

RELATÓRIO TÉCNICO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAG/USP



Nº1: Instrumentos e Procedimentos

Abril-2010

Índice

Introdução.....	10
1. Procedimentos	11
1.1 Visibilidade Horizontal.....	11
1.2 Nebulosidade	11
1.3 Fenômenos Diversos.....	11
1.4 Vento Horizontal	11
1.5 Pressão Atmosférica	11
1.6 Temperatura do Ar: Bulbo Seco e Bulbo Úmido.....	12
1.7 Temperatura do Solo	12
1.8 Umidade do ar	12
1.9 Evaporação	12
1.10 Precipitação	12
1.11 Irradiância Média Diária.....	12
1.12 Duração do Brilho Solar	12
1.13 Fenômenos diversos.....	12
2. UMIDADE RELATIVA DO AR.....	13
3. IRRADIAÇÃO SOLAR GLOBAL MÉDIA DIÁRIA.....	15
4. INSOLAÇÃO RELATIVA DIÁRIA	17
5. FORMATAÇÃO DOS DE DADOS.....	18
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23



Tabelas

Tabela 1 - Exemplo de planilha com totais diários e mensais de precipitação.....	20
Tabela 2 - Exemplo de planilha de irradiação solar global diária.....	20
Tabela 3 - Exemplo de planilha diária com informações sobre o vento.....	21
Tabela 4 - Exemplo de planilha folha relativa às observações anotadas pelos observadores. Partes A e B.....	22
Tabela 5 - Indicação dos horários de observação da Estação Meteorológica desde 1933.....	24
Tabela 6 - Descrição dos instrumentos utilizados pela Estação Meteorológica e ano de utilização.....	24



Introdução

Esta publicação apresenta uma descrição das técnicas adotadas pela Estação Meteorológica (EM) do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) para as observações de superfície, bem como os procedimentos utilizados no tratamento e cálculo das variáveis meteorológicas. Além destas informações, este relatório apresenta um histórico dos instrumentos utilizados desde o início das atividades da Estação Meteorológica em Novembro de 1932.

Os procedimentos e instrumentos utilizados na EM do IAG/USP seguem as recomendações das publicações da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1994; WMO, 1996).

As medidas contínuas da EM tiveram início em 1933 a partir de observações horárias realizadas entre 7 e 10 horas e das 12 às 15 horas. Em março e julho do mesmo ano, foram incorporadas as observações das 21 e 24 horas respectivamente. Entre janeiro de 1935 e outubro de 1945, as observações foram realizadas das 7 às 22 horas. A partir deste período até agosto de 1948, as observações permaneceram das 7 às 14 horas e às 21 horas. Posteriormente até dezembro de 1949, as observações voltaram a ser realizadas entre o período das 7 às 22 horas. Finalmente, a partir de janeiro de 1950, as observações meteorológicas passaram a ser realizadas ininterruptamente a cada hora entre 7 e 24 horas, todos os dias do ano. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** do Anexo 1 apresenta detalhes sobre o período de implementação dos instrumentos e das observações da EM do IAG/USP, enquanto que a **Erro! Fonte de referência não encontrada.2** do Anexo 1 apresenta o ano da implementação e descrição dos instrumentos instalados.

É importante ressaltar que além das observações realizadas pelos observadores meteorológicos, a EM do IAG/USP conta com instrumentos mecânicos automáticos (anemógrafo, barógrafo, termógrafo, higrógrafo, pluviógrafo e actinógrafo) que registram as informações continuamente durante às 24 horas do dia. Estas informações são reduzidas dos diagramas pelos observadores no dia seguinte das observações.



1. Procedimentos

A seguir são apresentados os procedimentos adotados pela EM do IAG/USP em função do tipo de observação. É importante ressaltar que a EM não adota o horário de verão e utiliza o tempo universal coordenado (TMC) ou tempo médio de Greenwich (TMG) menos 3 horas, durante o ano inteiro.

As observações meteorológicas são realizadas a cada hora de forma ininterrupta entre as 7 e 24 horas. Após à observação, os dados coletados são repassados para uma folha de observação diária e digitados em um planilha Excel e no banco de dados da EM. No dia seguinte, os registradores automáticos são reduzidos e os dados medidos são então inseridos na planilha Excel e posteriormente no banco de dados.

1.1 Visibilidade Horizontal

A visibilidade horizontal é estimada a partir do reconhecimento de referências visuais situadas a distâncias conhecidas no quadrante norte, cujo alcance visual no horizonte é significativamente maior que o correspondente aos demais quadrantes. Estas observações são efetuadas a partir de um ponto no terraço da Estação Meteorológica.

