

INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS – CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
Técnico Integrado em Meio Ambiente

Eliza Cristina Soares Franklin
Luiza Cristina Costa Bicalho

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS E CONVENCIONAIS

Governador Valadares
2013

INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS – *CAMPUS* GOVERNADOR VALADARES

Técnico Integrado em Meio Ambiente

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS E CONVENCIONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso Técnico em Meio Ambiente, modalidade integrado, do Instituto Federal Minas Gerais – *Campus* Governador Valadares, como pré-requisito para obtenção de título de Técnico em Meio Ambiente.

Professor Orientador: Dsc. Fúlvio Cupolillo.

**Eliza Cristina Soares Franklin
Luiza Cristina Costa Bicalho**

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS E CONVENCIONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora designada pela Coordenação do Ensino Médio do Instituto Federal Minas Gerais – *Campus Governador Valadares*, como pré-requisito para obtenção de título de Técnico em Meio Ambiente.

Aprovados em 02 de dezembro de 2013.

Por:

Professor Fulvio Cupolillo, DSc.
Orientador

Daniela Martins Cunha, MSc.

Guido Pantuza Junior, MSc.

RESUMO

Objetivou-se analisar e comparar as estações meteorológicas automáticas com as convencionais, e diferenciar os tipos de estação. Assim como discernir os aparelhos utilizados em cada tipo de estação e demonstrar as utilidades práticas de cada um deles; levantar as importâncias dos avanços tecnológicos a favor da meteorologia, levando em conta também a influência do observador, e ainda a contribuição das Estações Convencionais em monitorar os parâmetros climáticos, e contribuir para a previsão do tempo, enquanto as Estações Automáticas participam do monitoramento do tempo e dos riscos climáticos. As séries temporais de duas estações situadas em um mesmo local deveriam, idealmente, coincidir. O estudo da diferença entre esses valores identificou erros que oscilam em torno de uma média que se altera ao longo do ano. De um modo geral, a média dos erros sistemáticos oscilou próximo à zero, com um desvio padrão baixo; o coeficiente de correlação foi alto e o erro percentual também muito baixo. Obteve-se boa concordância entre os índices estatísticos na comparação de dados de temperatura. Esses resultados eram esperados em função da pequena amplitude de variação, ao longo do dia, dos parâmetros observados. Porém, há um problema que não é detectado pelos índices estatísticos. Quando são identificadas mudanças bruscas no nível médio da oscilação do viés, logo se conclui que houve uma pane na EMA. Uma pane é indicada pela interrupção da série de dados. É importante relatar que tais panes ocorrem frequentemente e nem sempre provocam as mudanças de patamar; contudo, foi sempre possível associar uma pane a cada uma das mudanças de patamar registradas. No caso de substituição de uma EMC por uma EMA, o INMET orienta que a Estação Automática seja montada próxima à Convencional, pois durante o prazo de 5 anos, os dados de ambas serão comparados, e se houver alta correlação, a Automática estará apta à trabalhar sozinha, caso contrário, a Convencional não deve ser substituída.

Palavras-chave: Estações Meteorológicas, Aparelhos, Parâmetros, Pane, Erros Sistemáticos.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
DESENVOLVIMENTO	2
CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

INTRODUÇÃO

Os primeiros indícios de observações meteorológicas se deram a aproximadamente 4.000 a.C. com a evolução dos computadores e da tecnologia em si, porém deve-se levar em conta também as tradicionais técnicas do sistema de observações meteorológicas. E o observador é uma peça fundamental nessa evolução. A meteorologia é uma ciência que contribui positivamente para a sobrevivência humana aos fenômenos climáticos extremos (SANTOS, 2013).

A Organização Meteorológica Internacional (OMI), que foi fundada em 1873, deu origem à Organização Meteorológica Mundial (OMM), isso aconteceu em 1950. A OMM é a agência especializada das Nações Unidas, composta por 189 Estados-Membros e Territórios, para a Meteorologia (tempo e clima), hidrologia operacional e as ciências geofísicas relacionadas. A OMM criou o programa de Vigilância Meteorológica Mundial, com o objetivo de fazer com que todos os países-membros recebessem informações meteorológicas que necessitam tanto para a utilização imediata quanto para pesquisas (VIANELLO, 2012).

Segundo SANTOS (2013), na Meteorologia, a primeira etapa do processo de compreensão de um fenômeno trata da quantificação de suas propriedades por intermédio da observação e/ou medição. No estudo da atmosfera, essas propriedades são conhecidas como elementos meteorológicos ou climáticos, e são utilizados pelos meteorologistas na descrição do estado físico da atmosfera. E o funcionamento de uma estação meteorológica depende fundamentalmente da manutenção dos equipamentos e do treinamento do observador meteorológico.

Os objetivos foram analisar e comparar as estações meteorológicas automáticas com as convencionais, e diferenciar os tipos de estação. Assim como discernir os aparelhos utilizados em cada tipo de estação e demonstrar as utilidades práticas de cada um deles; levantar as importâncias dos avanços tecnológicos a favor da meteorologia, levando em conta também a influência do observador, e ainda a contribuição das Estações Convencionais em monitorar os parâmetros climáticos, e contribuir para a previsão do tempo, enquanto as Estações Automáticas participam do monitoramento do tempo e dos riscos climáticos.

DESENVOLVIMENTO

Foram coletadas várias informações sobre as semelhanças e diferenças das estações automáticas e convencionais, bem como sua utilidade prática na meteorologia.

Primeiramente esclarece-se sobre os aparelhos segundo VAREJÃO (2001). Depois, analisam-se as observações, estações e equipamentos meteorológicos de acordo com SANTOS (2013). Em seguida, apresenta-se as principais técnicas usadas nos estudos de diagnósticos e de prognósticos do tempo VIANELLO (2012), utilizando-se das informações encontradas no site do INMET (2013).

As Estações Meteorológicas são classificadas em Automáticas e Convencionais. As Estações Convencionais (Figura 1) são compostas de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que são lidos e anotados por um observador nos horários de 00:00; 12:00 e 18:00 UTM, enviando os dados aos distritos meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e destes para o INMET/Sede em Brasília e para a Organização Meteorológica Mundial (OMM) em Genebra-Suíça (INMET, 2013).



