

## COMPARAÇÃO ENTRE ARQUIVOS CLIMÁTICOS DE IRRADIÂNCIA PARA ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO DE FACHADA EM BRASÍLIA-DF

**Vanda Zanoni (1); José Manoel Sánchez (2); Elton Bauer (3) Cláudia Amorim (4);**

(1) engenheira civil, doutoranda, vandazanoni@unb.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNB

(2) engenheiro civil, doutor, sanchez@unb.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNB

(3) engenheiro civil, doutor, elbauerlem@gmail.com, Faculdade de Engenharia Civil, UNB

(4) arquiteta, doutora, clamorim@unb.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNB

### RESUMO

O objetivo deste artigo é averiguar a representatividade dos arquivos climáticos a serem utilizados nas simulações computacionais higrotérmicas para os estudos de durabilidade das edificações na cidade de Brasília, por meio da análise dos desvios entre as médias mensais diárias da Irradiância Global Horizontal do arquivo climático TMY da base de dados EPW/ANTAC e da série 2001-2013 de dados horários registrados pelo INMET, na estação automática de superfície A001-Brasília. Investigando os arquivos climáticos de dados horários, buscou-se analisar o parâmetro climático radiação solar, visto que este é um dos mais importantes agentes de degradação de fachadas das edificações. A radiação solar influencia fortemente a temperatura superficial exterior e, conseqüentemente, o comportamento higrotérmico do sistema de fachada. A análise dos desvios entre os arquivos climáticos permitiu concluir que o TMY da base EPW-ANTAC apresenta valores discrepantes em relação à série 2001-2013 do INMET, principalmente nos meses mais chuvosos. Mas, quando analisadas as somatórias anuais das médias mensais diárias da irradiância solar, verifica-se que a diferença é de apenas 2%. Quando analisados os períodos, verifica-se que no período chuvoso o desvio entre os arquivos climáticos é de cerca de 1% e no período seco é de 3%.

Palavras-chave: arquivos climáticos, radiação solar, agentes de degradação, fachadas.

### ABSTRACT

The purpose of this article is to analyze the representativeness of climate files to be used in hygrothermal computer simulations for durability studies in Brasilia, by comparison of the daily monthly average of Global Horizontal Irradiance from TMY-EPW/ANTAC and the 2001-2013 series of hourly data recorded by INMET, by the automatic weather stations A001-Brasilia. When investigating hourly climate files, we analyzed the climatic parameter "solar radiation", as this is one of the most important agents of degradation on buildings facades. The solar radiation strongly influences the sol-air temperature and consequently the outside surface temperature and hygrothermal behavior of the facade system. The comparative analysis between climatic files concluded that the climate file TMY-EPW/ANTAC has differing values in relation to the 2001-2013/INMET series, mainly in the rainy months. However, when comparing the annual sums of the daily monthly average of solar radiation, it appears that the difference is only 2%. When comparing the periods, it appears that in the rainy season, the difference between climate archives is about 1% and in the dry period is 3%.

Keywords: climate files, agents of degradation, degradation of facade, solar radiation.

## **1. INTRODUÇÃO**

As ações externas de origem climática estão entre os principais agentes de degradação que aceleram o envelhecimento natural das edificações. O processo de degradação das fachadas é fortemente influenciado pelas condições de exposição ao ambiente exterior, principalmente à ação da radiação solar (BAUER et al., 2015).

A pesquisa na área de degradação requer seleção de parâmetros de acordo com a natureza do problema a ser investigado e do tipo de clima (DIN EN 15026, 2007). Por falta de norma ou outra referência técnica brasileira, é muito comum observar que os estudos na área de durabilidade das edificações adotam valores máximos ou extremos para os parâmetros climáticos (temperatura, radiação, etc.) buscando assim, contemplar a situação mais crítica de projeto. Diferentemente do que ocorre nas pesquisas das áreas de energia solar, eficiência energética e conforto ambiental, os estudos brasileiros sobre durabilidade das edificações não dispõem de critérios específicos sobre seleção de dados climáticos para serem aplicados nas investigações sobre degradação das edificações.

Para selecionar um arquivo climático para os estudos de degradação de fachadas por meio de programas de simulação computacional é preciso conhecer como o arquivo foi gerado, quais foram as bases de dados que o alimentaram e a representatividade dos dados no contexto climático em estudo. Um ano climático típico ou de referência, com 8760 horas para simulação computacional, deve ser característico do clima local, condição essencial para a confiabilidade dos resultados.

Uma das variáveis climatológicas mais difíceis de ser obtida com confiabilidade e precisão, por meio de medição em estações automáticas, é a radiação solar (INMET, 1999). Os problemas que ocorrem com os sensores de radiação, além das questões logísticas e relacionadas à manutenção, podem gerar significativa incidência de dados nulos ou espúrios.

A radiação solar influencia fortemente a temperatura superficial exterior e, conseqüentemente, o comportamento higrotérmico do sistema de fachada, tornando-se um dos mais importantes agentes de degradação das fachadas das edificações. Neste contexto, a irradiância solar global horizontal foi o parâmetro selecionado para os estudos apresentados neste artigo.

