para a equipe de manutenção e de medição de vazão, levando em conta que estarão com diversos equipamentos e ferramentas.
- i) O local deve apresentar condições apropriadas para a construção de todas as instalações da estação.
- j) A seção transversal deve ser adequada para a medição de descarga em toda a faixa de variação do nível do rio. Diferentes seções transversais podem ser utilizadas para determinação da descarga líquida, entretanto, elas devem estar relativamente próximas à estação de monitoramento de nível.
- k) Ao ser selecionado o local, deve ser levada em consideração a forma de transmissão de dados e a verificação do alcance adequado de um sistema de telemetria.
- l) O nível do rio deve estar associado a uma referência de nível (RN). Para tanto, devem ser construídos no mínimo dois marcos de RN. Esses marcos devem ser instalados em locais seguros, afastados da calha do rio e ter a mesma referência de nível. Com o avanço dos sistemas e equipamentos de GPS, é interessante que a RN seja referenciada ao sistema geodésico brasileiro (IBGE).

3.4 Instalação

O processo de instalação de uma estação fluviométrica automática envolve algumas etapas importantes que devem ser atendidas para garantir a qualidade dos dados gerados.

Existem basicamente três tipos de instalação usados pela Epagri/Ciram. Essas instalações podem variar em função do tipo de equipamento utilizado (ver item 3.2).

Após a escolha do local, com base nos critérios descritos anteriormente, item 3.3, deve-se iniciar as obras estruturais para acondicionamento dos sensores e equipamentos. Caso a estação fluviométrica possua uma estação pluviométrica associada, as recomendações do item 2 devem ser observadas.

É importante que a estação fluviométrica seja instalada em local seguro, preferencialmente cercada e em concordância com as recomendações técnicas definidas para cada tipo de equipamento. Na Figura 7 é mostrado o detalhamento da instalação de uma estação fluviométrica com transdutor de pressão submerso e pluviômetro automático associado. A instalação de uma estação com sensor por borbulhamento segue o mesmo padrão.

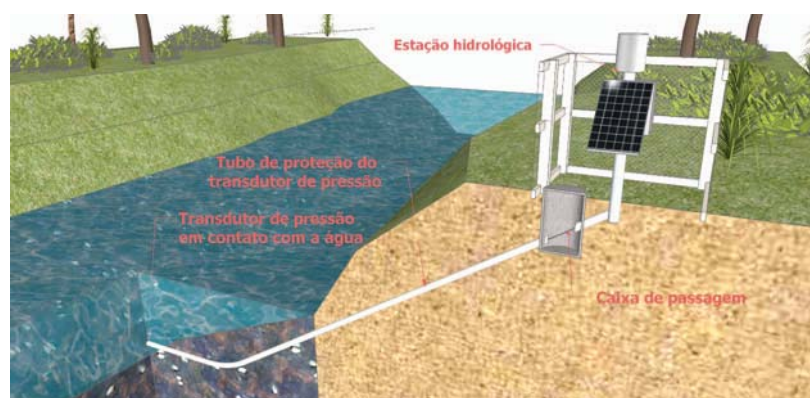
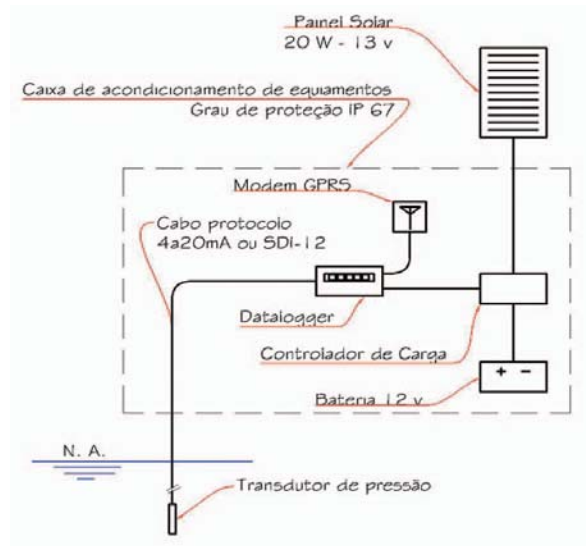


Figura 7. Corte transversal de uma estação fluviométrica automática, com detalhes de instalação, composta de um sensor com transdutor de pressão submerso e um pluviômetro automático

Para instalação dos sensores deve-se observar o tipo escolhido. As Figuras 8, 9 e 10 apresentam detalhes de instalação de estações fluviométricas automáticas normalmente utilizadas pela Epagri. Elas são compostas por sensores com transdutor de pressão submerso, flutuador e contrapeso e por radar, respectivamente.