Figura 1- Estação Convencional de Caratinga, MG.

Fonte: INMET

Já as Automáticas, são compostas de uma unidade de memória central "*data logger*", ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados a cada hora, constituindo assim 24 leituras diárias (INMET, 2013) (Figura 2).



Figura 2- Estação meteorológica automática, de Três Marias, MG, pertencente à rede do INMET.

Fonte: Foto cedida pelo 5º Distrito de Meteorologia do INMET.

As Estações Convencionais tem a função de monitorar os parâmetros climáticos e contribuir para a previsão do tempo, enquanto as Estações Meteorológicas Automáticas tem a função de monitorar o tempo e seus riscos climáticos.

O Sistema Hidrometeorológico Vaisala é uma nova geração de estações automáticas adequadas para aplicações onde não há rede de energia comercial ou rede de comunicação disponível, ou seria muito dispendiosa a sua instalação.

Esse sistema tem sido projetado para aplicações onde um pequeno número de sensores é necessário. Levando em conta seu design flexível e econômico, a Vaisala também é uma escolha ideal para aplicações hidrometeorológicas. As possibilidades de usar os mesmos equipamentos padrões para os mais diversos requerimentos diminuem os investimentos de treinamento e suporte de logística.

Apesar das estações meteorológicas convencional e automática apresentarem diferentes sensores e com sensibilidades diferentes para cada

elemento meteorológico avaliado, é possível a substituição da estação meteorológica convencional pela automática sem acarretar danos a série climatológica de dados.

No entanto, ainda não é recomendável a desativação da estação meteorológica convencional devido às dificuldades de manutenção ainda inerentes para este tipo de equipamento, já que as estações automáticas estão sujeitas a panes que acarretam erro de viés, que consiste na paralisação de emissão de dados para os centros e satélites meteorológicos.

Uma Rede de Estações é constituída de várias estações com um fim específico. As estações meteorológicas classificam-se em várias categorias de acordo com o tipo de observação que nelas são realizadas, como:

-Estações sinóticas: As observações são realizadas em horários previstos internacionalmente. Com isso, todas as observações sinóticas são efetuadas simultaneamente, independentes da localização geográfica. Ao reunir todas as observações num mapa têm-se a carta sinótica, que representa uma “fotografia” de toda a região abrangida pelo mapa. Essas estações localizam-se nos continentes e sobre os oceanos (navios). As Estações de Sondagem atmosférica são utilizadas para observações de superfície ou do ar superior, nas quais utilizam balões-piloto e radiossondas.

-Estações climatológicas: São denominadas Estações Climatológicas Principais, aquelas que medem todos os elementos meteorológicos necessários ao estudo climatológico; caso contrário, serão denominadas Estações Climatológicas Ordinárias.

-Estações agrometeorológicas: Fornecem informações relacionadas a elementos meteorológicos e atividades agrícolas. Por isso, além das observações atmosféricas, são também realizadas observações fenológicas (observações que verificam os estudos dos seres vivos e suas relações com as condições ambientais, como temperatura, luz e umidade).

-Estações meteorológicas aeronáuticas: Têm a finalidade de coletar informações, para garantir a segurança das aeronaves. Estão situadas, geralmente, em grandes aeroportos.

-Estações especiais: São estações com qualidades específicas. Por exemplo: estações micrometeorológicas, actinométricas, estações de radar, entre outras.

-Estações Meteorológicas Automáticas de superfície: são estações constituídas de uma torre de dez metros de altura, na qual estão acoplados sensores meteorológicos que se destinam a medir parâmetros atmosféricos, como pressão, temperatura, precipitação, radiação solar, umidade relativa, direção e velocidade do vento. A estação apresenta uma unidade de memória central ligada aos sensores, permitindo liberar dados ou transmiti-los via satélite, para um centro de recepção situado na sede do INMET, em Brasília.

Em relação aos elementos meteorológicos, são vários os níveis de sofisticação, exatidão e precisão que eles são medidos, e a definição dependerá dos objetivos para os quais os dados serão utilizados.

Para comparar dados, é necessário que haja um padrão, segundo normas que devem ser obedecidas rigorosamente.

Tipos de Observação

Há dois tipos de observação, a sensorial e a instrumental.

1- Sensorial: realizadas apenas por meio dos sentidos do próprio observador, com o intuito de reunir dados relativos à ocorrência de fenômenos, tais como: fenômenos ópticos, tipos de nuvens, nebulosidade, etc.

2- Instrumental: efetuadas com o auxílio de instrumentos para a aquisição dos dados mensuráveis.

-indicadores (sufixo-metro; p.ex. pluviômetro).

-registradores (sufixo-grafo; p.ex. pluviógrafo).

Os erros podem ser originados a partir de calibrações e instalações feitas de maneira indevida, defeitos de fabricação do instrumento e através do manuseio

incorreto efetuado pelo observador meteorológico e são classificados em: grosseiros, sistemáticos e acidentais.

O INMET atualmente possui cerca de 400 Estações Climatológicas de Superfície e 500 Estações Automáticas de Superfície, 28 Estações de Radiossondagem, além de Estações Rastreadoras de Satélites e Radares. A rede de estações teve um grande salto em quantidade e qualidade nos últimos 10 anos.

Além do INMET, a Marinha e a Aeronáutica possuem suas redes de estações, visando ao atendimento de suas próprias necessidades.

Radar Meteorológico: começou a ser usado para esse fim após a última Guerra Mundial, quando o radar deixou de ser usado apenas com finalidades bélicas. Com a introdução do radar, foi dado um grande passo à frente na previsão do tempo em curto prazo. O uso do radar é de extrema importância, principalmente nos aeroportos (Figura 3).



Figura 3: Determinação da distância de uma nuvem por meio de ondas de radar – comprimento de onda da ordem de centímetros.

Fonte: SIMEPAR, 1999.

Frequentes fenômenos violentos, como furacões, tornados, tempestades de granizo etc, podem ser monitorados com o uso do radar (Figura 4).