## **2. OBJETIVO**

O principal objetivo deste estudo foi comparar a Irradiância Global Horizontal Diária do arquivo climático TMY da base de dados EPW/ANTAC (RORIZ, 2012) com o arquivo de dados horários registrados pelo INMET, medidos pela estação automática de superfície A001-Brasília, durante os anos de 2001-2013 (13 anos de dados horários).

## **3. MÉTODO**

Para este estudo comparativo da representatividade da irradiância solar global do arquivo climático TMY – EPW/ANTAC para Brasília, foram tomados como base para a análise os arquivos de dados climáticos registrados pelo INMET pela estação automática A001 – Brasília.

Para analisar os desvios entre o TMY - EPW/ANTAC e a série 2001-2013/INMET, foi adotada a mesma metodologia de análise comparativa das diferenças entre as médias utilizada por Scheller et al. (2015), quando compararam cinco arquivos climáticos utilizados em simulações termo-energéticas.

Em 2015, Scheller et al. publicaram um relatório contendo uma análise comparativa entre o Atlas SWERA, o Atlas IRENA e mais três arquivos climáticos utilizados nas simulações termo-energética de edificações para climas brasileiros, identificados como TRY (Test Reference Year), SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) e TMY (Typical Meteorological Year) da base EPW/ANTAC (este último, objeto de análise deste estudo).

A estação automática A001-Brasília entrou em funcionamento em maio de 2000 e foi a primeira estação automática de superfície do INMET. Os dados do ano 2000 estão incompletos e, portanto, foram descartados. Foi considerada a série 2001-2013, portanto, 13 anos de dados registrados.

O INMET tem como norma padrão realizar um controle de qualidade dos dados antes da sua publicação. Mesmo assim, o INMET alerta que esses arquivos climáticos contêm dados que ainda não foram consolidados, isto é, estão disponíveis para o público em geral, mas ainda não sofreram o tratamento necessário para se tornarem dados das Normais Climatológicas como série representativa de dados climáticos padronizados.

A série 2001-2013, com 13 anos de dados, possui 113880 horas de registros de radiação solar, isto é, são 8760 horas registradas por ano. Verificou-se que cerca de 10,65% dos dados registrados de radiação solar são nulos (NULL).

Para identificar dados espúrios, foram verificados os valores extremos. Conforme teste de range apresentado por Pittigliani (2000), podem ser considerados como dados inconsistentes de radiação solar os valores acima de 1355 W/m<sup>2</sup> e abaixo de zero W/m<sup>2</sup>. O critério de Pittigliani (2000) foi adotado por Roriz (2012) para a revisão do TMY - EPW/ANTAC.

Mas, para este artigo, foi considerado o critério proposto por Zahumenský (2004) para a WMO-World Meteorological Organization que adota como dados suspeitos os valores para radiação solar que não estejam entre 0 e 1600 W/m<sup>2</sup>, quando registrados por estações climáticas automáticas (AWS- Automatic Weather Stations). Além disso, devem ser considerados dados suspeitos as variações horárias (diferenças entre dois registros horários consecutivos) acima de 800 W/m<sup>2</sup> (WMO, 2007).

Em 13 anos de dados horários, foram encontrados cerca de 0,80%, de valores de radiação solar acima de 1600 Wh/m<sup>2</sup>, que podem ser considerados como dados espúrios. Esses valores foram removidos do arquivo climático da série 2001-2013/INMET.

A Figura 1 exemplifica os dados horários do mês de abril da série 2001-2013, antes e depois do tratamento. A Figura 2 mostra 13 anos de dados horários da irradiância solar global horizontal, após serem removidos os valores horários que não atenderam aos critérios estabelecidos para o controle da qualidade.

