

# DETERMINAÇÃO DE UM ANO METEOROLÓGICO TÍPICO PARA FLORIANÓPOLIS – SC

**Eduardo WEIDE LUIZ[1], Fernando RAMOS MARTINS[2], Enio BUENO PEREIRA[2], Nelson JORGE SCHUCH[3]**

[1] Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)  
eduardo.lui@cpfec.inpe.br

[2] Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST/INPE)

[3] Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE)

**Resumo.** As variáveis climáticas mudam significativamente de ano para ano e, desta forma, a geração de um Ano Meteorológico Típico para representar um longo período de dados é de crucial importância para o setor energético. O Ano Meteorológico Típico permite aplicar o conhecimento da climatologia local nos procedimentos para avaliação, projeto, planejamento e operação de plantas de geração a partir de fontes renováveis. Este trabalho tem como objetivo gerar um ano típico meteorológico para a cidade de Florianópolis, SC utilizando dados meteorológicos horários de 2000 a 2010 com base no método de Sandia National Laboratories. A metodologia desenvolvida por Hall et al. (1978), foi adaptada para possibilitar a determinação dos 12 meses típicos do ano a partir da disponibilidade dos dados de campo da estação solarimétrica com a série de dados históricos mais longa do Brasil.

**Abstract.** The knowledge on climate interannual variability is essential for development of renewable energy applications. The Typical Meteorological Year (TMY) is a tool used to represent the local climate based on ground data series long enough to characterize the most basic meteorological variables. This work aims to generate a Typical Meteorological Year for Florianópolis, SC, by using weather ground data acquired from 2000 to 2010 at SONDA site located in Florianópolis. The Sandia National Laboratories method was used to generate the TMY. Florianópolis site presents the longest high quality data series in Brazil. In the method, developed by Hall et al. (1978), typical months for each 12 months of the year are selected by choosing the one with the smallest deviation from the cumulative distribution function for the entire period of available data.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia solar, assim como a energia eólica, apresenta uma variabilidade temporal bastante elevada associada com a variação das condições meteorológicas de forma que o conhecimento das características climatológicas de uma região é de extrema importância para o desenvolvimento de projetos para exploração de ambas as fontes de energia. Atualmente no Brasil, o Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais) tem o

objetivo de gerar uma base de dados solarimétricos e meteorológicos que atenda a essa demanda de informações.

De acordo com Wilcox S. et al. (2008), como o clima pode variar significativamente de ano para ano, um banco de dados representativo da climatologia, com a duração superior a um ano, é necessário a fim de investigar a variabilidade interanual dos dados.

Um procedimento adotado com bastante êxito em projetos de plantas de exploração da energia solar é o Ano Meteorológico Típico (ou Typical Meteorological Year). O Ano Meteorológico Típico (AMT) consiste na determinação estatística dos meses individuais de dados meteorológicos que melhor representam as condições meteorológicas tomando como base a climatologia de um período de 30 anos.

Sendo assim, o este trabalho foi desenvolvido com objetivo de aplicar essa metodologia para a determinação do “Ano Meteorológico Típico - AMT”, para a localidade de Florianópolis (SC). Entretanto, em virtude da falta de uma série de dados observados com extensão de 30 anos, a metodologia foi empregada utilizando uma série de dados observados na estação da rede SONDA no período de 10 anos entre os anos de 2000 e 2010.

## 2. METODOLOGIA

Em 1978, Hall et al. desenvolveu um método para criar um ano típico meteorológico (AMT). O método Sandia envolve a escolha de um mês característico da climatologia local, para cada um dos 12 meses do ano, entre 30 anos de dados coletados de forma consecutiva. Isto é feito comparando a Função de Distribuição Acumulada (CDF) de quatro variáveis meteorológicas para o mês de cada ano com a CDF do mesmo mês em todo o período de coleta dos dados. As variáveis meteorológicas utilizadas são a temperatura de bulbo seco, a temperatura de ponto de orvalho, a radiação global total diária e a velocidade do vento.