1.2 Nebulosidade

A nebulosidade é quantificada a partir da identificação do gênero (tipo) e da avaliação da quantidade em décimos de céu coberto de nuvens baixas, médias e altas, são efetuadas em quatro quadrantes (Norte, Leste, Sul e Oeste, definidos pelos pontos 14 colaterais), com base no reconhecimento de padrões visuais. Estas observações são efetuadas a partir de quatro pontos no terraço da Estação Meteorológica. A classificação do tipo de nuvem segue os padrões da WMO, sendo: a) nuvens baixas: Stratocumulus (Sc), Stratus (St), Cumulus (Cu), Cumulonimbus (Cb) ; b) nuvens médias: Altocumulus (Ac), Altostratus (As), Nimbostratus (Ns) ; c) nuvens altas: Cirrus (Ci), Cirrocumulus (Cc) e Cirrostratus (Cs).

1.3 Fenômenos Diversos

Durante o período de observação é relatada a ocorrência de diversos fenômenos meteorológicos, tais como: trovoadas (trovões e relâmpagos), chuveiro, chuva leve, moderada ou forte, granizo, neve, geada, nevoeiro, tornado, halo solar ou lunar, arcoíris, irisação, coroa solar ou lunar, fumaça, névoa e precipitação à vista.

1.4 Vento Horizontal

O anemógrafo instalado na torre da Estação é empregado para: (a) observação da direção predominante e da velocidade instantânea; e (b) *a posteriori*, obtenção da direção predominante, da rajada máxima e velocidade média no intervalo de cada hora inteira, e da rajada máxima diária. A velocidade média em cada intervalo de hora é deduzida a partir do registro da linha associada ao deslocamento de uma parcela de ar que passa pelo cata-vento, enquanto que a rajada máxima horária e diária é obtida a partir da máxima intensidade do vento naquele período horário e diário respectivamente. A partir de 2010, a rajada máxima horária está sendo reduzida.

1.5 Pressão Atmosférica

O barômetro de mercúrio de cuba fixa instalado na sala do observador, localizado no terraço da Estação é empregado para a observação da pressão atmosférica à altitude de 799,2 metros. Registros do microbarógrafo dotado de 15 cápsulas aneróides, com rotação diária são utilizados para a estimativa de valores horários de pressão atmosférica entre 01h e 06h.



1.6 Temperatura do Ar: Bulbo Seco e Bulbo Úmido

As observações horárias da temperatura do ar e do bulbo úmido são efetuadas a partir da leitura dos capilares de mercúrio que constituem o bulbo seco e o bulbo úmido de um psicrômetro. O termógrafo de anel bimetálico com rotação diária é utilizado para as estimativas de valores horários entre 1h e 6h.

1.7 Temperatura do Solo

Geotermômetros são utilizados para a leitura da temperatura do solo à superfície e nas profundidades de 5, 10, 20, 30 e 40 cm, enquanto que dois geotermógrafos de 5 e 10 cm de profundidade com tubo capilar de mercúrio, de rotação semanal, são empregados para as estimativas da temperatura do solo entre 01h e 06h. Os elementos sensíveis de todos estes instrumentos encontram-se instalados numa parcela de solo nu, sem vegetação, no cercado meteorológico.

1.8 Umidade do ar

A umidade relativa (UR) do ar é calculada a cada hora, a partir da leitura da temperatura do ar e do bulbo úmido obtida com o psicrômetro, e da pressão atmosférica observada no barômetro, conforme procedimento descrito no item 3. O higrógrafo dotado de harpa de fios de cabelo, com rotação diária, é empregado para a estimativa da UR entre as 01h e 06h. Ambos os instrumentos encontram-se instalados no abrigo principal do cercado meteorológico.

1.9 Evaporação

A evaporação é deduzida a partir da leitura da coluna de água de dois evaporímetros tipo Piché, ambos instalados no cercado meteorológico, sendo um no interior do abrigo principal e o outro ao ar livre nas proximidades do pluviógrafo. A diferença entre as leituras efetuadas às 07h e às 24h permite a dedução do total de evaporação durante este período.

1.10 Precipitação

A precipitação horária é medida pelo pluviógrafo instalado no cercado meteorológico, enquanto que os pluviômetros do tipo Ville de Paris e dois do tipo Paulista são utilizados para a acumulação de chuva às 07h, 14h, 21h e 24h e a precipitação diária. Além da redução horária, as acumulações a cada 10 minutos são também reduzidas.