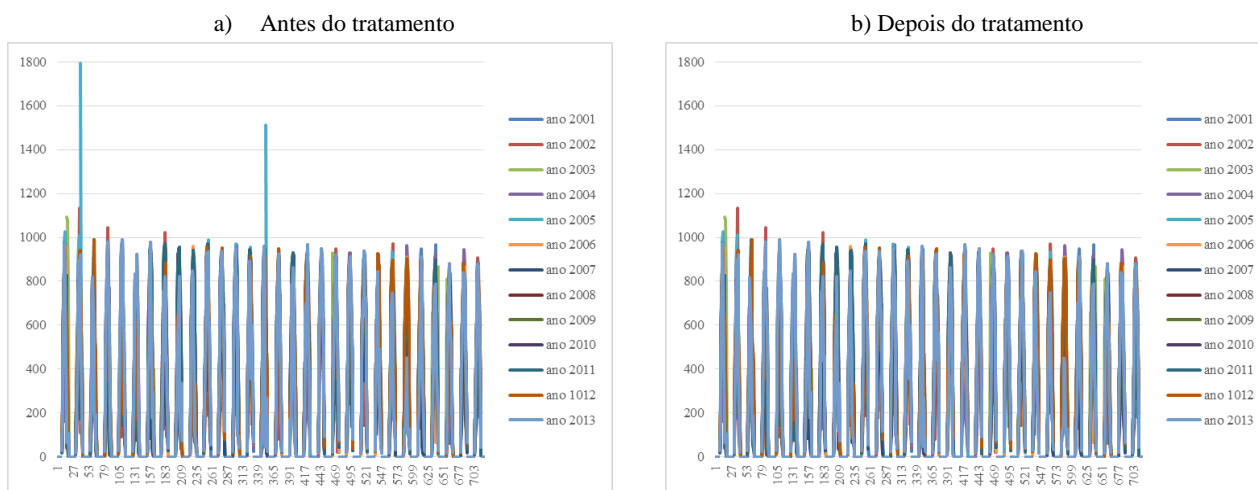


Figura 1 - Exemplo dos dados climáticos de irradiância solar global horizontal diária (Wh/m<sup>2</sup>), para o mês de abril da série 2001-2013/INMET: a) antes do tratamento, mostrando os dados espúrios ou inconsistentes; b) resultado depois dos dados tratados.

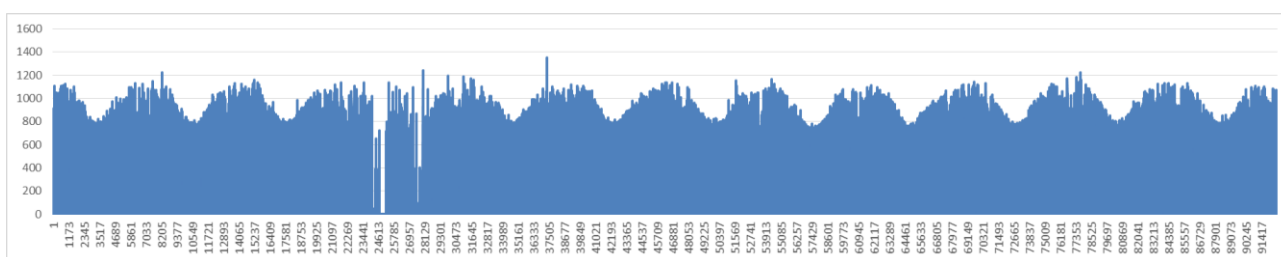


Figura 2 - Irradiância solar global horizontal horária (Wh/m<sup>2</sup>), após a remoção de dados nulos e espúrios, em 13 anos de dados horários registrados pela estação A001-Brasília.

Após esse primeiro controle de qualidade dos dados, foi feita a média diária da irradiância solar para os 4745 dias da série 2001-2013. Essas médias diárias geraram o gráfico da Figura 3.

Avaliando os extremos superiores da série, não foi observado nenhum valor acima de 9000 Wh/m<sup>2</sup>.

Ao avaliar os extremos inferiores, observou-se que sequências de valores nulos ou removidos pelo controle de qualidade afetavam as médias diárias.

Por isso, foi feita uma verificação da série (ver Figura 3), identificando a faixa de valores que alteravam o comportamento esperado da série, estabelecendo como valor de corte as médias diárias abaixo de 2000 Wh/m<sup>2</sup>.

A Figura 4 mostra o resultado final obtido para a série, após os controles de qualidade para erros grosseiros.

No geral, foram encontrados cerca de 13% de valores considerados espúrios para as médias diárias. Após o tratamento dos dados, cerca de 87% das médias diárias foram consideradas aprovadas. Optou-se por não interpolar ou preencher sequências de dados nulos ou lacunas deixadas por dados espúrios.

A Figura 3 mostra os valores médios diários da irradiância solar global horizontal para 13 anos de dados da série 2001-2013 medidos pela estação automática de superfície A001 do INMET, antes do controle de qualidade.

A Figura 4 apresenta os valores médios diários da irradiância solar global horizontal após o controle de qualidade que removeu todos os valores médios diários abaixo da faixa limite de 2000 Wh/m<sup>2</sup>.

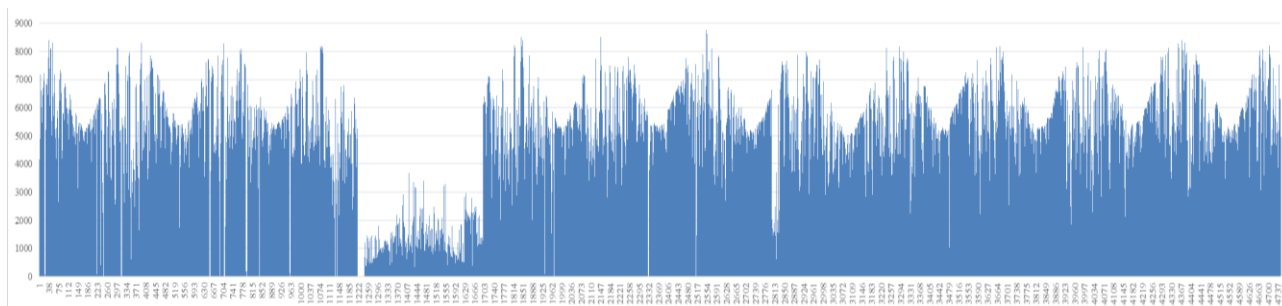


Figura 3 - Irradiância solar global horizontal diária (Wh/m<sup>2</sup>) para 13 anos de dados registrados pela estação A001-Brasília.

