

SUNCLOUD-E: SOFTWARE PARA A LOCALIZAÇÃO DO EFEITO LENTE PRODUZIDO POR NUVENS NA IRRADIAÇÃO SOLAR GLOBAL

Ricardo Cesar de Andrade – ricardo26andrade@hotmail.com

Chigueru Tiba – tiba@ufpe.br

Naum Fraidenraich – nf@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear

Tarcisio Coutinho da Silva – tarcisio.coutinho@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática

Resumo. A irradiância solar extraterrestre total é atenuada pela atmosfera em diferentes proporções, dependendo principalmente do ângulo solar zenital e altitude do ponto de medição. Neste trabalho, valores muito altos e extremos da irradiância solar total medido na superfície são apresentados, que em alguns dias, ultrapassaram a Constante Solar Corrigida para a distância Terra-Sol (CSC). O presente artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um software para a localização espaço-temporal da irradiância solar acima da condição de céu claro e/ou extraterrestre. O programa foi desenvolvido em Java, e o mesmo apresenta facilidade de uso, pois utiliza parâmetros geográficos simples e o fator de Linke.

Palavras-chave: Irradiância Solar Total, Valores Extremos, Efeito Lente Provocado Pelas Nuvens, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A radiação solar na superfície terrestre é função de muitas variáveis como, o ângulo solar zenital, a altitude em relação ao nível do mar, o ozônio total, a coluna atmosférica de aerossóis, o albedo superficial, entre outros (Kirchhoff, 2000). Além destas, temos as nuvens: um conjunto visível de partículas minúsculas de água líquida ou de gelo, ou de ambas ao mesmo tempo, em suspensão na atmosfera. Este conjunto pode também conter partículas procedentes de vapores industriais, fumaças ou poeiras. Os principais fatores que intervêm na descrição do aspecto de uma nuvem são suas dimensões, sua forma, sua estrutura e sua textura, assim como sua iluminância e cor. As nuvens são o principal atenuador da irradiação solar, são elas que tornam a irradiação solar de caráter estocástico. Trabalhos realizados por Piacentini et al. (2011) mostraram que em condições especiais, o tipo, a densidade e as coberturas de nuvens (entre 50% a 90% do céu) juntamente com regiões de céu claro, resultam em aumento da radiação solar acima das condições previstas para céu claro.

O objetivo do presente trabalho é apresentar um software, implementado em Java para localizar a ocorrência da irradiância solar que ultrapassou a condição de céu claro e/ou extraterrestre, fenômeno esse conhecido como efeito lente.

2. MODELO DE CÉU CLARO UTILIZADO NA IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE

Modelagem de irradiância solar espectral são necessários em muitas aplicações, tais como ciências atmosféricas, biologia, física médica e tecnologias energéticas (sistemas fotovoltaicos, iluminação natural, sistemas para aquecimento de água e ar, dentre outros). Destacam-se, dois tipos de modelagem da irradiância solar espectral: códigos computacionais detalhados e sofisticados, e modelos paramétricos simples (Gueymard, 1993). O primeiro tipo considera a atmosfera constituída de diferentes camadas, e usa medidas do perfil vertical de gases e aerossóis constituintes. Este código requer entradas de dados detalhadas; além disso, o tempo de execução e algumas limitações de entrada o tornam um instrumento não apropriado para certas aplicações, particularmente em engenharia (Anderson, 1993). Já o segundo tipo são modelos de parametrização simples e adequação com dados meteorológicos disponíveis (Bird, 1986). O ESRA (European Solar Radiation Atlas) é um exemplo bem conhecido do segundo tipo, criado há mais de 27 anos (Kasten, 1984), sendo atualizado para o Novo Atlas Solar Europeu em 1994 (Scharmer, 1994). O ESRA é um algoritmo baseado em um modelo simples que utiliza os seguintes parâmetros de entrada para a estimativa da irradiância solar no plano horizontal: longitude, latitude, altitude, constante solar, ângulo zenital e fator de turbidez de Linke. Este modelo é inteiramente baseado em expressões algébricas (ESRA, 1994), que estão descritas mais detalhadamente abaixo:

2.1 Irradiância solar no plano horizontal

A irradiância solar direta recebida por uma superfície horizontal para um dia de céu claro é dado por

$$I_{cs} = I_0 \varepsilon \exp[-0.8662mT_{LK}\delta_R(m)] \cos \zeta_S \quad (1)$$

onde I_0 é a constante solar, ε a excentricidade da órbita terrestre, T_{LK} é o fator de turbidez de Linke, $\delta_R(m)$ é a profundidade ótica de Kasten – Raleigh, m é a massa de ar e ζ_S é o ângulo zenital.