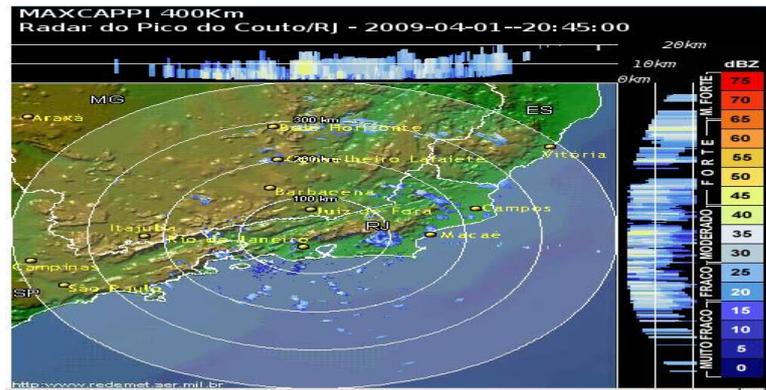


Figura 4: Tela de radar em que se nota a distância hipotética de uma chuva.

Fonte: DTCEA, 1999.

Satélite Meteorológico: é o instrumento de observação mais versátil que o homem dispõe atualmente. Para a meteorologia, essa nova era iniciou-se em 1960, com o lançamento do primeiro satélite projetado para observações meteorológicas. Eles são colocados em órbita quase polar, girando em torno do planeta durante um período de 100 minutos, ou são situados no plano equatorial terrestre, esses denominados geoestacionários.

Uma grande conquista para a meteorologia foi a possibilidade dos satélites meteorológicos operarem também na faixa do infravermelho termal. Com isso, os satélites passaram a ter imagens da Terra também à noite. Cada ponto da superfície da Terra é coberto duas vezes ao longo de 24 horas, então três imagens poderiam ser obtidas (uma na faixa do visível e duas na faixa do infravermelho) (Figura 5).

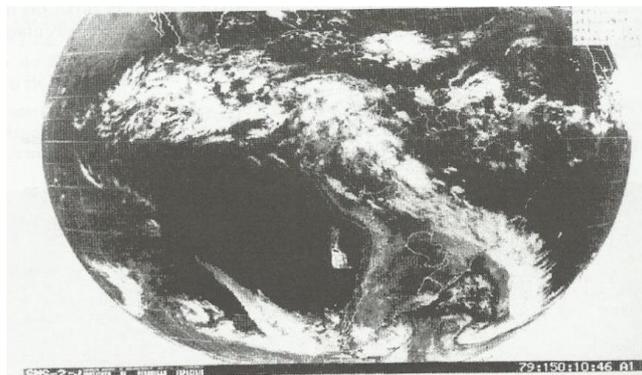


Figura 5: Imagem obtida pelo satélite norte americano GOES/SMS-2, no infravermelho termal (terrestre), no dia 30/05/79, 10:46 TU.

Fonte: INPE/CNPq.

Radiossondagens: Trata-se de um tipo de sondagem das camadas superiores da atmosfera, em que um conjunto de equipamentos, localizado no interior de uma pequena caixa plástica, é transportado por meio de um balão de gás hélio. Esse conjunto é constituído por sensores de temperatura, umidade e pressão, além do radiotransmissor, uma antena, e uma bateria que alimenta o sistema. O deslocamento da sonda é registrado por uma antena GPS, que permite a medida da direção e velocidade do vento. Os dados observados são enviados por ondas de rádio, para a estação receptora no solo que os processa, uma mensagem codificada é gerada e enviada para o Centro Coletor, onde ocorrerá a distribuição global (Figura 6).

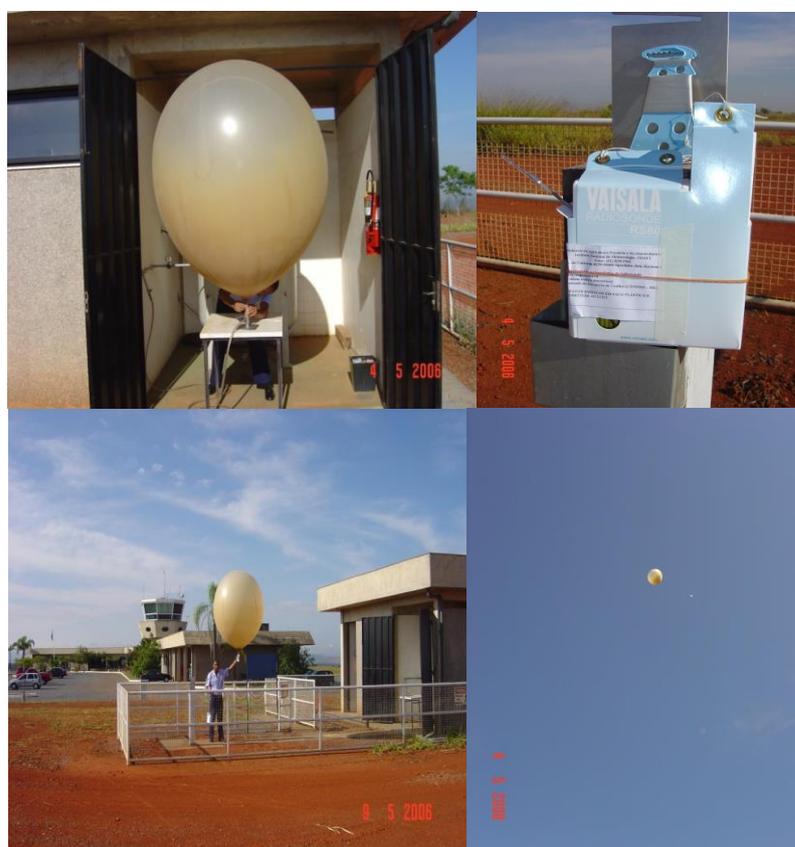


Figura 6: Radiossonda lançada do Aeroporto de Confins.

Fonte: INMET-Instituto Nacional de Meteorologia.