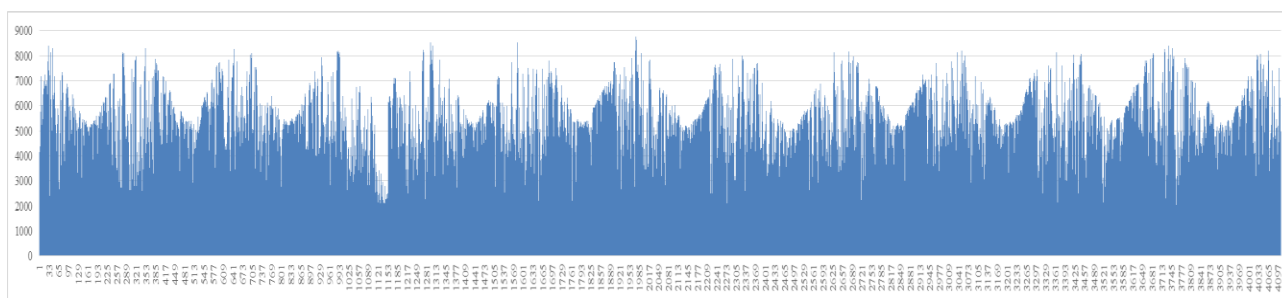


Figura 4 - Irradiância solar global horizontal diária (Wh/m<sup>2</sup>), após a remoção de valores abaixo da faixa limite de 2000 Wh/m<sup>2</sup>, para 13 anos de dados registrados pela estação A001-Brasília.

#### 4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva do ano climático TMY da base de dados EPW/ANTAC (RORIZ, 2012) e do arquivo climático da série 2001-2013/INMET para a variável irradiância global horizontal. Para as análises comparativas, os arquivos foram agrupados por ano e por período (seco e chuvoso).

Tabela 1 – Estatística descritiva dos arquivos climáticos TMY-EPW/ANTAC e série 2001-2013/INMET, para a variável Irradiância Global Horizontal para Brasília.

	TMY Anual	Série 2001-2013 Anual	TMY Chuvoso	Série 2001-2013 Chuvoso	TMY Seco	Série 2001-2013 Seco
Média	5,06	5,16	5,10	5,16	5,01	5,17
Desvio padrão	0,56	0,29	0,77	0,17	0,31	0,40
Variância da amostra	0,318	0,088	0,599	0,031	0,097	0,164
Curtose	0,078	-0,384	-1,720	-0,659	0,338	-1,784
Assimetria	0,990	0,666	0,806	-0,180	0,694	0,700
Observações	12	12	6	6	6	6

Foram verificadas as normalidades das amostras para  $P_{valor} > 0,05$ , constatando que as amostras são oriundas de uma distribuição normal, possibilitando aplicar os testes para variância e selecionar os testes de hipótese. Para as amostras correspondentes ao período anual e período chuvoso, os testes rejeitaram a hipótese de igualdade de variância. Para o período seco, as evidências estatísticas não mostraram diferenças significativas entre as variâncias.

Baseado nas variâncias das amostras, para o período anual e período chuvoso, foi aplicado o Teste T: duas amostras presumindo variâncias diferentes. Para o período seco foi aplicado o Teste T: duas amostras presumindo variâncias equivalentes.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes T realizados para duas amostras com variâncias diferentes (para os grupos período anual e chuvoso) e variância equivalente (grupo período seco).

Observa-se que  $P_{valor} > 0,05$ , mostrando que não existem evidências estatísticas de diferenças significativas entre as médias dos dois arquivos analisados, quando considerados a média do grupo anual e as médias nos grupos período seco e período chuvoso.

Tabela 2 – Resultados estatísticos dos testes de hipótese: Teste T para duas amostras.

	TMY Anual	Série 2001-2013 Anual	TMY Chuvoso	Série 2001-2013 Chuvoso	TMY Seco	Série 2001-2013 Seco
	Variâncias diferentes		Variâncias diferentes		Variâncias equivalentes	
Média	5,06	5,16	5,10	5,16	5,01	5,17
Variância	0,318	0,088	0,599	0,031	0,097	0,164
Observações	12	12	6	6	6	6
Variância agrupada					0,130	
Hipótese da diferença de média	0		0		0	
gl	17		6		10	
Stat t	-0,569		-0,179		-0,726	
P(T<=t) uni-caudal	0,288		0,4315707		0,242	
t crítico uni-caudal	1,739		1,9431803		1,812	
P(T<=t) bi-caudal	0,576		0,863		0,484	
t crítico bi-caudal	2,109		2,446		2,228	

Nem sempre a média anual é um bom indicador para a análise do comportamento sazonal das séries temporais. Por esta razão, foi efetuada uma análise dos desvios entre as médias mensais diárias da irradiância global horizontal do ano climático TMY e da série 2001-2013, conforme apresentado na Tabela 3.