1.11 Irradiância Média Diária

A irradiância média diária é obtida a partir dos registros do actinógrafo bimetálico instalado no alto da torre da Estação. Os registros são analisados a partir da área obtida entre o nascer e o ocaso do Sol. O valor da área é obtido mediante planimetria mecânica, efetuada diversas vezes e por técnicos diferentes. O procedimento empregado para conversão desta área em quantidade de energia radiante à proximidade do solo foi modificado em 1998 (ver seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

1.12 Duração do Brilho Solar

Os totais horários de duração do brilho solar, são deduzidos a partir da análise de registros obtidos com o heliógrafo Campbell-Stokes instalado no alto da torre da Estação. Em 1998 foi modificado o procedimento para avaliação da insolação relativa diária a partir dos totais de duração do brilho solar (ver seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



1.13 Fenômenos diversos

Os fenômenos diversos compreendem fotometeoros, orvalho, nevoeiro, granizo, neve, chuva, chuvisco e garoa. São detectados visualmente pelos observadores, e registrados nas folha de observação.



2. UMIDADE RELATIVA DO AR

O procedimento de avaliação de diversas variáveis relacionadas à presença de vapor d'água na atmosfera (temperatura de ponto de orvalho, pressão parcial, umidade relativa e umidade específica) foi modificado em 1º de agosto de 2000, seguindo os procedimentos propostos no anexo 4.B da Sexta Edição do *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, preparado sob os auspícios da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1996, p.I.4-25). O procedimento atual pode ser descrito como segue.

A realização de leituras com o barômetro de mercúrio e o psicrômetro entre 07h e 24h leva à obtenção de valores simultâneos para a pressão atmosférica P (hPa) e para as temperaturas (do ar) de bulbo seco T e de bulbo úmido T_w (°C). A pressão parcial de saturação do vapor d'água à temperatura de bulbo úmido, $ew'(P, T_w)$, é obtida aplicando-se a seguinte fórmula:

$$ew'(P, T_w) = f(P) ew(T_w) \text{ [hPa]} \quad (\text{eq. 3.1})$$

sendo $ew(T_w)$ a pressão parcial de saturação do vapor d'água à temperatura de bulbo úmido em relação à uma superfície plana de água pura:

$$ew(T_w) = 6,112 \exp\left\{ \frac{17,62 T_w}{243,12 + T_w} \right\} \text{ [hPa]} \quad (\text{eq. 3.2})$$

3.2)

e $f(P)$ (o fator de correção devido à pressão atmosférica) uma função do valor assumido pela pressão atmosférica: (justificar o parágrafo)

$$f(P) = 1,0016 + 0,00000315 P - \frac{0,074}{P} \text{ [adimensional]} \quad (\text{eq. 3.3})$$

A fórmula psicrométrica para o psicrômetro de aspiração tipo Assmann (neste caso, para temperaturas entre - 45 e + 60°C) leva à obtenção da pressão parcial do vapor d'água, e' :

$$e' = ew'(P, T_w) - 0,000653 \cdot (1 + 0,000944 \cdot T_w) \cdot P \cdot (T - T_w) \text{ [hPa]} \quad (\text{eq. 3.4})$$

enquanto que a umidade relativa do ar, UR , é dada por:

$$UR = 100 \frac{e}{ew(P, T)} \text{ [%]} \quad (\text{eq. 3.5})$$

sendo $ew'(P, T)$ a pressão parcial de saturação do vapor d'água à temperatura de bulbo seco:

$$ew'(P, T) = f(P) ew(T) \text{ [hPa]} \quad (\text{eq. 3.6})$$

$$ew(T) = 6,112 \exp\left\{ \frac{17,62 T}{243,12 + T} \right\} \text{ [hPa]} \quad (\text{eq. 3.7})$$

A temperatura de ponto de orvalho T_d é obtida empregando-se a função inversa da expressão analítica que a associa à pressão parcial do vapor d'água:

$$e' = 6,112 \exp\left\{ \frac{17,62 T_d}{243,12 + T_d} \right\} \text{ [hPa]} \quad (\text{eq. 3.8})$$

ou seja,



$$\Gamma d = \frac{243,12 \ln \left\{ \frac{e'}{6,112 \cdot f(P)} \right\}}{17,62 - \ln \left\{ \frac{e'}{6,112 \cdot f(P)} \right\}} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (\text{eq. 3.9})$$

Por fim, a umidade específica, q , ou o quociente entre os valores assumidos pela massa de vapor d'água e pela massa total de ar úmido num mesmo volume, é obtida a partir da pressão parcial do vapor d'água e da pressão atmosférica:

$$q = 1000 \cdot \frac{\frac{Mv}{Md} x \frac{e'}{P}}{1 - \left[1 - \frac{Mv}{Md} \right] x \frac{e'}{P}} \text{ [g/kg]} \quad (\text{eq. 3.10})$$

sendo Mv e Md os valores assumidos pelo peso molecular da água (18,015 g) e ao ar seco (28,97 g) respectivamente.