Componentes do linígrafo com transdutor de pressão

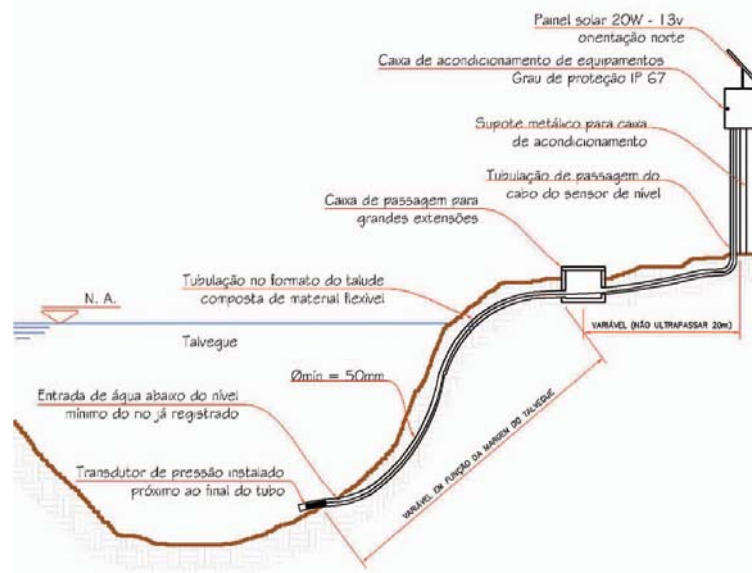
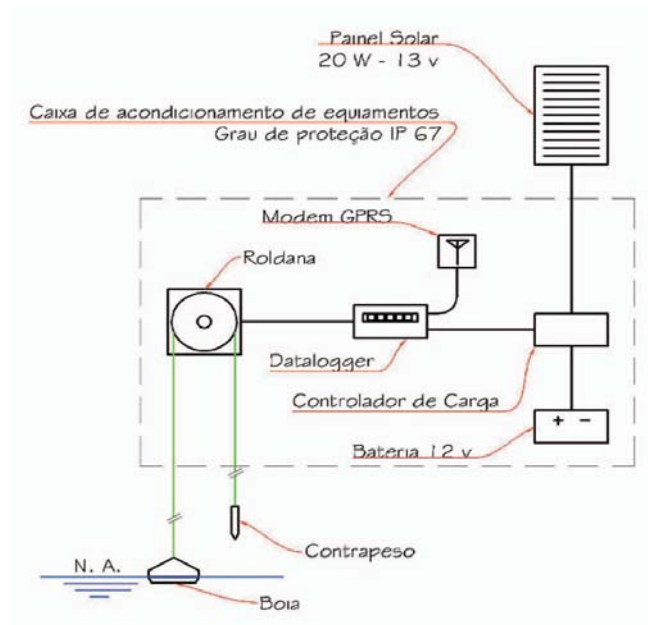