A Tabela 3 apresenta as médias mensais da irradiância solar global horizontal dos dois arquivos analisados, os desvios entre as médias mensais e as respectivas diferenças percentuais. As médias mensais foram obtidas pela média aritmética simples, considerando todas as médias diárias do respectivo mês.

A Figura 5 representa graficamente as médias mensais diárias da irradiância global horizontal dos dois arquivos climáticos, utilizados para as comparações.

Tabela 3 – Desvios entre as médias mensais diárias da Irradiância Global Horizontal (kWh/m<sup>2</sup>) para Brasília.

	TMY EPW-ANTAC (1)	Série 2001-2013 (INMET) (2)	Desvio entre as séries 1 e 2 (kWh / m <sup>2</sup> .dia)	Desvio percentual entre as séries 1 e 2 (%)
<b>Janeiro</b>	6,15	5,15	1,00	16,26
<b>Fevereiro</b>	6,01	5,38	0,63	10,48
<b>Março</b>	4,65	5,15	-0,50	-10,75
<b>Abril</b>	5,52	5,05	0,47	8,51
<b>Mai</b>	4,63	4,84	-0,21	-4,54
<b>Junho</b>	4,87	4,77	0,10	2,05
<b>Julho</b>	4,88	5,01	-0,13	-2,66
<b>Agosto</b>	5,22	5,64	-0,42	-8,05
<b>Setembro</b>	4,99	5,71	-0,72	-14,43
<b>Outubro</b>	4,78	5,33	-0,55	-11,51
<b>Novembro</b>	4,33	4,90	-0,57	-13,16
<b>Dezembro</b>	4,69	5,05	-0,36	-7,68
<b>Total</b>	<b>60,72</b>	<b>61,98</b>	<b>-1,26</b>	<b>-2,08</b>

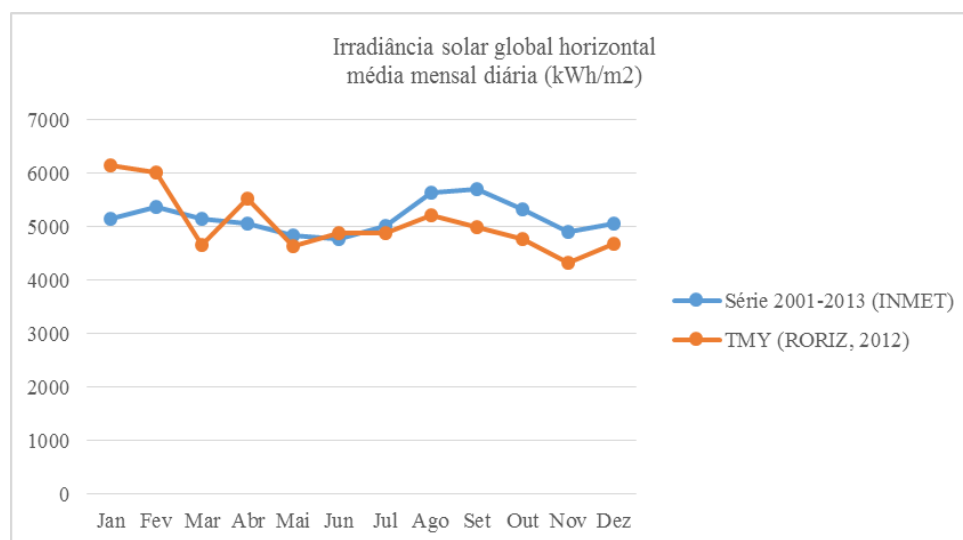


Figura 5 - Média diária mensal da irradiância global horizontal (kWh/m².dia): comparação entre dois arquivos climáticos de Brasília-DF.

A Tabela 4 mostra as médias diárias mensais da irradiância global horizontal, para os períodos seco e chuvoso, da série 2001-2013 medidos pelo INMET, comparativamente com os dados do arquivo climático TMY (RORIZ, 2012) e os arquivos climáticos Atlas SWERA, Atlas IRENA, TRY e SWERA, conforme valores apresentados no relatório de Scheller et al. (2015).

Tabela 4 - Médias mensais diárias da Irradiância Global Horizontal (Wh/m²), nos períodos seco e chuvoso.