Por outro lado, a operação contínua do microbarógrafo, do termógrafo e do higrógrafo leva à obtenção de valores simultâneos para a pressão atmosférica P (hPa), a temperatura do ar t ($^\circ\text{C}$) e a umidade relativa do ar UR (%). A disponibilidade destes registros é de particular interesse entre 00h e 07h, período ao longo do qual não são efetuadas leituras diretas com o barômetro de mercúrio e o psicrômetro. A comparação destes registros com as respectivas avaliações de pressão atmosférica, de temperatura do ar e de umidade relativa do ar às 00h e 07h permite a redução de erros sistemáticos inerentes à operação daqueles três instrumentos ao longo da madrugada. Entre 01h e 06h, a pressão parcial do vapor d'água é dada por

$$e' = \frac{UR}{100} ew'(P, T) \quad \text{[hPa]} \quad (\text{eq. 3.11})$$

sendo $ew'(P, t)$ a pressão parcial de saturação do vapor d'água à temperatura do ar. A disponibilidade de avaliações de e' permite a obtenção dos valores assumidos pela temperatura de ponto de orvalho e pela umidade específica do ar, mediante as mesmas expressões aplicadas entre 07h e 24h.



3. IRRADIAÇÃO SOLAR GLOBAL MÉDIA DIÁRIA

A quantidade de energia radiante que atinge uma superfície plana, por unidades de área e de tempo é denominada irradiância, sendo expressa em W/m^2 no Sistema Internacional de unidades. A integração de irradiâncias sobre um determinado período de tempo é denominada irradiação média. A irradiância solar global compreende quantidades de energia radiante provenientes do disco solar aparente bem como de todo o céu situado acima da superfície horizontal de interesse. A irradiação solar global média diária envolve a integração, ao longo de todo o período diurno, de valores instantâneos da irradiância solar global. O procedimento de avaliação da irradiação solar global diária incidente à proximidade do solo, a partir de registros obtidos com o actinógrafo Fuess 58d foi modificado em 1998, no intuito de se eliminar erros sistemáticos. O procedimento atual é descrito a seguir.

A irradiação solar global diária Q resulta do produto de três quantidades,

$$Q = k \cdot A \cdot f \quad [J/m^2] \quad (\text{eq. 4.1})$$

sendo k um fator de calibração do instrumento; A área compreendida entre a linha do registro e a linha horizontal dos valores mínimos do registro durante o período; e f um fator de correção sazonal. O fator k é numericamente igual à irradiação solar global diária por unidade de área integrada entre aquelas linhas e, no procedimento atual, vale

$$k = 1,022 \times 14,25$$

sendo $1,022$ um fator adimensional de conversão entre duas escalas radiométricas, a *World Radiometric Reference Scale* (Fröhlich, 1991), atualmente em vigor e a *International Pyrheliometric Scale* (Thekaekara, 1976) à qual o instrumento foi originalmente calibrado em 1960, e $14,25$ o fator de calibração fornecido pelo fabricante, em cal/cm^2 de energia radiante por centímetro quadrado de área integrada. Posteriormente, o fator k é convertido de cal/cm^2 para J/m^2 . O fator f na expressão da irradiação solar global diária Q corresponde a uma correção sazonal proposta pelo fabricante do instrumento, que apresenta a seguinte aproximação:

$$f = 0,734 + 0,00641 \cdot h_o - 0,000033 \cdot h_o \cdot h_o \quad [\text{adimensional}] \quad (\text{eq. 4.2})$$

sendo h_o a elevação solar no instante da passagem meridiana (meio-dia solar), que é expressa por:

$$h_o = \frac{\alpha \sin(\sin \varphi \sin \delta_o + \cos \varphi \cos \delta_o) \times 180^\circ}{\pi} \quad [\text{graus}] \quad (\text{eq. 4.3})$$

sendo φ a latitude do ponto de observação e δ_o a declinação solar para a data de interesse. A declinação solar se refere ao ângulo formado entre a linha que liga o centro do sol ao centro da terra e o plano do Equador, e pode ser calculada de acordo com a expressão abaixo, conforme Paltridge e Platt, 1976.

$$\delta_o = \left[\begin{array}{l} 0,006918 - 0,399912 \cos \Theta_n + 0,070257 \sin \Theta_n - 0,006758 \cos (2\Theta_n) + \\ + 0,000907 \sin (2\Theta_n) - 0,002697 \cos (3\Theta_n) + 0,00148 \sin (3\Theta_n) \end{array} \right] \times \frac{180^\circ}{\pi} \quad \dots [\text{graus}] \quad (\text{eq. 4.4})$$

$$\Theta_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot dn}{365} \quad [\text{adimensional}] \quad (\text{eq. 4.5})$$

sendo dn uma variável inteira associada à data de interesse, assumindo o valor zero para o dia primeiro de janeiro, o valor 365 para o dia 31 de dezembro, e – em anos bissextos – o mesmo valor para os dias 28 e 29 de fevereiro. Maiores informações sobre estas aproximações podem ser obtidas em Paltridge e Platt, 1976 (pp.57-63) e Davies, 1982; Kiehl et al., 1996.