Boias Oceânicas e sensores flutuadores de Coleta de Dados: o Programa Nacional de Boias (PNBOIA) tem como propósito a coleta de dados dos oceanos e meteorológicos por meio de um sistema operacional de bóias de fundeio e de deriva, capazes de transmitir dados em tempo real, via satélite.

Existem dois tipos de bóias usadas pelo PNBOIA:

- a) Boias de deriva: em que os sensores se deslocam com as correntes.
- b) Boias de fundeio: ocorre por meio de bóias ancoradas (Figuras 7 a e 7 b).

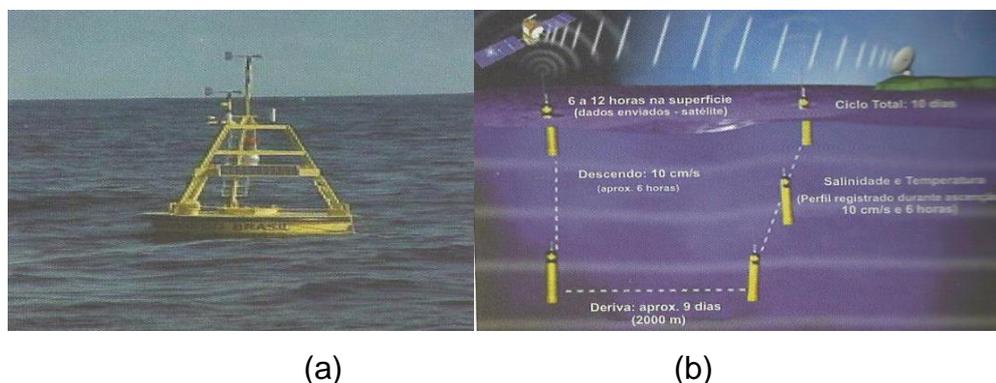


Figura 7: Boia de fundeio Minuano, WMO 31978 (a); flutuador para medições até 2.000 metros de profundidade (b).

Fonte: Diretoria de Hidrologia e Navegação da Marinha do Brasil e Embaixada americana- projeto ARGO.

Projeto PIRATA: é um programa nacional, que tem como objetivo estudar as interações oceano-atmosfera, relevantes para entendimento das variações climáticas na região do Atlântico Tropical. Esses estudos têm por instrumento um conjunto de bóias fixas do tipo ATLAS, com capacidade de monitoramento e transmissão de dados meteorológicos de superfície (Figura 8).

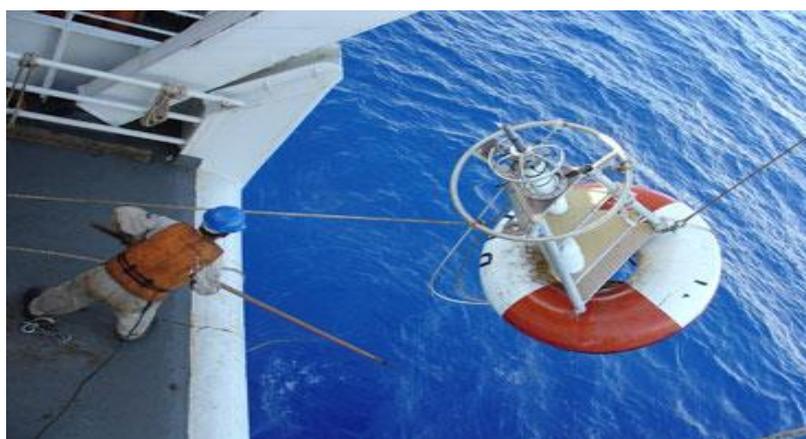


Figura 8: Retirada e manutenção de boia do projeto PIRATA.

Fonte: Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/imagens/DSC00341.jpg>

Acesso em: 12 nov. 2013.

Segundo VAREJÃO (2001), as estações climáticas convencionais são classificadas de acordo com alguns parâmetros e possuem os seguintes aparelhos:

Temperatura

Termômetros: são os instrumentos responsáveis por fornecer a temperatura. Geralmente, são dados os valores instantâneos. Em Meteorologia, os termômetros são do tipo líquido-em-vidro, onde há a variação do líquido apropriado em razão da mudança de temperatura do meio em que está situado o instrumento.

Os termômetros convencionais possuem um tubo capilar de vidro, com uma das extremidades dilatada, formando um bulbo. A outra extremidade possui uma pequena dilatação, chamada de câmara de expansão. O mercúrio é usado como o líquido sensível, pois ele apresenta coeficiente de dilatação linear elevado, além de possuir as temperaturas de ebulição alta e de congelamento baixa (Figura 9).



Figura 9: Termômetros convencionais

Fonte: Disponível em: <http://www.ipem.sp.gov.br/6ai/2012/rel12-05.asp?vpro=termo30>

Acesso em: 12 nov. 2013.

Termômetros de solo: são termômetros comuns, que servem de observação no interior do solo. Também são conhecidos como geotermômetros. O bulbo fica inserido no solo, enquanto a maior parte da haste fica sobre a superfície. Retira-se o termômetro do solo para fazer a leitura (Figura 10).



Figura 10: Termômetros de solo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Termômetros de imersão: são usados para medir a temperatura da água. O bulbo se situa em uma haste cilíndrica metálica que contém orifícios laterais. Para fazer a leitura, o recipiente é parcialmente imerso, de modo que somente a água da superfície entre em contato com o bulbo (Figura 11).



Figura 11: Termômetro de imersão

Fonte: Disponível em: <http://www.pce-medidores.com.pt/images/-pce-ph22-uso2.jpg>

Acesso em: 12 nov. 2013.

Termômetros de máxima: verificam a maior temperatura em um dado momento. Tem como elemento sensível o mercúrio. Por isso possuem um estrangulamento no tubo capilar, situado nas extremidades do bulbo. Durante a leitura, o termômetro fica sobre um suporte que o mantém inclinado cerca de 5° em relação ao plano horizontal local. O bulbo fica num nível abaixo da câmara de expansão. (Figura 12a).