PERÍODO CHUVOSO							PERÍODO SECO						
	<sup>1</sup> Série 2001-2013	TMY <sup>2</sup>	TRY <sup>3</sup>	SWERA <sup>3</sup>	Atlas SWERA <sup>3</sup>	Atlas IRENA <sup>3</sup>		<sup>1</sup> Série 2001-2013	TMY <sup>2</sup>	TRY <sup>3</sup>	SWERA <sup>3</sup>	Atlas SWERA <sup>3</sup>	Atlas IRENA <sup>3</sup>
<b>JAN</b>	5152,9	6152	6769,8	5841,6	6000,8	6450	<b>ABR</b>	5050,4	5523,8	5220,5	5110,6	5539,5	4846
<b>FEV</b>	5378,1	6007,6	6706,5	5964,2	6208,6	5405	<b>MAI</b>	4837,9	4631,1	4741	4523,8	4971,8	3882
<b>MAR</b>	5152,9	4652,9	5708,1	5419,8	5510,5	4749	<b>JUN</b>	4768,5	4870	4701,6	4645,9	4497,9	3301
<b>OUT</b>	5326,8	4776,1	6247,4	5947,8	6205,8	5517	<b>JUL</b>	5007,2	4875	4244,8	4869,5	4705,8	3686
<b>NOV</b>	4895,6	4327,6	6248	5471,6	5869,9	5427	<b>AGO</b>	5635,5	5219,3	5762,9	5409,3	5456,8	3972
<b>DEZ</b>	5047,5	4688,8	6283,8	5402,4	5707,8	5880	<b>SET</b>	5708	4986,3	6220,6	5964,1	6148,5	4231
<b>Média</b>	<b>5158,9</b>	<b>5100,8</b>	<b>6327,2</b>	<b>5674,5</b>	<b>5917,2</b>	<b>5571,3</b>	<b>Média</b>	<b>5167,9</b>	<b>5017,5</b>	<b>5148,5</b>	<b>5087,2</b>	<b>5220,0</b>	<b>3986,3</b>

Fonte: (1) INMET, 2014; (2) RORIZ, 2012; (3) SCHELLER et al., 2015.

As Tabelas 5 e 6 mostram, respectivamente, as diferenças entre as médias dos arquivos climáticos nos períodos chuvoso e seco.

A Figura 6 mostra as médias diárias mensais da irradiância global horizontal da série 2001-2013, medidos pelo INMET, comparativamente com os dados do ano climático TMY (RORIZ, 2012) e dos arquivos climáticos Atlas SWERA, Atlas IRENA, TRY e SWERA, obtidos do relatório de Scheller et al. (2015).

Tabela 5 - Diferenças entre as médias mensais diárias da Irradiância Global Horizontal (Wh/m²), no período chuvoso.

PERÍODO CHUVOSO	<sup>1</sup> Série 2001-2013	TMY <sup>2</sup>	TRY <sup>3</sup>	SWERA <sup>3</sup>	Atlas SWERA <sup>3</sup>	Atlas IRENA <sup>3</sup>
<b>Série 2001-2013</b>	0,00					
<b>TMY</b>	-58,13	0,00				
<b>TRY</b>	1168,30	1226,43	0,00			
<b>SWERA</b>	515,60	573,73	-652,70	0,00		
<b>Atlas SWERA</b>	758,27	816,40	-410,03	242,67	0,00	
<b>Atlas IRENA</b>	412,37	470,50	-755,93	-103,23	-345,90	0,00

Fonte: (1) INMET, 2014; (2) RORIZ, 2012; (3) SCHELLER et al., 2015.

Tabela 6 - Diferenças entre as médias mensais diárias da Irradiância Global Horizontal ( $\text{Wh/m}^2$ ), no período seco.

PERÍODO SECO	<sup>1</sup> Série 2001-2013	TMY <sup>2</sup>	TRY <sup>3</sup>	SWERA <sup>3</sup>	Atlas SWERA <sup>3</sup>	Atlas IRENA <sup>3</sup>
<b>Série 2001-2013</b>	0,00					
<b>TMY</b>	-150,33	0,00				
<b>TRY</b>	-19,35	130,98	0,00			
<b>SWERA</b>	-80,72	69,62	-61,37	0,00		
<b>Atlas SWERA</b>	52,13	202,47	71,48	132,85	0,00	
<b>Atlas IRENA</b>	-1181,58	-1031,25	-1162,23	-1100,87	-1233,72	0,00

Fonte: (1) INMET, 2014; (2) RORIZ, 2012; (3) SCHELLER et al., 2015.

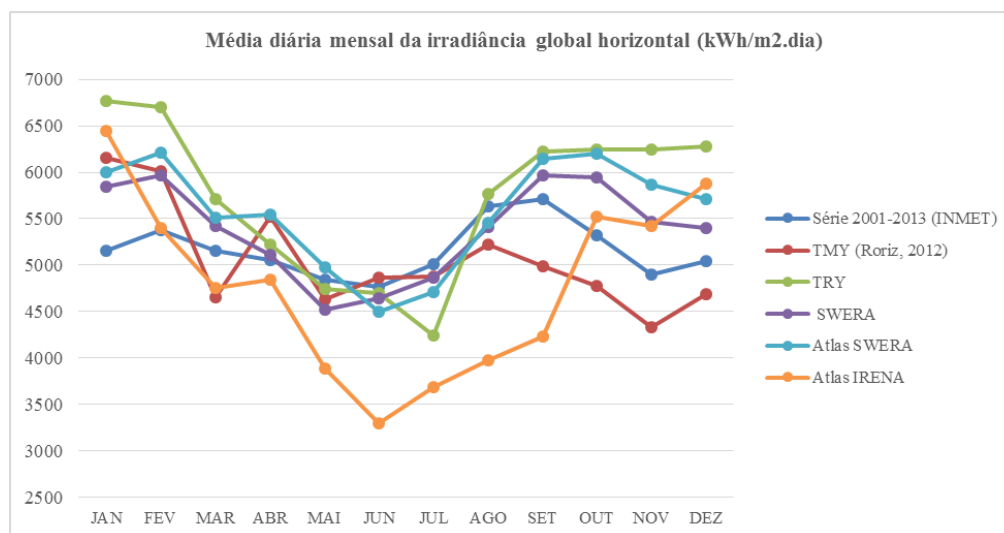


Figura 6 - Média mensal diária da irradiância global horizontal ( $\text{kWh/m}^2$ .dia) entre arquivos climáticos de Brasília-DF.