Figura 8. Instalação de um sensor com transdutor de pressão



Componentes do linígrafo com transdutor de pressão

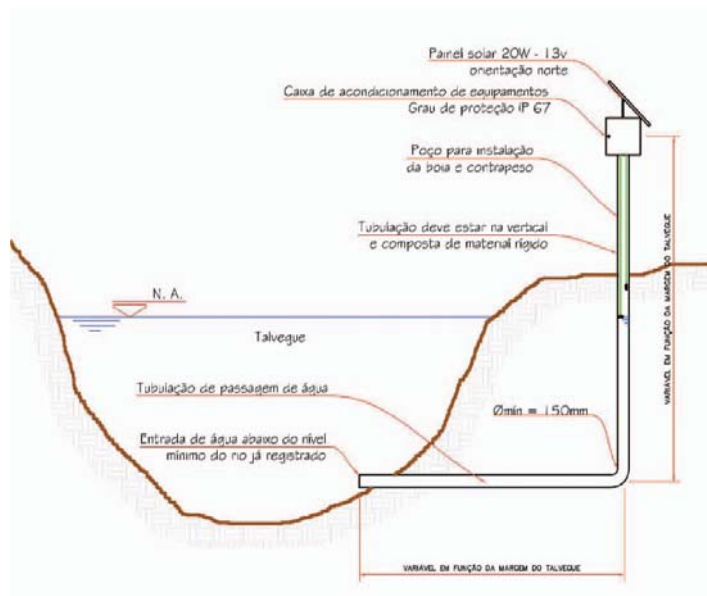
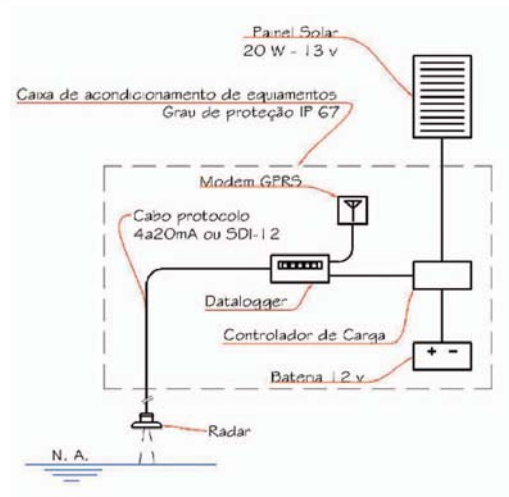


Figura 9. Instalação de um sensor com flutuador e contrapeso



Componentes do linígrafo por radar

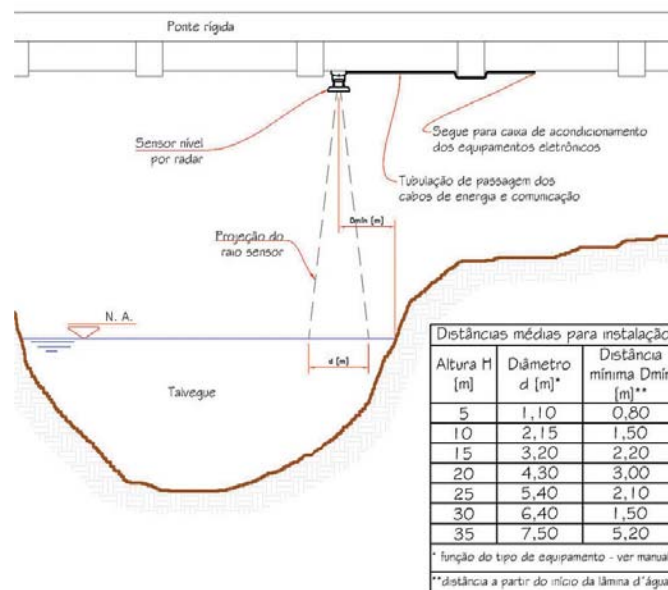


Figura 10. Instalação de um sensor de nível por radar

Independentemente do tipo de sensor escolhido, sugere-se a construção de um cercado de proteção nos moldes do apresentado no item 2.4 (estações pluviométricas automáticas).

Além dos materiais necessários para construção do cercado padrão (Tabela 1), outros materiais podem ser necessários em função do tipo de sensor escolhido. Na Tabela 2 são apresentados os principais materiais adicionais para cada tipo de sensor. Contudo, é importante ressaltar, novamente, que pode haver alterações na quantidade e no tipo de material em função das características específicas de cada local de instalação. Dessa forma, sugere-se uma análise do local antes da instalação.

Tabela 2. Lista de materiais mínimos para a instalação de sensores em estações fluviométricas automáticas

Tipo de sensor¹	Material necessário
Transdutor de pressão	Tubulação com $\varnothing > 50\text{mm}$ (comprimento variável) ² ; caixa de passagem (espaçamento $< 20\text{m}$); 1 CAP soldável com \varnothing igual ao da tubulação ($> 50\text{mm}$); cola para PVC
Flutuador e contrapeso	Tubulação composta por material rígido com $\varnothing = 100\text{mm}$ (comprimento variável) ³ ; 1 CAP soldável com \varnothing igual ao da tubulação (100mm); cola para PVC; 1 “joelho” circular de PVC com $\varnothing = 100\text{mm}$
Radar	Tubulação para passagem dos cabos com $\varnothing > 50\text{mm}$ (comprimento variável) ⁴ ; parafusos e buchas para fixação do radar em estrutura rígida existente (concreto ou metal) ⁵

¹ Sugere-se a construção de um cercado para proteção dos equipamentos. Nesse caso, devem-se acrescentar os itens descritos na Tabela 1.