A massa de ar m , $\Delta\gamma_{ref}$, $\delta_R(m)$ e ε são expressas respectivamente por:

$$m = \left(1 - \frac{z}{10^4}\right) \left/ \left[\sin \gamma_s^{true} + 0.50572(57.29578\gamma_s^{true} + 6.07995)^{-1.6364} \right] \right. \text{ para } z < 4000 \text{ metros} \quad (2)$$

onde, z a altitude em relação ao nível do mar, γ_s^{true} e $\Delta\gamma_{ref}$ são:

$$\gamma_s^{true} = \gamma_s + \Delta\gamma_{ref} \quad (3)$$

$$\Delta\gamma_{ref} = 0.061359 \frac{0.1594 + 1,1203\gamma_s + 0.06565\gamma_s^2}{1 + 28.9344\gamma_s + 277.3971\gamma_s^2} \quad (4)$$

e γ_s é o ângulo de elevação solar.

A profundidade ótica de Kasten – Raleigh, $\delta_R(m)$ é dada por

$$\delta_R(m) = \begin{cases} 1 / (6.62960 + 1.75130m - 0.12020m^2 + 0.00650m^3 - 0.00013m^4) & \text{para } m \leq 20 \\ 1 / (10.4 + 0.718m) & \text{para } m > 20 \end{cases} \quad (5)$$

$$\varepsilon = 1 + 0.03344 \cos\left(\frac{2\pi j}{365.25}\right) \quad (6)$$

onde j é o dia juliano

A irradiância solar extraterrestre I_{ET} pode ser estimada a partir da seguinte expressão

$$I_{ET} = I_0 \varepsilon \cos \zeta_S \quad (7)$$

2.2 Irradiância solar difusa

A irradiância solar DIFUSA recebida numa superfície horizontal aos raios solares para um dia de céu claro é dado por

$$D_c = I_0 \varepsilon F_d(\gamma_s) Tn(T_{LK}) \quad (8)$$

Onde $F_d(\gamma_s)$ é chamada de função de elevação solar, pois depende apenas da elevação solar γ_s , $Tn(T_{LK})$ é chamada de função de transmissão difusa, a qual depende exclusivamente do fator de turbidez de Linke T_{LK} .

A função de elevação solar $F_d(\gamma_s)$, e a função de transmissão difusa $Tn(T_{LK})$, são expressas respectivamente por:

$$Tn(T_{LK}) = -0.015843 + 0.030543T_{LK} + 0.0003797T_{LK}^2 \quad (9)$$

$$F_d(\gamma_s) = A_0 + A_1 \sin \gamma_s + A_2 \sin^2 \gamma_s \quad (10)$$

onde, A_0 , é expresso a partir da condição estabelecida pelo produto de A_0^* e $Tn(T_{LK})$

$$A_0^* = 0.26463 - 0.061581T_{LK} + 0.0031408T_{LK}^2 \quad (11)$$

Se $A_0^*Tn(T_{LK}) < 0.0022$, $A_0 = 0.0022/Tn(T_{LK})$

Se $A_0^*Tn(T_{LK}) \geq 0.0022$, $A_0 = A_0^*$

onde, A_1 e A_2 é dada por:

$$A_1 = 2.04020 + 0.018945T_{LK} - 0.011161T_{LK}^2 \tag{12}$$

$$A_2 = -1.3025 + 0.039231T_{LK} - 0.0085079T_{LK}^2 \tag{13}$$

2.3 Irradiância solar total para uma superfície horizontal

Na equação (14) podem ser vistas as partes constituintes da irradiância total, I_G , sendo a mesma a soma das irradiância direta, I_{cs} , com a irradiância difusa, D_c . Onde estas são os valores de saída obtidos através das simulações para um plano horizontal.

$$I_G = I_{CS} + D_c \tag{14}$$

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Parâmetros de entrada requeridos pelo Software

Os parâmetros de entrada requeridos pelo modelo do ESRA, o qual foi utilizado na implementação do software, para a estimacão da irradiância solar total em um plano horizontal na superfície terrestre em condiçao de céu claro são: latitude, longitude e altitude do local especificado, dia Juliano, hora solar e fator de Linke para massa de ar 2.