Termômetros de mínima: indicam a menor temperatura em um intervalo de tempo. Tem o bulbo bifurcado, e tem como elemento sensível o álcool etílico. Geralmente, o termômetro de mínima é colocado sobre o mesmo suporte do de máxima. Deve-se evitar a exposição do termômetro de mínima à luz solar. O aquecimento provoca evaporação de gotículas de álcool (Figura 12b).

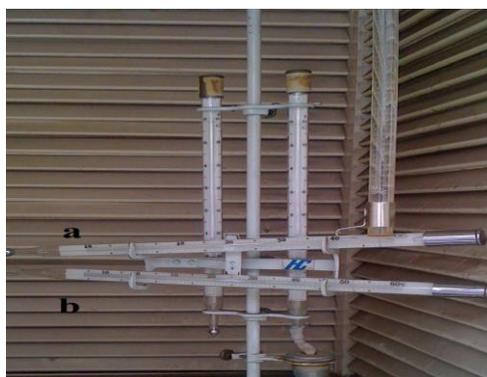


Figura 12: Termômetro de Máxima (a); Termômetro de Mínima (b).

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Termógrafos Convencionais (Mecânicos): fornecem o registro da temperatura em um determinado tempo. São aparelhos constituídos por sensores, que acionam um sistema de alavancas, na medida em que a temperatura ambiente se altera. Esse sistema serve para deslocar uma haste, em uma extremidade onde fica localizada uma pena registradora. O movimento é feito em um plano vertical, que faz com que a própria pena se desloque sobre um segmento de arco.

A cada deslocamento feito pela pena, é registrado no termograma, fixado em um tambor rotativo que se move sobre ela. A rotação efetuada pelo tambor, em geral, leva cerca de 25 horas para se completar, permitindo que se obtenha um gráfico contínuo a cada 24 horas consecutivas. O termograma é substituído diariamente em uma determinada hora, e tem a escala vertical expressa em unidades de temperatura e a horizontal em unidades de tempo (Figura 13).

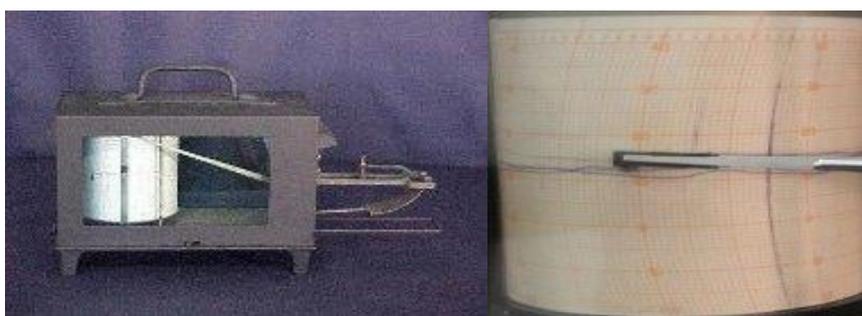


Figura 13: Termógrafo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Pluviosidade

Pluviômetros: constituem-se de um cilindro com o fundo afunilado, onde a água coletada é levada para o reservatório. O coletor deve ser bastante profundo, para evitar que respingos se percam quando algumas gotas atravessarem a área de captação.

Pluviômetros ordinários: possuem reservatórios que acumulam a precipitação ocorrida em 24 horas, exceto chuvas torrenciais. Exemplo: *Ville de Paris*. O modelo possui o coletor que fica montado sobre uma câmara aonde o recipiente é destinado à armazenagem da água da chuva, protegida da radiação solar. Normalmente os

pluviômetros ordinários são confeccionados em aço inoxidável, por causa da redução do risco de corrosão e para melhor reflexão da radiação solar. (Figura 14).



Figura 14: Pluviômetros ordinários

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Pluviógrafos: são responsáveis por registrarem a quantidade e a intensidade de precipitação. Possuem um coletor que apara o produto das precipitações e o transfere à unidade sensível. (Figura 15). O pluviograma consiste em um mecanismo que registra a curva representativa da evolução da chuva com o tempo. A escala é dada em milímetros (mm).

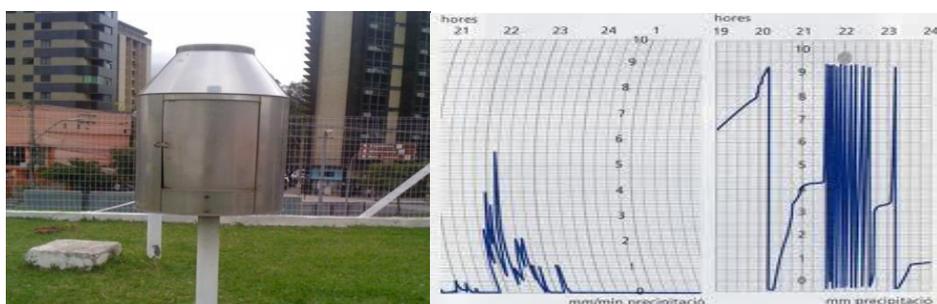


Figura 15: Pluviógrafo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Umidade do ar

Psicômetros: são constituídos por dois termômetros comuns, sendo um com bulbo descoberto, termômetro de bulbo seco, (Figura 16 a) e o outro revestido com uma gaze, termômetro de bulbo úmido, (Figura 16 b). Nos modelos mecânicos mais aperfeiçoados, uma ventoinha aspira o ar sobre os bulbos a uma velocidade constante que não deve ser inferior à 5 m/s.



Figura 16: Psicômetro: bulbo seco (a) e bulbo úmido (b).

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Higrógrafos e Termohigrógrafos: medem a umidade relativa do ar. Baseiam-se na variação do comprimento de um feixe de cabelos humanos, quando a umidade do ar é alterada. Se a umidade do ar aumenta, o feixe de cabelo se distende, e se ela diminui o feixe se contrai. Uma das extremidades do feixe é fixa e a outra é acoplada a um sistema de alavancas. À medida que o comprimento do feixe se altera, o sistema se movimenta, deslocando um ponteiro sobre uma escala graduada. A umidade é dada em porcentagem.

Os higrógrafos calculam a umidade relativa do ar e possuem um sistema de alavancas que acionam o suporte de uma pena registradora que se move sobre um tambor rotativo. Nesse mesmo tambor, prende-se um diagrama de papel especial, onde a escala horizontal é o tempo e a vertical é a umidade. (Figura 17).