² A tubulação pode ser de PVC (flexível) ou de aço (resistente); depende das características do local.

³ O comprimento da tubulação será variável em função do comprimento do talvegue.

⁴ O comprimento da tubulação será variável em função das características do local de instalação.

⁵ Caso seja necessária a construção de uma estrutura para servir de suporte para o radar, outros materiais serão necessários.

4 Estações meteorológicas automáticas

4.1 Descrição

A estação meteorológica completa é composta por uma série de sensores para monitoramento de parâmetros como precipitação, umidade relativa, direção e velocidade do vento, temperatura, evapotranspiração, temperatura do solo, orvalho, radiação solar, entre outros. Contudo, neste manual estão apresentados somente os sensores automáticos normalmente utilizados pela Epagri/Ciram. As estações meteorológicas geram dados que possibilitam acompanhar os principais fenômenos físicos que influenciam no tempo. Essas informações são úteis para os mais diversos fins, como monitoramento e previsão do tempo, planejamento da agricultura e de obras, turismo, apoio a projetos de pesquisa, tomadas de decisão, entre outros. Ademais, um histórico longo (mais de 30 anos de dados) de estações meteorológicas permite determinar o clima da região.

As variáveis medidas nessas estações são molhamento foliar, orvalho, precipitação, pressão atmosférica, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e vento. A seguir é apresentada uma breve descrição dessas variáveis:

Molhamento foliar: O monitoramento da presença de água livre na superfície das plantas é um dos fatores mais importantes para a previsão sobre o desenvolvimento de doenças fúngicas e bacterianas. Essa informação ajuda os agricultores a decidir sobre a aplicação de defensivos.

Orvalho: É um fenômeno físico no qual a umidade do ar se precipita por condensação na forma de gotas, pela diminuição brusca da temperatura ou devido ao contato com superfícies frias. O ponto de orvalho é a temperatura na qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido devido à condensação. Ele é estimado em função da temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica.

Umidade relativa: É a relação entre a pressão de vapor de água na atmosfera e a pressão de saturação do vapor sobre uma superfície de água na mesma temperatura.

Precipitação: A chuva, ou precipitação pluvial, é o fenômeno alimentador da fase terrestre do ciclo hidrológico.

Pressão atmosférica: É a força por unidade de área que a coluna de ar exerce em uma determinada posição. No nível do mar, por exemplo, a coluna de ar corresponde a 1atm ou 760mmHg.

Radiação: A radiação solar é radiação eletromagnética que se propaga a uma velocidade de 300.000km/s. Em termos de comprimentos de onda, a radiação solar ocupa a faixa espectral de 0,1 a 5 μ m. A radiação é energia que dá origem ao ciclo hidrológico e também proporciona a circulação atmosférica em larga escala.

Temperatura do ar: A temperatura tem papel extremamente importante em quase todos os campos da ciência. As propriedades físicas dos materiais, como os estados físicos da matéria, a densidade, a solubilidade, a pressão de vapor e a condutividade elétrica, dependem diretamente da temperatura do ar. A temperatura atua no processo de evapotranspiração, pois o calor absorvido pela atmosfera e o calor emitido pela superfície terrestre elevam a temperatura do ar. O ar aquecido transfere energia para as plantas na forma de calor sensível, aumentando as taxas de evapotranspiração.

Vento: O vento é o deslocamento do ar, que migra de regiões de alta pressão atmosférica para pontos de baixa pressão. O vento normalmente é expresso de acordo com sua força e a direção de onde ele está soprando.

4.2 Equipamentos

As estações meteorológicas contam com diversos equipamentos que permitem medir as variáveis apresentadas no item 4.1. A seguir é apresentada uma breve descrição de cada equipamento eletrônico associado à estação meteorológica automática:

Sensor de molhamento foliar

O sensor de molhamento foliar detecta a presença de orvalho em uma superfície ao longo do tempo. O sensor é uma placa com filamentos de ouro utilizados para medir a resistência elétrica da superfície. A condensação de água sobre a placa resistiva do sensor provoca a alteração de resistência elétrica, o que é convertido em sinal de molhamento foliar.