3.2 Medidas da Irradiância solar total

As medidas da irradiância solar total foram obtidas através do piranômetro PSP da Eppley, as quais foram salvas em arquivo do tipo *.xlsx. . Pois o programa lê os valores contidos nessa planilha excel e salva os mesmos em um banco de dados. A Fig. 1 apresenta um exemplo de um arquivo excel para os valores medidos pelo Piranometro PSP. Podemos destacar a coluna A da planilha, onde se encontram o *Timestamp*, ou seja, o minuto de um certo dia de um determinado ano. Já na coluna H, temos os valores de radiação horizontal total em wm^2 . Nas outras colunas temos velocidade do vento, temperatura e humidade do ar, etc.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	TOA5	EST A B	CR1000	6428	CR1000.SI	CPU-EST	32272	Dados							
2	TIMESTAMP	RECORD	CR1000_B	VelVento	DirVento	TempAR	RH_Max	RadHZtot	RadPAR	IlumHZ_Av	IlumNORTI	IlumSUL	IlumLESTE	IlumOESTE	Avg
3	TS	RN	Volts	m/s	Deg	Deg C	%	Wm-2	umol/s/m-2	klux	klux	klux	klux	klux	klux
4			WVc	WVc			Max	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg
5	01/01/2008 00:00	243801	13.35	6.147	111.8	20.06	80.4	0	-0.011	0.067	18.59	0.067	1.549	1.326	
6	01/01/2008 00:01	243802	13.35	5.113	111.1	20.07	80.4	0	0.022	0.067	18.59	0.067	1.549	1.318	
7	01/01/2008 00:02	243803	13.35	5.265	107.3	20.04	80.4	0	0.045	0.067	18.59	0.067	1.549	1.324	
8	01/01/2008 00:03	243804	13.35	5.289	105.4	20.04	80.5	0	0.011	0.067	18.59	0.067	1.549	1.329	
9	01/01/2008 00:04	243805	13.35	6.436	105.8	20.04	80.6	0	-0.067	0.067	18.59	0.067	1.549	1.34	
10	01/01/2008 00:05	243806	13.35	5.552	113	20.03	80.6	0	-0.112	0.067	18.59	0.067	1.549	1.299	
11	01/01/2008 00:06	243807	13.35	4.656	109.3	20.02	80.6	0	-0.079	0.067	18.59	0.067	1.549	1.34	
12	01/01/2008 00:07	243808	13.35	4.473	105.3	20.01	80.7	0	-0.056	0.067	18.59	0.067	1.549	1.347	
13	01/01/2008 00:08	243809	13.35	4.847	112.2	20.01	80.8	0	-0.022	0.067	18.58	0.067	1.549	1.347	
14	01/01/2008 00:09	243810	13.35	6.306	110.6	20	80.9	0	-0.067	0.067	18.55	0.067	1.549	1.346	
15	01/01/2008 00:10	243811	13.35	6.006	108.9	19.98	81	0	0.011	0.067	18.53	0.067	1.549	1.343	
16	01/01/2008 00:11	243812	13.35	5.506	108.6	19.97	81	0	0.034	0.067	18.52	0.067	1.549	1.345	
17	01/01/2008 00:12	243813	13.35	5.002	105.3	19.96	81.1	0	-0.079	0.067	18.52	0.067	1.549	1.345	
18	01/01/2008 00:13	243814	13.35	5.704	104.6	19.94	81.2	0	-0.101	0.067	18.52	0.067	1.549	1.344	
19	01/01/2008 00:14	243815	13.35	4.492	103.6	19.93	81.3	0	0.022	0.067	18.52	0.067	1.549	1.338	
20	01/01/2008 00:15	243816	13.35	5.538	101	19.91	81.4	0	-0.123	0.067	18.52	0.067	1.549	1.345	
21	01/01/2008 00:16	243817	13.35	5.113	108.1	19.91	81.5	0	-0.168	0.067	18.52	0.067	1.549	1.343	
22	01/01/2008 00:17	243818	13.35	5.856	101.4	19.9	81.6	0	-0.011	0.067	18.52	0.067	1.549	1.318	
23	01/01/2008 00:18	243819	13.35	4.751	105	19.91	81.6	0	0.022	0.067	18.5	0.067	1.549	1.337	
24	01/01/2008 00:19	243820	13.35	4.738	106.7	19.91	81.7	0	-0.022	0.067	18.46	0.067	1.549	1.337	
25	01/01/2008 00:20	243821	13.35	5.581	107.6	19.91	81.7	0	-0.045	0.067	18.47	0.066	1.549	1.338	
26	01/01/2008 00:21	243822	13.35	5.644	103.7	19.88	81.7	0	-0.034	0.067	18.46	0.067	1.549	1.311	
27	01/01/2008 00:22	243823	13.35	4.789	107.5	19.87	81.8	0.006	0	0.067	18.46	0.067	1.549	1.292	
28	01/01/2008 00:23	243824	13.35	5.371	107	19.87	81.8	0	-0.011	0.067	18.46	0.067	1.549	1.287	
29	01/01/2008 00:24	243825	13.35	5.538	105.6	19.85	81.9	0	0	0.067	18.45	0.067	1.549	1.283	
30	01/01/2008 00:25	243826	13.35	5.403	105.8	19.85	81.9	0	0	0.067	18.4	0.067	1.549	1.281	
31	01/01/2008 00:26	243827	13.35	4.618	111	19.82	82	0	0.011	0.067	18.4	0.067	1.549	1.281	