Avaliações da irradiação solar global diária são posteriormente submetidas a duas interpretações. A primeira delas, procura referir tais avaliações àquelas que seriam efetuadas por um instrumento sensível a uma região mais larga do espectro solar, mais explicitamente por um piranômetro dotado de cúpulas Schott WG295. Valores desta “estimativa piranômetro” Q' são obtidas aplicando-se a seguinte relação:



$$Q' = 7,86 + 1,25 \cdot Q \quad [\text{J/m}^2] \quad (\text{eq. 4.6})$$

derivada a partir de observações simultâneas efetuadas entre julho e dezembro de 1976 com o actinógrafo Fues 58d em uso, e um piranômetro espectral Eppley, ambos calibrados em relação à *International Pyrheliometric Scale*. A segunda interpretação efetuada para avaliações de Q , ocorre em termos da transmissão global diária da atmosfera, ou seja, do quociente entre a irradiação solar global diária observada à proximidade do solo e aquela que seria observada se o instrumento estivesse instalado acima da atmosfera terrestre. Esta última quantidade pode ser expressa como (Paltridge e Platt, 1976, pp. 66-67):

$$Q_0 = \left(\frac{1}{d}\right)^2 \cdot E_0 \cdot [2 \cdot H \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta_0 + 2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin H] \cdot \frac{86400^S}{360^\circ} \quad [\text{J/m}^2] \quad (\text{eq. 4.7})$$

sendo d o fator de correção da distância Terra-Sol em unidades astronômicas para a data de interesse que pode ser calculada a partir da seguinte aproximação polinomial (Paltridge e Platt, 1976, pp.57-63):

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{d}\right)^2 = & 1,000110 + 0,034221 \cdot \cos \Theta_n + 0,001280 \cdot \sin \Theta_n \quad [\text{adimensional}] \\ & - 0,000719 \cdot \cos (2\Theta_n) + 0,000077 \cdot \sin (2\Theta_n) \end{aligned} \quad (\text{eq. 4.8})$$

E_0 é a constante solar corrigida segundo às características do instrumento empregado na avaliação de Q . A constante E_0 na expressão da irradiação solar diária no topo da atmosfera, Q_0 , pode ou não ser adaptado às características espectrais do instrumento empregado na avaliação da irradiação solar global diária Q . No procedimento atual, valores da transmissão global diária da atmosfera são obtidos empregando-se Q' , ao invés de Q , e considerando-se na avaliação de Q_0 o valor

$$E_0 = 1367 [\text{W/m}^2],$$

empregado em modelos numéricos de circulação geral, concebidos para estudos climáticos (Kiehl et al., 1996) e compatível com observações efetuadas por radiômetros instalados em satélites artificiais (Mecherikunnel, 1996).

e finalmente, H representa o ângulo horário no momento do ocaso solar (pôr-do-sol), e é dado por:

$$H = \arccos (-\tan \varphi \cdot \tan \delta_0) \quad [\text{adimensional}] \quad (\text{eq. 4.9})$$

O procedimento descrito acima foi introduzido paulatinamente ao longo do ano de 1998, sendo desde então, seguido na organização de dados atuais e passados nos arquivos **solar**, *Anexo II*



4. INSOLAÇÃO RELATIVA DIÁRIA

Denominamos insolação diária com sendo a duração diária do brilho solar, ou seja, o número de horas entre o nascer e o ocaso do disco solar aparente ao longo das quais a irradiância solar foi capaz de promover a queima da fita de papel concebida para o heliógrafo. A insolação relativa diária constitui o quociente entre a insolação diária e seu respectivo limite teórico, avaliado a partir de informações relativas à posição do disco solar aparente e à localização geográfica do ponto de observação.