Termo-higrômetro

Instrumento que resulta na combinação de um termômetro e um higrômetro fornecendo, no mesmo diagrama, um registro cronológico simultâneo da temperatura, em graus Celsius (°C), e a umidade relativa do ar, em percentual (%).

Pluviômetro automático

Os pluviômetros automáticos são os equipamentos usados para registro de pluviometria. A unidade de medida é milímetro (mm) e estão detalhados no item 2 deste manual.

Barômetro

Instrumento que registra continuamente a pressão atmosférica local em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou no sistema internacional de unidades, em hectopascal (hPa).

Piranômetro

Este é um tipo de radiômetro que registra continuamente a intensidade de radiação solar global na superfície da terra, a qual pode ser registrada em Wh/m²; MJ/m² ou W/m².

Termômetro

É um termômetro que registra de forma contínua a variação da temperatura em graus Celsius (°C) no decorrer do tempo.

Anemômetro

Este equipamento registra a velocidade do vento (em m/s) em intervalos de tempo, as rajadas (m/s) e, em alguns equipamentos, a direção (em graus).

4.3 Escolha do local

A seleção de um local adequado para a instalação de uma estação meteorológica automática é de extrema importância para garantir que os dados meteorológicos obtidos sejam representativos da região. A área de abrangência e representatividade de uma estação meteorológica varia em função de vários fatores que podem agir como interferentes. Recomenda-se selecionar áreas que sejam representativas da região, abrangendo um raio de até 100km ao redor da estação (WMO, 2010). As recomendações técnicas que devem ser seguidas para evitar agentes interferentes são descritas a seguir. As recomendações são similares às das estações pluviométricas automáticas.

- a) As perturbações ocasionadas por construções e árvores que impedem a livre circulação de ventos podem interferir na medição da velocidade e direção, assim como a temperatura e a umidade relativa do ar podem sofrer alterações. Ademais, a medida de radiação e precipitação pode sofrer sombreamento ou mesmo elevada exposição, em situações em que equipamentos estão próximos a áreas de reflexão.
- b) O solo impermeabilizado afeta a medição de algumas variáveis meteorológicas devido à elevada amplitude térmica do ar.
- c) O local de instalação deve apresentar relevo plano. Locais com declividade acentuada devem ser evitados, sobretudo em encostas voltadas para a direção predominante dos ventos. Devem ser evitados locais com instalações elétricas que possam produzir interferências eletromagnéticas, como fios de alta tensão e motores elétricos.
- d) A distância mínima recomendada em relação a obstáculos é de dez vezes a altura dele. Por exemplo, se houver uma árvore com 10m de altura, a estação meteorológica deverá ser instalada a uma distância mínima de 100m.
- e) Selecionar local em que não estejam previstas obras ou usos da área que exijam deslocamentos da posição da estação em futuro próximo.

- f) Deve haver alcance adequado de um sistema de telemetria (no caso de estações telemétricas).
- g) A área deve ser recoberta por grama ou vegetação local rasteira, representativa da região. Ademais, o solo não deve acumular água, nem a estação deve estar instalada ao lado de um corpo d'água.
- h) A direção norte (norte verdadeiro – geográfico) deve ser identificada. O método mais prático é determinar o norte magnético com o uso de uma bússola e descontar a declinação magnética do local.
- i) O acesso deve ser restrito por um cercado de 1,5m de altura, demarcado como um octógono de, aproximadamente, 300m². A distância entre o centro do octógono e cada uma das faces deverá ser de 10m. O único portão de acesso deve estar localizado na face sul da estação.

4.4 Instalação

As recomendações sobre a forma de instalação e o posicionamento dos equipamentos devem ser respeitadas para garantir a qualidade das medições realizadas pelos equipamentos (Figura 11). Essas recomendações têm por objetivo evitar que um instrumento interfira na medição do outro. Na face norte da estação devem ficar os instrumentos que não podem ser sombreados, como o piranômetro e o pluviômetro automático. Na porção central devem ser instalados o *datalogger*, o painel solar e o sistema de transmissão de dados. O acesso ao *datalogger* deve ser voltado para o sul. A torre do anemômetro fica instalada no centro da estação meteorológica automática.