Figura 1 – Planilha excel que contém os valores medidos pelo PSP.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tela de apresentação do Software

Na figura 2, é visto a tela de apresentação do software, a qual é dividida em três partes distintas: *Database*, *Configuration* e *Data Analysis*. Na *Database*, temos uma barra de rolagem para escolher uma localidade armazenada no banco de dados, onde seus parâmetros geográficos já foram pré-configurados. Em *Configuration*, podemos inserir o fator de Linke, o erro, o dia, o mês e o ano, o qual desejamos analisar. Já em *Data Analysis*, temos a possibilidade de modificar (editar) a pré-configuração caso seja necessário e escolher o intervalo de análise, o qual pode ser: diário, mensal ou anual. Pois o software tem a possibilidade de gerar gráficos, e planilhas para a visualização e análise do efeito lente.

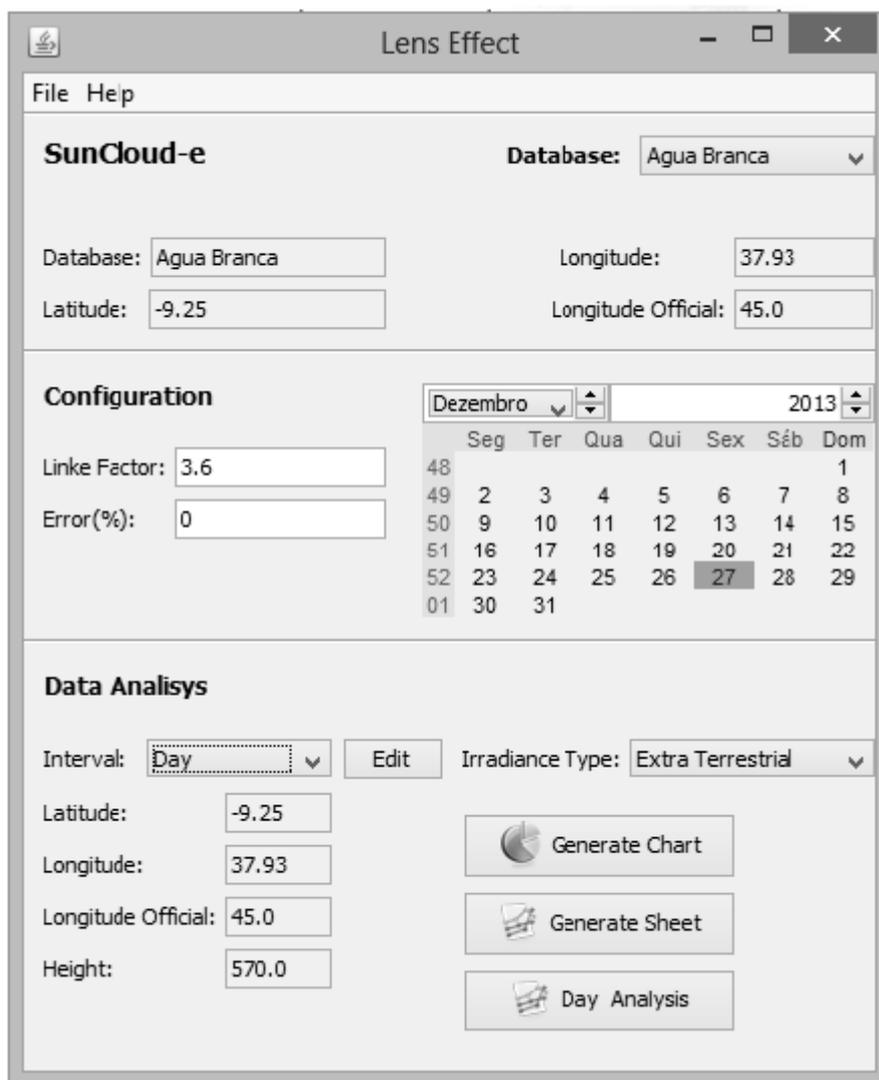


Figura 2 – Tela de apresentação do software.