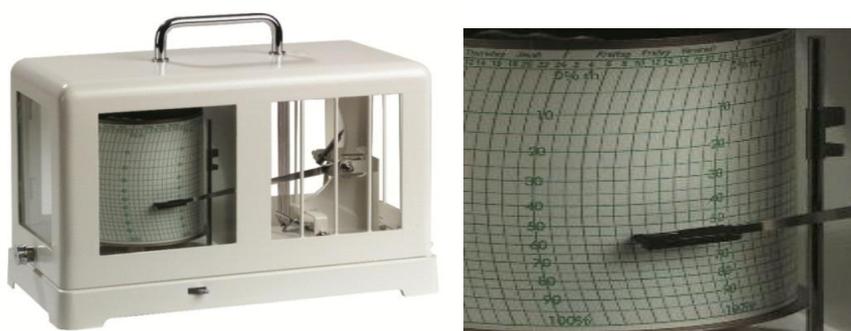


Figura 17: Higrógrafo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Os termohigrógrafos possuem um sensor de umidade e um de temperatura, normalmente uma lâmina bimetálica. Variações de temperatura fazem mudar a curvatura da lâmina, acionando um sistema de alavancas que termina na haste de

uma pena (Figura 18). Os termohigrogramas têm duas faixas distintas: uma escala de umidade e uma de temperatura.



Figura 18: Termohigrógrafo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Evaporação e Evapotranspiração

Evaporímetro de Piche: mede a evaporação, que é verificada através de uma superfície porosa úmida. É constituído por um tubo de vidro transparente, tendo uma das extremidades fechada que vem de um anel para dependurá-lo. Há modelos com escala em milímetros de evaporação, em centímetros cúbicos e em mililitros. Ele é instalado dentro do abrigo de meteorológico, pois fica protegido da radiação solar e do vento. Quando está em funcionamento, a água contida no tubo conserva úmido o disco de papel. A evaporação é avaliada pela diferença entre duas leituras consecutivas (início e fim de um intervalo de tempo) (Figura 19a).



Figura 19a: Evaporímetro de Piche

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Evapotranspirômetros de drenagem: são tanques enterrados utilizados para medir a evapotranspiração em um determinado intervalo de tempo, geralmente em intervalos de cinco dias a uma semana. No filtro, há um dreno na parte inferior, que possibilita medir a água escoada por infiltração. É instalado um cano de pequeno diâmetro junto à borda do tanque, evitando-se problemas de pressão (Figura 20).

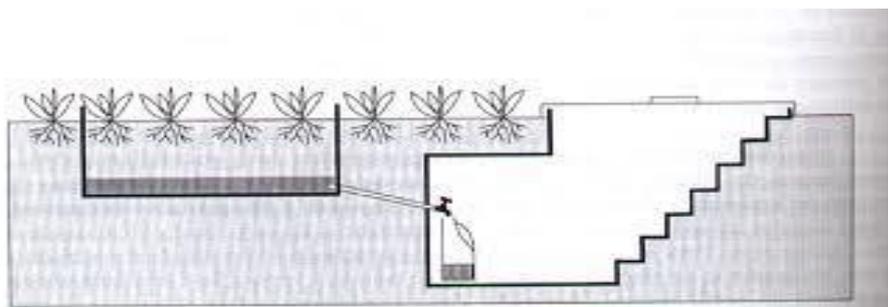


Figura 20: Evapotranspirômetro de drenagem

Fonte: Disponível em: <http://gstatic.com/images>

Acesso em: 12 nov. 2013.

Pressão atmosférica

Barômetros de Torricelli: são utilizados para medir a pressão atmosférica. Esse tipo de barômetro é constituído de um tubo de vidro. Quando o instrumento está operando normalmente, há um vácuo na parte de cima do tubo e o mercúrio ocupa a parte de baixo, e grande parte da cuba. O tubo de vidro é protegido por um cilindro de metal, unido à cuba e dotado de um visor, que pode ser vista através do mesmo a extremidade da coluna de mercúrio.

A escala do barômetro foi criada com divisões proporcionais às variações do nível de mercúrio, compensando, então, o deslocamento do zero da escala. Esse tipo de solução é utilizado em barômetro do tipo Kew (Barômetro de cuba fixa), onde o volume do mercúrio deve ser contado com bastante precisão. (Figura 21a).

A leitura dos barômetros deve ser começada pela determinação da temperatura. Depois se ajusta o zero da escala, quando o barômetro em questão for do tipo Fortin. (Figura 21b).

São aplicadas três correções, às leituras barométricas:

-Temperatura: para ajustar a 0°C;

-Instrumental: para compensar alguns defeitos de fabricação que possam vir a acontecer;

-Gravidade: para equilibrar a diferença entre o valor local de aceleração da gravidade e aquele usado para a criação da escala do instrumento;



Figura 21: Barômetro Kew (a) e Fortin (b)

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Barógrafo ou barômetro de aneróide: baseia-se na deformação que variações na pressão atmosférica provocam em cápsulas metálicas, em cujo interior faz vácuo. Ao se deformarem, as cápsulas movimentam um sistema de alavancas que aciona um ponteiro. Em geral, esse sistema inclui um compensador bimetálico, que neutraliza os efeitos da dilatação, devido à mudança de temperatura sobre o próprio sistema. A pressão atmosférica é lida diretamente no mostrador.

As cápsulas aneróides são o elemento sensível dos barógrafos. Nesses instrumentos, o sistema de alavancas aciona uma haste, onde encontra-se uma pena na extremidade, que se move sobre um tambor rotativo (Figura 22).