O piranômetro ou radiômetro deve ser instalado em suporte que garanta seu nivelamento horizontal. É recomendado que o equipamento seja instalado na face norte da estação, minimizando a possibilidade de sombras de sensores ou estruturas da estação meteorológica. Esta variável não é dependente da altura do instrumento. Entretanto, para fins de padronização, o sensor deve ser instalado a uma altura de 1,5m.

Observação: É importante destacar que esse leiaute sugerido é para uma estação meteorológica automática, ou seja, com equipamentos automáticos. Caso sejam instalados equipamentos adicionais de uma estação meteorológica convencional deve ser observado o espaçamento mínimo para os equipamentos adicionais.

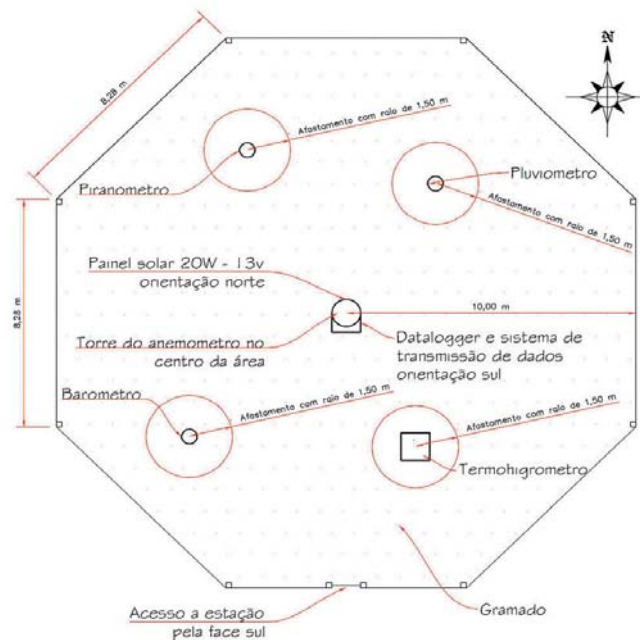


Figura 11. Leiaute proposto para estações meteorológicas telemétricas operadas pela Epagri, com cercado de proteção

O termo-higrômetro e o termômetro devem estar protegidos por um abrigo meteorológico que pode ser de plástico ou alumínio pintado na cor branca. Esse conjunto de sensores deve ser instalado no lado oposto do sensor de radiação solar. A *World Meteorological Organization* estabelece que esses equipamentos devem ser instalados em uma altura de 1,25 a 2m (WMO, 2008).

O barômetro pode ser instalado em qualquer orientação, vertical ou horizontal. O equipamento deve ficar protegido conforme recomendação do fabricante e sempre ter acesso ao ar atmosférico.

Finalmente, é importante destacar que a grama deve ser cortada periodicamente a fim de manter uma altura inferior a 10cm. Os sensores devem ser calibrados periodicamente, conforme recomendações do fabricante. Cercas e mourões devem ser pintados de branco, e as portas da estação e do abrigo devem ser mantidas fechadas.

Para a construção de um cercado padrão, conforme descrito anteriormente, serão necessários os materiais listados na Tabela 3.

Tabela 3. Lista de materiais necessários para a construção de um cercado de estação meteorológica automática

Produto	Quantidade	Especificação
Cimento	10 sacos	CP – I – 32
Aço	20 barras	Para estribo, 5mm de Ø
Pedra brita	2m ³	Brita para concreto
Areia	2m ³	Grossa
Pregos	2kg	17 x 27mm
Madeira	150m	Para caixaria, 30cm largura
Moirão	19 unid.	De concreto 0,10 x 0,10 x 2,5m, com curva
Tela plastificada	65m	1,50m de altura, malha 4
Portão de ferro	1	Portão de ferro, 0,8 x 1,5m
Cadeado	1	50mm
Corrente	0,5m	Para cadeado
Tinta	2 galões	Esmalte sintético branco
Solvente	1L	Para esmalte sintético
Pincel	4 unid.	Pincel, 3cm de largura
Bandeja	1 unid.	Bandeja de pintura
Rolo de pintura	3 unid.	Rolo de pintura lã, 15cm
Arame	200m	Galvanizado liso, nº 10 plastificado
Arame	140m	Farpado
Caixa passagem	2 unid.	Caixa de passagem, plástica, preta
Mangueira	20m	Com Ø de 1"
Grama	360m ²	Grama
Braçadeira	2 unid.	Braçadeiras para portão
Parafusos	4 unid.	Parafusos para braçadeiras
Cabo de cobre	38m	Cabo de cobre nu, Ø 35mm