4.2 Geração dos gráficos para localização do efeito lente

Para a geração dos gráficos, devemos primeiramente escolher o intervalo de geração que pode ser: diário, mensal ou anual. Então apertamos o botão *Generate Chart*. Automaticamente o software colherá os valores de irradiância medidos salvos no banco de dados e confrontará com os valores calculados pelo modelo físico. A Fig. 3 apresenta um exemplo da simulação feita para o dia 3 de agosto de 2008, mostrando a variação temporal da irradiância solar. Na Fig. 3 vemos os valores medidos pelo piranômetro, os valores estimados para a irradiância extraterrestre e os valores estimados para a irradiância na condição de céu claro.

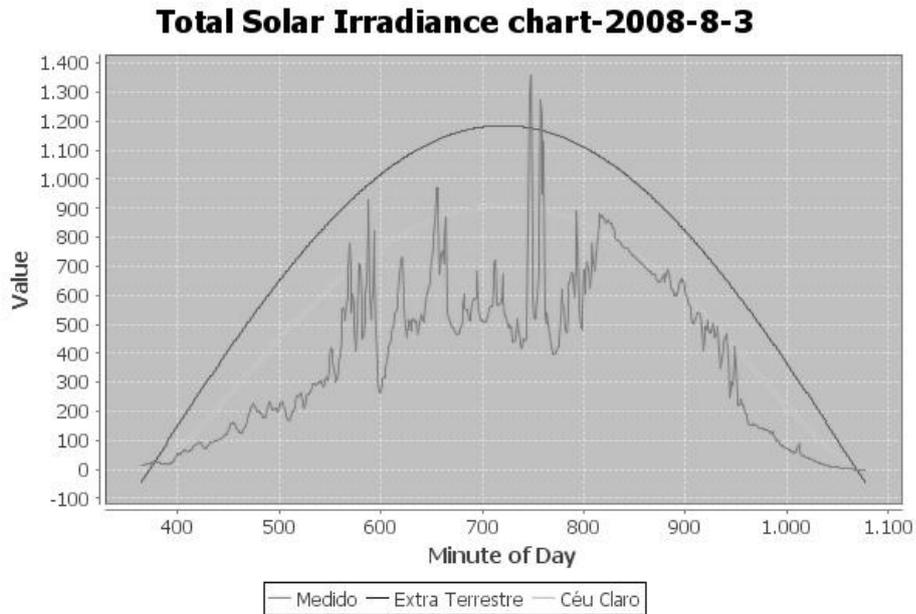


Figura 3 – Exemplo da variação temporal da irradiância solar ao longo do dia 3 de agosto de 2008.

4.3 Geração das planilhas para localização e análise do efeito lente

Outra opção encontrada no software é a possibilidade gerar em excel com o intervalo de ocorrência do efeito lente, Fig. 4. e Fig. 5. Na Fig. 4, temos como exemplo uma planilha gerada para o mês de agosto do ano de 2008, para a localidade de Água Branca-AL. A coluna A desta planilha contém o intervalo de ocorrência em minutos e na coluna D, destacamos em cinza o valor da irradiância para o dia 3 de agosto de 2008. Já para a Fig. 5, no lugar de irradiância foi colocado o valor 1 para indicar a ocorrência do efeito lente. Nas duas figuras, o valor 0 (zero) representa a não ocorrência do efeito.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	SOLAR MI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	383	0	0	1273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	384	0	0	1297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	385	1187	0	1360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	386	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	388	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	390	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	393	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	394	0	0	1275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	395	0	0	1218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	398	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	405	0	0	0	0	0	0	0	1202	0	0	0	0	0	0
28	406	0	0	0	0	0	1172	0	0	0	0	0	0	0	0
29	407	0	0	0	0	0	1202	0	0	0	0	0	0	1215	0

Figura 4 – Exemplo da planilha gerada pelo software, apresentando a variação temporal da irradiância solar ao longo do mês de agosto de 2008.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	SOLAR MI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2		380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		383	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		384	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7		385	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8		386	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9		387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		388	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11		389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12		390	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13		391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14		392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15		393	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16		394	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17		395	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18		396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19		397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20		398	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21		399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22		400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23		401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24		402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25		403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26		404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27		405	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
28		406	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29		407	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
30		408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5 – Exemplo da planilha gerada pelo software, apresentando a variação temporal das ocorrências do efeito lente ao longo do mês de agosto de 2008.