Analisando os desvios entre as médias diárias das irradiâncias dos arquivos estudados, inclusive aqueles publicados por Scheller et al., (2015), verifica-se que, no período chuvoso, a menor diferença está entre os arquivos climáticos TMY e a série 2001-2013/INMET.

Com exceção do Atlas IRENA, no período seco, são baixos os valores das diferenças, quando comparados com o período chuvoso.

Essas discrepâncias entre os arquivos podem ser melhor visualizadas no comportamento das curvas da média mensal diária da irradiância global horizontal, apresentadas na Figura 6.

Comparando o comportamento do ano meteorológico típico TMY da base EPW/ANTAC e da série 2001-2013/INMET, é possível observar que:

a) em maio, junho e julho, que são os meses mais secos e de menor nebulosidade (Tabela 7), os valores de irradiância solar global dos dois arquivos analisados apresentam desvios similares; no período seco, as variâncias das médias dos arquivos são equivalentes (Tabela 2);

b) em agosto e setembro, aumentam os desvios entre as médias dos meses analisados; dentro do período seco, esses meses possuem baixa nebulosidade, mas são os meses com os maiores índices de focos de queimadas no Distrito Federal (Tabela 7 e Tabela 8);

c) os meses mais chuvosos, que compreendem os meses mais quentes do ano (outubro a março) e com maior nebulosidade, existe uma maior discrepância dos desvios entre as médias mensais dos dois arquivos analisados; para o período chuvoso, as variâncias das médias dos dois arquivos apresentam-se diferentes (Tabela 2);

A irradiância incidente em superfície está fortemente relacionada com a nebulosidade. A irradiância solar global horizontal sofre influência do índice de claridade ou transmissividade atmosférica ( $K_t$ ), dado pela razão entre a irradiância solar global e a irradiância solar que chega ao topo da atmosfera.

O  $K_t$  varia de acordo com as condições de céu (nebulosidade, aerossóis na atmosfera, particulados decorrentes das queimadas, etc.). Os valores mais discrepantes observados nos arquivos podem ser decorrentes da maior imprevisibilidade do  $K_t$ .

Tabela 7 - Dados de nebulosidade e precipitação da série 2001-2013

PERÍODO CHUVOSO			PERÍODO SECO		
	NEBULOSIDADE	PRECIPITAÇÃO		NEBULOSIDADE	PRECIPITAÇÃO
<b>JAN</b>	8,1	216	<b>ABR</b>	6	132
<b>FEV</b>	7,5	164,2	<b>MAI</b>	4,8	18,5
<b>MAR</b>	7,3	187,9	<b>JUN</b>	3,5	2,1
<b>OUT</b>	6,6	138,7	<b>JUL</b>	3	2,4
<b>NOV</b>	8	220,8	<b>AGO</b>	2,8	15,2
<b>DEZ</b>	8	242,2	<b>SET</b>	4,4	33,8
<b>Média</b>	<b>7,6</b>	<b>1169,8 mm</b>	<b>Média</b>	<b>4,1</b>	<b>204,0 mm</b>

Fonte: INMET, 2014.

Tabela 8 – Quantificação da ocorrência mensal de focos ativos de queimada detectados por satélite de referência, no período de 2001 a 2013, no Distrito Federal.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
<b>Máximo mensal</b>	2	4	2	8	23	21	85	159	196	16	4	2	<b>505</b>
<b>Média mensal</b>	0,38	0,77	0,23	1,23	4,31	6,23	25,85	50,77	53,00	6,77	0,38	0,38	<b>150,30</b>
<b>Mínimo mensal</b>	0	0	0	0	0	0	3	16	5	0	0	0	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>56</b>	<b>81</b>	<b>336</b>	<b>660</b>	<b>689</b>	<b>88</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1954</b>

Fonte: INPE, 2015.

As análises estatísticas mostraram que não existem evidências estatisticamente significativas de diferenças entre o ano climático TMY e a série 2001-2013, quando analisadas as médias por período. Mas, quando analisadas as diferenças entre as médias, mês a mês (Tabela 3 e Figura 6), são encontradas discrepâncias entre eles. As diferenças são maiores nos meses chuvosos do que nos meses secos.

Para os estudos de degradação, baseados na interação entre os agentes climáticos de degradação e as fachadas, a estratégia de comparar os arquivos climáticos por período do ano torna-se um procedimento satisfatório, considerando a compensação das diferenças entre os meses, desde que o objetivo seja o estudo do envelhecimento natural das edificações ao longo da sua vida útil. Como Brasília é uma cidade com um período seco e um período chuvoso bastante característicos, essa comparação por períodos mostra-se como um recurso viável para analisar a representatividade dos arquivos climáticos.