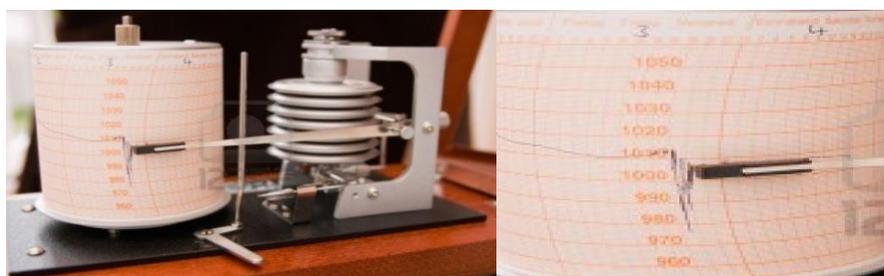


Figura 22: Barógrafo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Radiação

Pireliômetros: são aparelhos próprios para medir a emissão correspondente à radiação solar direta, perpendicularmente à direção de seu prolongamento.

Pireliômetro de compensação de Ångstrom: é constituído por duas placas, situadas na base de um tubo. Uma delas é aquecida devido à absorção da energia solar direta e a outra eletricamente. A energia gasta para igualar a temperatura das duas placas é proporcional à intensidade de radiação. Os pares termoeletrônicos existentes em cada placa são conectados, através de um instrumento utilizado para medir a intensidade e o sentido da corrente elétrica (Galvanômetro) (Figura 23).



Figura 23: Pireliômetro de compensação de Ångstrom

Fonte: Disponível em: http://sonda.ccst.inpe.br/fotos/CAI/2002/caico_20.html

Acesso em: 12 nov. 2013.

Piranômetros: são aparelhos destinados para medir a quantidade de radiação solar que atinge uma superfície plana, oriundo de todo um hemisfério. São utilizados para determinar a radiação global e também estimar a radiação solar que alcança a terra após ter sido dispersada (Figura 24).



Figura 24: Piranômetro

Fonte: INMET/IFMG- Campus Governador Valadares/ Luiza Bicalho

Piranômetro de Eppley: é um aparelho cujo elemento sensível é composto por uma série de junções de termopares, dispostas radialmente, formando uma termopilha. As junções quentes são pintadas com tinta preta e as frias são revestidas de cor branca. Quando expostas à radiação solar, produzem corrente elétrica, que são amplificadas e registradas em unidades apropriadas. O Piranômetro de Eppley é empregado para medir radiação refletida (Figura 25).

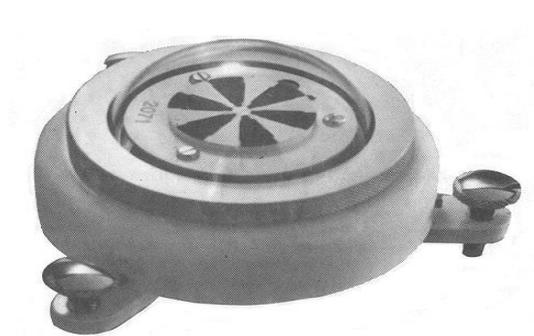


Figura 25: Piranômetro de Eppley

Fonte: Disponível em: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/articulo.htm>

Acesso em: 12 nov. 2013.

Actinógrafo bimetálico: é o aparelho mais difundido dos piranômetros e é totalmente mecânico. O elemento sensível desse instrumento é constituído por uma lâmina bimetálica escura, exposta à radiação solar e por mais outras duas, pintadas de branco e deixadas na sombra. A primeira lâmina deforma-se por efeito duplo da variação da temperatura e da absorção de energia solar. Nas outras duas a deformação é causada apenas pela mudança da temperatura ambiente. O actinógrafo não se presta à determinação da radiação refletida (Figura 26).



Figura 26: Actinógrafo bimetálico

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Heliógrafo de Campbell-Stokes: servem para medir a insolação, que é o intervalo de tempo em que o disco solar permanece visível, entre o nascimento e pôr do sol, para um observador localizado em um determinado ponto da superfície. É formado por uma esfera de vidro transparente, montada em um eixo inclinado, com um suporte que contém uma calha, disposta transversalmente (Figura 27).

O foco luminoso, causado pela convergência da luz do sol ao incidir sobre a esfera, deve situar-se sempre dentro da calha. Nessa calha é colocado diariamente um pedaço de papel especial (heliograma), onde possui uma escala horária. O foco queima o heliograma em um ponto, devido à radiação direta, e avança com o movimento diário do sol. Quando uma nuvem oculta o disco solar, essa queima é interrompida.

Para saber a insolação diária, basta computar o tempo correspondente à soma de todos os segmentos queimados. O heliógrafo funciona também como relógio solar: quando colocado corretamente, a posição do foco sobre o diagrama corresponde à hora solar verdadeira local.

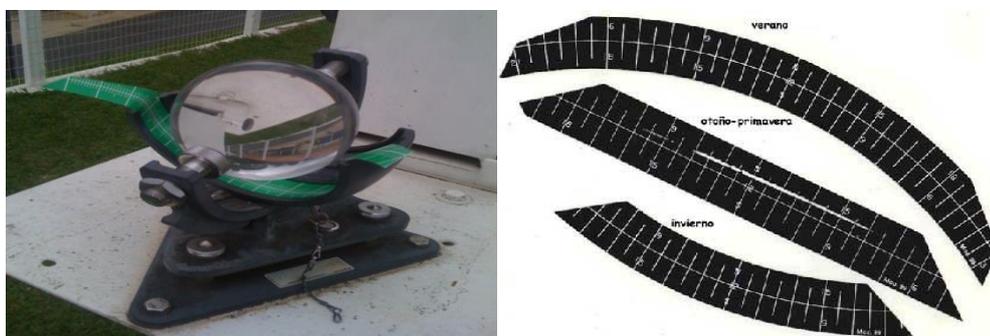


Figura 27: Heliógrafo de Campbell-Stokes

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

Vento

Caracterização do vento

Para caracterizar o vento, é preciso dois parâmetros: a direção e a velocidade. São grandezas instantâneas e pontuais, uma vez que o escoamento do ar depende das condições atmosféricas. O vento pode ser influenciado pelas características geométricas e pelo estado de aquecimento da superfície.

Direção do vento

A direção do vento manifesta a posição a partir do qual o vento se originou, e não para onde o vento está indo. A direção é expressa em termos do ângulo em que o vetor velocidade do vento forma com o norte geográfico (0°), medido no mesmo sentido de um relógio analógico. Ou seja, o vento que vem da direção leste tem direção de 90° , aquele do sul tem direção de 180° . A direção é relatada em relação aos pontos cardeais (N, S, E, W) ou colaterais (NE, SE, SW, NW).