O procedimento de avaliação deste limite foi modificado em 1998, no intuito de se eliminar erros sistemáticos. Os efeitos da refração atmosférica (¹) foram desprezados, e a duração teórica do brilho solar N (em horas) passou a ser avaliada como:

$$N = 2 \cdot \text{acos}(-\tan\varphi \cdot \tan\delta_0) \cdot \frac{12\text{h}}{\pi} \quad (\text{eq. 5.1})$$

sendo φ a latitude do ponto de observação e δ_0 o valor da declinação solar para a data de interesse, obtido mediante uma aproximação polinomial de uso freqüente na comunidade meteorológica, item 4, equação 4.4.

¹ Esta alteração introduzida, não é a mais correta, pois há um ganho de 4 minutos de luz diária no nascer, e mais 4 minutos no ocaso, devido exatamente à existência da refração, e que corresponde a meio disco solar no nascer, e meio disco solar no ocaso.



5. FORMATAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados durante o período de 1935 até o presente momento estão organizados sob a forma de quatro diferentes tipos de arquivos: precipitação (chuva); observações meteorológicas horárias (folha); radiação solar (solar); e vento. Para cada um destes arquivos, foi elaborado uma planilha padrão em Microsoft EXCEL a fim de facilitar a digitação e manipulação dos dados. A Tabela 1 apresenta um descrição dos arquivos do acervo de dados.

Tabela 1. Arquivos utilizados na organização do acervo de dados

Arquivos	Principais variáveis
“chuva”, anual	Totais horários de precipitação
“folha”, mensal	Valores horários de pressão atmosférica, temperatura do ar e umidade do ar <ul style="list-style-type: none"> valores horários (entre 07h e 24h) de visibilidade horizontal; tipo quantidade de nuvens baixas, médias e altas; direção predominante e velocidade média do vento horizontal; temperatura do solo; e evaporação totais de precipitação e valores extremos de temperatura do ar correspondentes a diversos períodos do dia
“solar” (de radiação solar), anual	Totais diários de irradiação solar global, seus respectivos valores que seriam observados por um piranômetro, e estimativas da transmissão global da atmosfera <ul style="list-style-type: none"> totais horários de duração do brilho solar, e estimativas da insolação relativa diária
“vento”, mensal	Direção predominante e velocidade média do vento entre cada hora inteira <ul style="list-style-type: none"> rajada máxima diária (direção e velocidade)

Toda a série histórica de precipitação encontra-se disponível em arquivo denominado **chuva**. Cada arquivo contém 12 páginas mensais contendo, dia a dia, os valores horários de altura (em milímetros de chuva) e de duração (estimativa do período com chuva em minutos). Em cada página mensal (Tabela 2) encontram-se disponíveis os totais diários e mensais, bem como uma comparação com as normais de 1933-1960, 1961-1990, e a média entre o período de 1933 e 2008. Cada arquivo contém ainda uma décima terceira página, que resume os totais diários.

O arquivo **solar** reúne informações pertinentes à análise dos registros actinográficos e heliográficos, ou seja, sobre a irradiação solar global diária e sobre a insolação relativa diária. A diagramação das páginas mensais, (Tabela 3), permite a comparação direta entre diversas quantidades, sejam elas decorrentes da análise de registros ou condições teóricas ideais. Adicionalmente estão contempladas mais quatro páginas que contém os valores diários e respectivos valores mensais da: (a) estimativa da irradiação solar global diária que seria medida com um piranômetro instalado à superfície (em MJ/m²); (b) transmissão global da atmosfera (em %); (c) duração diária do brilho solar (em horas); e (d) insolação relativa (em %).

O arquivo **vento** reúne diversas informações extraídas do anemograma diário. O grau de detalhamento alcançado pode ser apreciado na diagramação das páginas mensais destes arquivos, Tabela 4. Nestas páginas são apresentadas as seguintes informações relativas ao vento horizontal:

- dia a dia, entre cada hora inteira – direção predominante e velocidade média (em quilômetros percorridos numa hora por uma parcela de ar imaginária);
- dia a dia – direção predominante diária, ou seja aquela que se mostrou a mais freqüente ao longo do dia, prevalecendo aquela com maior velocidade média em caso de empate;
- dia a dia – velocidade média diária, reunindo-se todas as direções;
- dia a dia – máximo valor diário da velocidade média horária, reunindo-se todas as direções;
- dia a dia – velocidade instantânea (em metros por segundo) associada à rajada máxima diária, e respectiva direção;
- para o mês – direção predominante, ou seja aquela que se mostrou a mais freqüente ao longo do mês, prevalecendo aquela com maior velocidade média em caso de empate;
- para o mês – velocidade média mensal, reunindo-se todas as direções;
- para o mês – máximo valor mensal da velocidade média horária, reunindo-se todas as direções;
- para o mês – velocidade instantânea associada à rajada máxima mensal, e respectiva direção.