O método estatístico para avaliar a similaridade de cada mês de um ano específico com o conjunto de dados de todo o período é o de Finkelsteir-Schafer. O método baseia-se na diferença absoluta entre as duas CDF's, do mês em questão e para o mesmo mês de todos os anos conforme mostra a Equação (1).

$$FS_x(y, m) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |CDF_m(x_i) - CDF_{y,m}(x_i)| \quad (1)$$

onde  $CDF_m$  é a função de distribuição acumulada do mês  $m$  de todos os anos e  $CDF_{y,m}$  é a função de distribuição acumulada do mês  $m$  do ano  $y$ ,  $x$  é índice utilizado para as variáveis meteorológicas e  $N$  é o número de pontos da CDF utilizado. Em seguida, uma soma ponderada  $WS$  é calculada para selecionar os meses candidatos para o TMY, conforme a Equação (2),

$$WS(y, m) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M WF_x \cdot FS_x(y, m) \quad (2)$$

onde  $M$  é o número de variáveis meteorológicas consideradas e  $WF$  é o fator de ponderação para cada variável  $x$ .

A estação localizada em Florianópolis (SC) é uma das estações da rede SONDA e conta com uma gama completa de sensores solares e outras variáveis meteorológicas.

Neste trabalho serão apresentados resultados obtidos utilizando uma série histórica de 10 anos de dados coletados na estação SONDA localizada em Florianópolis, SC. Os dados referem-se ao período de 2000 até 2010. Como não havia disponível dados de velocidade do vento para a região em todos os anos da série histórica, essa variável foi substituída pela pressão atmosférica em superfície. Dados de umidade relativa foram utilizados para substituir a temperatura de ponto de orvalho.

Como mencionado anteriormente, a metodologia adotada neste estudo teve como base o método de Sandia e o processo de seleção dos 12 meses da TMY consistiu em três passos:

- Passo 1 – Para cada mês do ano, foram selecionados 5 meses que tenham a menor soma ponderada (WS) do método estatístico de Filkenstein-Schafer (FS) considerando 9 parâmetros: radiação global diária; valores de mínimo, máximo e média da temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica na superfície. Os fatores de ponderação (WF) foram utilizados de acordo com o sugerido por Argiriou et al. (1991) apud Skeiker (2006), sendo selecionados de acordo com a sua influência sobre a radiação global em superfície. Os fatores de ponderação utilizados são apresentados na Tabela 1.
- Passo 2 – Os 5 meses candidatos selecionados no Passo 1 foram classificados com base na proximidade da média e da mediana da temperatura do ar e radiação global diária de cada mês com a média e mediana do mesmo mês tomando em consideração todo o período de coleta de dados.
- Passo 3 – Para cada um dos 5 meses é observada a frequência da persistência (número de ocorrências) da temperatura do ar e radiação global diária e o número de dias consecutivos acima e abaixo de percentis estabelecidos conforme Argiriou et al. (1991). Para a temperatura do ar foi definido os percentis de 67% e 33° dos dados coletados no período de 10 anos considerados neste estudo. Para a radiação global diária, foi estabelecido apenas um percentil inferior em 33% considerando os dados coletados ao longo dos 10 anos. Dentre os meses restantes, aquele mês com melhor classificação obtida no passo anterior (Passo 2) é selecionado para fazer compor o AMT.

Tabela 1 - Fatores de ponderação (WF) utilizados para método de Sandia National Laboratories.

Parâmetros	$T_{Máx}$	$T_{Min}$	$T_{Med}$	$UR_{Max}$	$UR_{Min}$	$UR_{Med}$	$P_{Max}$	$P_{Min}$	$P_{Med}$	G
WF	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,04	0,50

Fonte: Argiriou A. et al (1991) apud Skeiker K. (2006) modificado.

### 3. RESULTADOS

Os meses selecionados para a composição final do Ano Meteorológico Típico foram Janeiro, Julho, Outubro e Dezembro de 2004, Fevereiro, Maio e Junho de 2006, Março e Setembro de 2000, Abril de 2008, Agosto de 2003 e Novembro de 2009. As figuras 1 e 2 apresentam os gráficos com comparações entre a mediana mensais para todo o período e a mediana mensal do TMY para a radiação global diária e temperatura do ar em superfície.

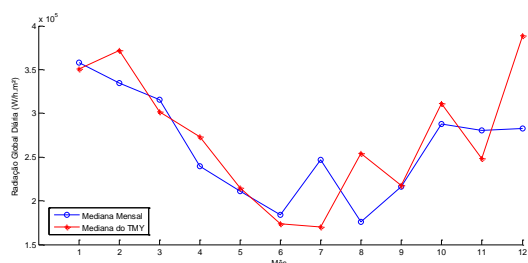


Figura 1 – Comparação entre a mediana mensal dos dados de radiação solar global diária coletados no período de 10 anos (em azul) com a mediana mensal apresentada no ano típico meteorológico (em vermelho).