Velocidade do vento

O módulo da velocidade do vento é geralmente expresso em metros por segundo (m s^{-1}), ou em quilômetros por hora (km h^{-1}).

O anemômetro mede velocidade, direção e sentido do vento. As conchas fazem um movimento giratório e medem a velocidade do vento. A seta indica a direção do vento. O anemógrafo registra velocidade e direção do vento (Figura 28).

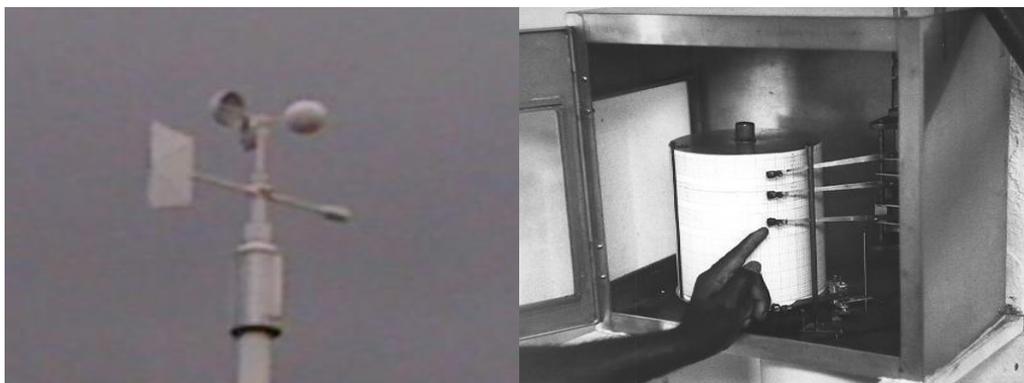


Figura 28: Anemógrafo

Fonte: Visita INMET 2012/ Luiza Bicalho

MELLO, T.A *et al.* (2006) compararam os dados meteorológicos registrados por estações meteorológicas automáticas (EMA) e estações meteorológicas convencionais (EMC) pertencentes ao INMET, os parâmetros estudados foram à temperatura do bulbo seco, a temperatura do ponto de orvalho e a pressão ao nível da estação, lidos em três horários: 00:00, 12:00 e 18:00 UTC. Os resultados mostram um problema comum nas estações automáticas, representado pela possível mudança no patamar médio do viés quando ocorre uma pane na estação.

Inicialmente, foram eliminados os erros grosseiros, e em seguida calculados a média, o desvio-padrão, o viés e o coeficiente de variação.

As séries temporais de duas estações situadas em um mesmo local deveriam, idealmente, coincidir. O estudo da diferença entre esses valores identificou erros que oscilam em torno de uma média que se altera ao longo do ano. De um modo geral, a média dos erros sistemáticos oscilou próximo à zero, com um desvio padrão baixo; o coeficiente de correlação foi alto e o erro percentual também muito baixo. Obteve-se boa concordância entre os índices estatísticos na comparação de dados de temperatura. Esses resultados eram esperados em função da pequena amplitude de variação, ao longo do dia, dos parâmetros observados.

Porém, há um problema que não é detectado pelos índices estatísticos. Quando são identificadas mudanças bruscas no nível médio da oscilação do viés, logo conclui-se que houve uma pane na EMA. Uma pane é indicada pela interrupção da série de dados. É importante relatar que tais panes ocorrem frequentemente e nem sempre provocam as mudanças de patamar; contudo, foi sempre possível associar uma pane a cada uma das mudanças de patamar registradas.

Fazer a análise do viés é importante, pois há casos em que as mudanças nos patamares médios são tão pequenas que se torna muito difícil identificá-las apenas pela observação direta da série temporal dos registros meteorológicos. Uma análise menos precisa poderia interpretar essas mudanças como decorrentes de variações climáticas que, de fato, não ocorreram.

CONCLUSÃO

O estudo comparativo realizado entre estações meteorológicas automáticas e convencionais fortaleceu uma alta correlação entre as medidas dos parâmetros analisados e não confirmou resultados anteriores que sugeriam um viés sistemático nas medidas das EMAs.

A mudança no patamar médio do viés é um fato que ocorre com frequência em estações meteorológicas automáticas. A análise realizada identificou erros sistemáticos que podem ter sido originados em uma pane na estação automática. Índices como média, correlação, coeficiente de variação e erro percentual, não são capazes de detectar tais erros, apenas perceptíveis pela observação do patamar médio do viés. Esse resultado salienta a importância de um acompanhamento mais rigoroso do erro após o reparo de uma pane nesse tipo de estação.

No caso de substituição de uma EMC por uma EMA, o INMET orienta que a Estação Automática seja montada próxima à Convencional, pois durante o prazo de 5 anos, os dados de ambas serão comparados, e se houver alta correlação, a Automática estará apta à trabalhar sozinha, caso contrário, a Convencional não deve ser substituída.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOBECO. Disponível em: <<http://hobeco.net/>>. Acessado em: agosto de 2013.

INMET. Rede de estações. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf>. Acessado em: junho de 2013.

MARTINS, D.; CUNHA, A.R.; Comparação entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

MELLO, T.A; FONTES, L.T.G; LUCIO, P.S; MANHAES, F.P; LUCAS, E.W.M.; Uma Análise Comparativa de Dados Meteorológicos Observados em Estações Automáticas e Convencionais do INMET. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)- Coordenação de Desenvolvimento e Pesquisa (CDP), 2006.

SANTOS, R.A- Observações meteorológicas. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo1-observacoesMeteorológicas.pdf>>. Acessado em: junho de 2013.

VAREJÃO, M.A.- Meteorologia e Climatologia. 2ª edição. Brasília: INMET, Gráfica Editora Pax, 2001. 532 p.

VIANELLO, R.L; ALVES, A.R. - Meteorologia básica e aplicações. 2ª edição. Viçosa, MG. Editora UFV, 2012. 460 p.