O arquivo **folha** reúne informações sobre todas as variáveis meteorológicas observadas que não estão organizadas nos arquivos **chuva**, **solar** e **vento**. A diagramação das páginas diárias do arquivo **folha** foi modificada em 2000, deixando de representar a folha (de papel) empregada na síntese das observações efetuadas pelo corpo técnico. Em sua configuração atual, o arquivo **folha** contém duas páginas dedicadas para cada dia do calendário. A primeira destas duas páginas (Tabela 4A), resume todas as informações observadas pelos observadores entre 07h e 24h além dos totais horários de evaporação. A segunda destas páginas (Tabela 4B) contém, além de quase todas as informações apresentadas na página anterior, o cálculo de outras variáveis: pressão atmosférica corrigida a temperatura de 0°C e a gravidade normal, pressão de vapor e pressão de vapor de saturação, temperatura do ponto de orvalho, umidade específica. Adicionalmente, as medidas dos registradores automáticos (barógrafo, termógrafo e higrógrafo) são inseridas para as medidas relativas durante o período da 1 às 6 horas. Assim, a primeira página trata apenas de observações, enquanto que a segunda reúne todas as informações de interesse, sejam elas fruto de observação, registradores e de cálculo. Esta dupla paginação também permite que todo o formulário de cálculo, célula a célula, seja colocado sob uma única senha com o objetivo que estes dados sejam somente modificados ou atualizados pela equipe da estação meteorológica. Além destas páginas diárias, o arquivo **folha** contém 19 outras páginas que apresentam as seguintes informações:

- dia a dia, hora a hora – pressão atmosférica à gravidade normal, temperatura do ar, umidade relativa do ar, e umidade específica do ar;
- dia a dia, hora a hora entre 07h e 24h – visibilidade horizontal; tipo de nuvens baixas, médias e altas; quantidade de nuvens baixas, médias e altas; cobertura total de nuvens; temperatura da superfície do solo; e temperatura do solo a 5, 10, 20, 30 e 40 centímetros de profundidade;
- dia a dia – todas as leituras efetuadas com os termômetros de máxima e de mínima (temperatura do ar); todas as leituras efetuadas com os três pluviômetros e com o pluviógrafo (07h, 14h, 21h e 24h); e totais diários de evaporação.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Davies, R. – 1982 – “Documentation of the Solar Radiation Parameterization in the GLAS Climate Model”. NASA Tech. Memo. No.83961, 57pp., Goddard Space Flight Center, Greenbelt.
- Fröhlich, C. – 1991 – History of solar radiometry and the World Radiometric Reference. *Metrologia*, 28: 111-115.
- Kiehl, J.T., J.J. Hack, G.B. Bonan, B.A. Boville, B.P. Briegleb, D.L. Williamson & P.J. Rasch – 1996 – “Description of the NCAR Community Climate Model (CCM3)”. Publ. NCAR/TN-420+STR, 152pp., National Center for Atmospheric Research, Boulder.
- Mecherikunnel, A.T. – 1996 – Solar total irradiance observations from spacecraft: 1992-1993. *Journal of Geophysical Research*, 101(A8): 17073-17079.
- Paltridge, G.W. & Platt, C.M.R. – 1976 – “Radiative Processes in Meteorology and Climatology”. Elsevier.
- Marques dos Santos, P. – 1964 – “O Serviço Meteorológico do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo”. IAG-USP, São Paulo (re-impreso em 1998).
- Thekaekara, M.P. – 1976 – Solar radiation measurement: techniques and instrumentation. *Solar Energy*, 18: 309-325.
- WMO – 1994 – “Guide to Hydrological Practices (4th Edition)”. Geneva, World Meteorological Organization, publicação WMO No. 168.
- WMO – 1996 – “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (6th Edition)”. Geneva, World Meteorological Organization, publicação WMO No. 8.



ANEXO 1

Tabela 5 - Indicação dos horários de observação da Estação Meteorológica desde 1933.

	1933 (1)	1933 (2)	1935-1945	1945-1948	1948-1949	1950-1957	1958- Presente
Visibilidade Horizontal							X
Nebulosidade	X	X	X	X	X	X	X
Fenômenos Diversos	X	X	X	X	X	X	X
Vento Horizontal	X	X	X	X	X	X	X
Pressão Atmosférica	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura do Ar	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura do Ar Mínima	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura do Ar Máxima	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura do Bulbo Úmido	X	X	X	X	X	X	X
Umidade do Ar	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura do Solo							X
Evaporação	X	X	X	X	X	X	X
Precipitação	X	X	X	X	X	X	X
Irradiância Média Diária							X
Duração do Brilho Solar	X	X	X	X	X	X	X

1933(1) - Observações horárias entre 7 e 10 horas e das 12 às 15 horas;

1933(2) - Observações adicionais às 21 e 24 horas em março e julho respectivamente;

1935-1945 - De janeiro de 1935 a outubro de 1945: observações horárias das 7 às 22 horas.