(Continua)

(Continuação)

Produto	Quantidade	Especificação
Hastes de cobre	10 unid.	Hastes de cobre de 2m de comprimento
Clipes de aço	24 unid.	Clipes de segurança, Ø ¼"
Torre	1 unid.	Treliçada, 10m de altura
Cabos	60m	De aço plastificado
Âncoras	3 unid.	Âncoras
Clipes de aço	24 unid.	Clipes para cabo de aço, Ø ¼"
Kit suporte	1 unid.	Kit: suporte de painel solar/suporte gabinete/suporte antena
Isoladores	6 unid.	Isoladores para aterramento
Suporte	1 unid.	De para-raios
Para-raios	1 unid.	Para-raios
Esticadores	6 unid.	Esticadores, Ø ½"

5 Estações agrometeorológicas automáticas

5.1 Descrição

As estações agrometeorológicas automáticas são, de certa forma, uma variação das estações pluviométricas e meteorológicas automáticas. Estas estações podem agregar, além do pluviômetro automático, sensores de temperatura, umidade relativa, vento e molhamento foliar. Para sua instalação devem ser observadas as recomendações dos itens 2 e 4 deste documento, dependendo do tipo de sensor que estiver instalado. Também deve ser observado o objetivo do monitoramento. Se a proposta for monitorar o microclima de uma cultura específica, pode ser necessário instalar os equipamentos fora dos padrões estabelecidos pela *World Meteorological Organization* a fim de alcançar os objetivos específicos da pesquisa. Ademais, deve-se utilizar com cautela os dados provenientes de estações agrometeorológicas se essas estiverem instaladas em desconformidades com os padrões mínimos exigidos, principalmente em estudos de caracterização climática ou outros em que os dados sejam utilizados para representar outras áreas ao redor da estação.

5.2 Equipamentos

Os equipamentos podem variar em função do objetivo para o qual a estação foi instalada. A Figura 12 mostra uma estação agrometeorológica típica da Epagri/Ciram, a qual segue as mesmas recomendações do item 2 para estações pluviométricas automáticas.



Figura 12. Imagem de uma estação agrometeorológica típica com pluviômetro automático, painel solar, sensores de temperatura, umidade relativa, molhamento foliar e o *datalogger*

5.3 Escolha do local

As recomendações para instalação deste tipo de estação são as mesmas que as apresentadas, anteriormente, no item 2.3. Deve ser destacado que, em casos específicos, podem ocorrer algumas alterações na instalação devido a especificidades de projetos de pesquisa ou culturas de interesse. Porém, a recomendação é que as instruções do item 2.3 sejam seguidas também para este tipo de estação.

6 Formato dos dados de entrada

O registro dos dados das estações automáticas nos servidores da Epagri/Ciram segue um padrão de coleta e armazenamento específico.

O padrão de coleta dos dados foi definido como o valor médio de leituras efetuadas com intervalo de 15 segundos. Dessa forma, cada dado registrado será composto de diversas medições. Esse procedimento é sugerido para garantir a confiabilidade dos dados registrados. O número de leituras que será usado para compor o valor registrado variará em função do intervalo de registro do dado. Por exemplo, se for feito um registro por hora, serão usadas 240 leituras na composição do valor registrado.

É importante destacar que essas são recomendações gerais. Para cada situação é importante que se faça uma avaliação criteriosa dos objetivos da coleta dos dados. Para coleta e registro de dados não listados na Tabela 4, a Epagri/Ciram deve ser consultada.