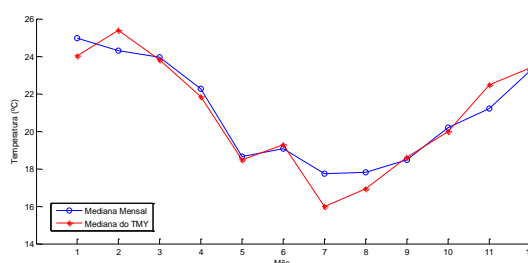


Figura 2 – Comparação entre a mediana mensal dos dados de temperatura do ar na superfície coletados no período de 10 anos (em azul) com a mediana mensal apresentada no ano típico meteorológico (em vermelho).

Analisando as Figuras 1 e 2, pode-se observar que a composição obtida para o Ano Meteorológico Típico representou bem a variação anual da mediana mensal de temperatura e de radiação solar. A discrepância maior ocorreu no mês de Julho para ambas as variáveis. Uma das possíveis causas pode estar relacionada ao menor número de dados disponíveis para o mês. Houve disponibilidade de dados confiáveis para o mês de Julho em apenas em 6 anos. No entanto, a proximidade do valor da mediana com o valor observado no ano típico não é obrigatória e depende da função de distribuição de probabilidade cumulativa obtida para a variável em análise. A mediana indica que 50% dos dados coletados apresentam valores abaixo da mediana. Em muitos casos, a mediana pode não corresponder ao valor típico da climatologia local. Pode-se perceber que o AMT apresenta grande concordância com os valores médios de temperatura e irradiação solar nas estações do outono e primavera.

Uma discrepância grande entre as medianas da irradiação solar global diária também foi registrada no mês de dezembro. Tal discrepância não é observada para a temperatura do ar na superfície. Uma investigação mais detalhada será realizada no intuito de avaliar as razões que possam levar a uma condição com esta.

#### **4. CONCLUSÕES**

A obtenção do Ano Meteorológico Típico (AMT) para uma região é de grande interesse e aplicação para muitos estudos e modelagens envolvendo aplicações da energia solar como aquecimento e refrigeração, e geração fotovoltaica. Para a determinação do AMT são necessárias informações meteorológicas que representem bem a climatologia regional ao longo de um ano e desta forma, devemos usar uma série temporal longa de dados coletados em superfície que atendam padrões de qualidade estabelecidos por organismos internacionais como a WMO (World Meteorological Organization). Neste trabalho, foi utilizada o método SANDIA para a determinação do AMT uma vez que a experiência demonstrada na literatura científica indica esta metodologia como a que apresenta melhores resultados em diversas localidades ao redor do mundo. Um período de 30 anos é a extensão recomendada para o estabelecimento e determinação do AMT.

No entanto, não existe até o momento no Brasil, nenhuma base de dados com tamanha extensão que atenda os critérios de qualidade necessários para a determinação do AMT conforme estabelecido na metodologia SANDIA. Atualmente, a série de dados mais longa disponível foi coletada na estação SONDA operada em parceria com o Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis. A série temporal utilizada neste estudo compreende dados coletados entre os anos de 2000 e 2010. Estudos mais detalhados para a adaptação do método de Sandia para obtenção do AMT devem ser realizados com o intuito de avaliar a confiabilidade das informações geradas para as condições brasileiras relacionadas à disponibilidade de dados e às características tropicais do clima de nosso país.

#### **REFERÊNCIAS**

- ARGIRIOU, A.; LYKOURIS, S., 1999. Comparison of Methodologies for TMY Generation Using 20 Years Data for Athens, Greece. *Solar Energy*;1.
- HALL, I.; PRAIRIE, R.; ADERSON, H.; BOES, E., 1978. Generation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stations. SAND78-1601. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER R., 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- SKEIKER, K., 2006. Comparison of Methodologies for TMY Generation Using 10 Years Data for Damascus, Syria. Damascus, Syria: Department of Scientific Services.
- WILCOX, S.; MARION, W., 2008. Users Manual for TMY3 Data Sets. National Renewable Energy Laboratory.