1945-1948 - Novembro de 1945 a agosto de 1948: observações horárias das 7 às 14 horas e às 21 horas; 1948-

1949 - Setembro de 1948 a dezembro de 1949: observações horárias das 7 às 22 horas;

1950-1957 e 1958-2008- A partir de janeiro de 1950 até o presente: observações horárias das 7 às 24 horas;

Tabela 6 - Descrição dos instrumentos utilizados pela Estação Meteorológica e ano de utilização.

Variável Meteorológica	Tipo/Modelo do Instrumento	Início da Observação	Término da Observação
Pressão Atmosférica			
	Barômetro de mercúrio com cuba fixa - Tonnelot no 2405	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Barógrafo semanal - Richard	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Barógrafo de mercúrio com tambor de rotação diária - Richard	1935	Dezembro/1957
	Barômetro de mercúrio de cuba fixa tipo Kew - Fuess no 1010	Julho/1957	Até o presente momento
	Microbarógrafo com 15 cápsulas aneróides com rotação diária - Fuess	Abril/1962	Até o presente momento
	Barógrafo com 6 cápsula aneróides com rotação semanal - Lambrecht	Julho/1957	Até o presente momento
Temperatura do Ar (Bulbo seco) e Bulbo Úmido			
	Psicrômetro de August estático - Tonnelot	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Termógrafo diário e semanal - Richard	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Psicrômetro de aspiração tipo Assmann com motor elétrico - Fuess	Julho/1957	Até o presente momento



	Termógrafo de anel bimetalico com rotação semanal - Lambrecht	Julho/1957	Dezembro/1979
	Psicrômetro de Assmann - Fuess	Julho/1957	Até o presente momento
	Termógrafo de anel bimetalico com rotação diária - Fuess, modelo 79, no. F-2243	Junho/1979	Até o presente momento
Temperatura Mínima e Máxima			
	Termômetro de máxima com capilar de mercúrio - Fuess e Termômetro de mínima com capilar de álcool - Fuess	Julho/1957	Até o presente momento
Umidade Relativa			
	Higrógrafo semanal - Fuess	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Higrógrafo com tambor de rotação diária - Richard	1935	Dezembro/1952
	Higrógrafo com tambor de rotação diária - Fuess	Julho/1957	Até o presente momento
Brilho Solar			
	Heliógrafo de Campbell - H. Pelin	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Heliógrafo Campbell - Lambrecht	Julho/1957	Até o presente momento
Irradiância Total Diária			
	Actinógrafo bimetalico de Robitzch com rotação diária - Fuess	Julho/1957	Dezembro/1960
	Actinógrafo bimetalico de Robitzch com rotação diária – 58d	Janeiro/1961	Até o presente momento
Orvalho			
	Orvalhografo de Hiltner com rotação diária - Lambrecht	Julho/1957	Dezembro/1997
Termômetro de Solo			
	Geotermômetro - Fuess	Julho/1957	Até o presente momento
	Geotermógrafo a distância com tubo capilar de mercúrio, com rotação diária - Lambrecht	Julho/1957	Até o presente momento
Evaporímetro			
	Evaporímetro de Wild - Fuess	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Evaporímetro de Piche - Tonnelot	Novembro/1932	Até o presente momento
	Evaporímetro de Wild com rotação diária - Lambrecht	Julho/1957	Dezembro/1997
	Evaporímetro de Piche - Tonnelot	Julho/1957	Até o presente momento
Vento			
	Catavento de Wild - Fuess	Novembro/1932	Até o presente momento
	Anemógrafo diário de Robinson - Richard	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Anemocinemógrafo diário - Richard	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Anemógrafo universal 82a com rotação diária - Fuess	Julho/1957	Até o presente momento
Precipitação			
	Pluviômetro tipo Paulista	Novembro/1932	Até o presente momento
	Pluviógrafo diário de Hellman - Fuess	Novembro/1932	Dezembro/1957
	Pluviômetro tipo "Ville de Paris"	Julho/1957	Dezembro/2008
	Pluviômetro tipo Paulista	Julho/1957	Até o presente momento
	Pluviógrafo de Hellmann com rotação diária - Lambrecht	Julho/1957	Até o presente momento



	Pluviômetro tipo "Ville de Paris" com adaptação de bocal do Paulista	Dezembro/2008	Até o presente momento
--	--	---------------	------------------------