Tabela 4. Variáveis atmosféricas e parâmetros registrados e armazenados no banco de dados hidrometeorológico da Epagri/Ciram

Variável atmosférica	Parâmetro armazenado
Temperatura do ar	- Média da última hora
	- Máxima da última hora
	- Horário em que foi registrada a temperatura máxima na última hora
	- Mínima da última hora
	- Horário em que foi registrada a temperatura mínima na última hora
Umidade relativa do ar	- Instantânea na hora e zero minuto
	- Média da última hora
	- Máxima da última hora
	- Mínima da última hora
Pressão atmosférica	- Instantânea na hora e zero minuto
	- Média da última hora
	- Máxima da última hora
	- Mínima da última hora

(Continua)

(continuação)

Variável atmosférica	Parâmetro armazenado
Vento	<ul style="list-style-type: none">- Velocidade e direção média na última hora- Desvio padrão da direção na última hora- Velocidade máxima e direção na última hora- Horário da velocidade máxima na última hora- Velocidade mínima e direção na última hora- Horário da velocidade mínima na última hora- Velocidade média, direção média e desvio padrão nos últimos 10 minutos antes da hora e zero minuto
Radiação solar	<ul style="list-style-type: none">- Total acumulado na última hora- Máxima e mínima da última hora
Precipitação	<ul style="list-style-type: none">- Total acumulado na última hora- Total acumulado entre o intervalo XX:00:01 e XX:10:00 da última hora- Total acumulado entre o intervalo XX:10:01 e XX:20:00 da última hora- Total acumulado entre o intervalo XX:20:01 e XX:30:00 da última hora- Total acumulado entre o intervalo XX:30:01 e XX:40:00 da última hora- Total acumulado entre o intervalo XX:40:01 e XX:50:00 da última hora- Total acumulado entre o intervalo XX:50:01 e XX:00:00 da próxima hora
Nível de rio	<ul style="list-style-type: none">- Instantâneo na hora (XX:00:00)- Máximo e mínimo na última hora- Horário em que foi registrado o nível máximo e o nível mínimo na última hora
Temperatura do solo	<ul style="list-style-type: none">- Mínima, média e máxima da última hora na profundidade de 10cm- Mínima, média e máxima da última hora na profundidade de 20cm- Mínima, média e máxima da última hora na profundidade de 50cm- Mínima, média e máxima da última hora na profundidade de 100cm
Molhamento foliar	Percentual de tempo molhado na última hora

Os valores a serem registrados dependem do tipo da estação e dos sensores instalados. Na Tabela 4 é apresentada uma lista dos dados mais comuns a serem armazenados para cada variável atmosférica.

Para o recebimento dos dados é importante padronizar o formato da linha de dados registrados. Após o registro de todos os dados necessários, deve ser gerada uma linha seguindo o padrão descrito a seguir:

- a) O primeiro dado da linha deve ser o código da estação; em seguida deve vir o caractere : (dois pontos), que será o delimitador do código da estação.
- b) O segundo dado é composto pela data e pelo horário de leitura da informação. Essa data deve conter: dia, mês, ano, hora, minuto e segundo do registro. Vale ressaltar que esse é o horário de referência do dado. Por exemplo, o dado das 09:00:00 é referente às leituras feitas entre 08:00:01 e 09:00:00.
- c) Depois de informar a data e o horário de leitura, o caractere ; (ponto e vírgula) deve ser incluído. Em seguida começam os valores registrados de acordo com os instrumentos instalados nas estações.

Recomenda-se seguir a mesma sequência de registros para estações de mesmo modelo. O delimitador de campos será sempre o caractere ; (ponto e vírgula) e o separador decimal será o caractere . (ponto). A seguir é apresentado um exemplo do formato descrito no texto:

[código da estação]: [data/horário de leitura do dado]; [valor variável 1]; [valor variável 2]; ...; [valor variável N];

Exemplo numérico:

1009:05/02/2012 09:00:00; 12.7; 83.7; ... 0.00;

7 Literatura citada

1. Instrumentos meteorológicos. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/curiosidades/index_instrumentos2.shtml#lin8>. Acesso em: fev. 2012.
2. TUCCI, C.E.M (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 943p. 2001.
3. *World Meteorological Organization*. **Guide to hydrological practices – Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications**. 5.ed., n.168, Genebra, Suíça. 770p. 1994.
4. *World Meteorological Organization*. **Guidelines for education and training of personnel in meteorology and operational hydrology - Hydrology**. 4.ed., n.258, Genebra, Suíça. 93p. 2003.
5. *World Meteorological Organization*. **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. 7.ed., n.8, Genebra, Suíça. 2008.
6. *World Meteorological Organization*. **Guide to the global observing system**. n.488, Genebra, Suíça. 172p. 2010.