A representatividade de um arquivo climático pode ser afetada pela quantidade de anos utilizada para compor o ano climático de referência. É recomendado uma amostra com, no mínimo, 10 anos de dados de registros horários. A qualidade dos dados da série analisada também influencia a representatividade do arquivo climático. Os primeiros anos de registros de dados horários de Brasília pelo INMET apresentaram muitos dados nulos e espúrios para a radiação solar, consequência de pane nos sensores ou problemas no sinal de satélite, além de ajustes de procedimentos na aquisição e transmissão de dados horários. Por isso, para este estudo, optou-se por selecionar 13 anos de dados do INMET, melhorando assim a representatividade do arquivo base de comparação. Os bancos de dados dos últimos dois anos já se apresentam com menor quantidade de dados nulos ou espúrios (em torno de 5%).

A metodologia de controle de qualidade e os procedimentos para tratamento de arquivos de dados meteorológicos, visando a consolidação de dados horários, ainda são pouco difundidas. Os procedimentos para preenchimento de falhas e correção de dados horários espúrios são pouco relatados pelos pesquisadores brasileiros, fora do âmbito da meteorologia.

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os resultados de uma análise dos valores de irradiância solar global horizontal visando identificar a representatividade do arquivo climático TMY-EPW/ANTAC, por meio da comparação com a série 2001-2013 registrada pela estação automática A001-Brasília do INMET.

A análise estatística mostrou que não existem evidências de diferenças significativas entre as médias anuais dos dois arquivos analisados, tampouco entre as médias efetuadas por período, mostrando que o arquivo TMY – EPW/ANTAC (RORIZ, 2012) apresenta representatividade suficiente para ser usado como um ano climático na simulação computacional higrótérmica, para os estudos de degradação de fachada.



No entanto, nem sempre a média anual é um bom indicador para avaliar a representatividade de uma série temporal, por isso foram analisados os desvios entre as médias mensais.

Conclui-se que a metodologia para obtenção de um ano meteorológico típico (TMY) seleciona os meses de referência com base nas temperaturas médias. Assim, os arquivos climáticos com 8760 horas, gerados para simulações computacionais, a partir dos valores médios de temperatura, podem não ser representativos para o parâmetro radiação solar, quando analisados mês a mês. A análise dos desvios entre as médias mensais dos arquivos climáticos permitiu concluir que o TMY da base EPW-ANTAC apresenta valores discrepantes em relação à série 2001-2013 do INMET, principalmente nos meses mais chuvosos.

No entanto, quando analisados os desvios por períodos, verifica-se que no período chuvoso a diferença entre os arquivos climáticos é de cerca de 1,13% (0,35 kWh/m<sup>2</sup>.dia), enquanto que no período seco a diferença é cerca de 3% (0,91 kWh/m<sup>2</sup>.dia). Quando comparados os desvios das somatórias totais das médias mensais diárias da irradiância solar ao longo do ano, verifica-se que a diferença é de apenas 2% (1,26 kWh/m<sup>2</sup>.dia).

Entre todos os arquivos climáticos considerados neste estudo, o TMY – EPW/ANTAC (RORIZ, 2012) é um arquivo climático suficientemente representativo para um ano de dados climáticos para simulação computacional higrotérmica, visando os estudos de degradação de fachadas em Brasília. Inclusive, este arquivo possui a vantagem de conter dados de precipitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUER, E.; SILVA, M. N. B.; ZANONI, V. A. G. Mensuração da degradação e vida útil em fachadas. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, XI, 2015, Porto Alegre, 2015. **Anais...**Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- DIN EN 15026. Hygrothermal performance of building components and building elements - Assessment of moisture transfer by numerical simulation. German, 2007.
- INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. **Arquivos climáticos de dados horários registrados pela estação automática de superfície A001-Brasília, série 2001-2013**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: abril de 2014.
- INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. **Manual de observações meteorológicas**. 3.ed. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Brasília, 1999.
- INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: abril de 2015.
- PITTIGLIANI, M. Controle de Qualidade de Dados Hidrometeorológicos do Simepar. XI CBMET – Congresso Brasileiros de Meteorologia, **Anais ...**Rio de Janeiro, 2000.
- RORIZ, M. **Correções nas Irradiâncias e Iluminâncias dos arquivos EPW da Base ANTAC**. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Carlos – SP, 2012. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>. Acesso em: setembro de 2014.
- SCHELLER, C.; MELO, A. P.; SORGATO, M. J.; LAMBERTS, R. **Análise de arquivos climáticos para a simulação do desempenho energético de edificações**. Centro Brasileiro de eficiência energética em edificações-CB3E. Universidade de Santa Catarina-UFSC. Florianópolis, 2015.
- WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to the Global Observing System: WMO-No. 488**. 3. ed. Geneva, 2007.
- ZAHUMENSKÝ, I. **Guidelines on Quality Control Procedures for data from Automatic Weather Stations**. Slovak Hydrometeorological Institute – SHMI. Slovakia, 2004.