A Fig. 6 apresenta um exemplo de planilha gerada pelo software, caso o usuário deseje fazer um análise coletando os valores da irradiância horizontal total, velocidade do vento, direção do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação PAR, iluminância.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	MINUTE	RadHZtot	CR1000_B	VelVento	Dir_Vento	TempAR	RH_Max	RadPAR	IllumHZ_Av	IllumNORTI	IllumSUL	IllumLES	IllumOESTE_Avg		
2	744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	745	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	746	1273	13,23	0,848	31,39	22,95	81,1	2371	141,7	104,4	23,99	20,71	47,85		
5	747	1297	13,23	1,063	46,51	23,19	81,6	2399	143,2	103,1	23,6	21,52	48,68		
6	748	1360	13,23	1,347	58,01	23,44	79,85	2523	150,5	107,4	23,08	21,65	50,35		
7	749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	755	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	756	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	757	1275	13,22	2,29	62,34	23,89	82,5	2378	142,3	104,9	22,91	22,36	49,95		
16	758	1218	13,22	2,036	58,22	24,04	82,4	2169	129,3	94,7	21,88	20,93	46,72		
17	759	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19	761	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20	762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	763	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22	764	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25	767	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26	768	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27	769	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28	770	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Figura 6 – Exemplo da planilha gerada pelo software para análise da variação temporal das ocorrências do efeito lente ao longo do dia 3 de agosto de 2008.

5. CONCLUSÃO

O software apresentado neste trabalho localiza os intervalos de ocorrência da irradiância solar numa superfície horizontal acima da condição céu claro e/ou extraterrestre para intervalos diários, mensais e/ou anuais de forma automática a partir de um banco de dados carregados com uma planilha excel. Além de gerar gráficos e planilhas em excel contendo as irradiâncias e ocorrências do efeito lente em intervalo de minutos. Como também pode-se fazer uma análise mais detalhada em função de outras variáveis como velocidade do vento, direção do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação PAR, iluminância. O software, desenvolvido em Java, apresenta uma certa facilidade de uso, pois o mesmo necessita de variáveis simples, tais como: latitude, longitude, altitude e fator de Linke.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, PróEngenharias (CAPES) pelo suporte às pesquisas relacionadas a Energia Solar.

REFERÊNCIAS

- Anderson, G. P., 1993. Suitability for remote sensing, Proc. Conf. Atmospheric Propagation and Remote Sensing II, A. Kohnle and W. B. Miller eds., Orlando, SPIE, Vol. 1968, pp. 514-525.
- Bird, R. E., 1986. Simple solar spectra model for direct and diffuse irradiance on horizontal and tilted planes at the Earth's surface for cloudless atmospheres. J. Clim. Appl. Meteorol, Vol. 25, pp. 87-97.
- Gueymard, C., 1993. Development and performance assessment of a clear sky spectra radiation model, Proc. 22ndASES Conf., Solar, Washington, DC, American Solar Energy Society, pp. 433-438.
- Kasten, F., Dolchert, H. J., Dogniaux, R., Lemoine, M., 1994. European Solar Radiation Atlas, Commission of the European Communities, Vol.1. Cologne.
- Kirchhoff, V. W. J. H., 2000. A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa, Brazilian Journal of Geophysics, Vol. 18, n. 1, pp. 63-73.
- Piacentini, Rubén D., 2011. Extreme total solar irradiance due to cloud enhancement at sea level of the NE Atlantic coast of Brazil, Renewable Energy, Vol. 36, pp. 409-412.
- Scharmer, K., 1994. ESRA HANDBOOK, International Journal of Solar Energy, Vol. 15, Chapter III, pp. 81-87.

SUNCLOUD-E: SOFTWARE TO THE LOCATION OF CLOUD ENHANCED FOR GLOBAL SOLAR IRRADIATION

Abstract. *Extraterrestrial total solar irradiation is attenuated by the atmosphere in different proportions, depending mainly on solar zenith angle and altitude of the measurement point. In this work, very high and extreme total solar irradiation surface measurements are presented which, on some days, have surpassed the Solar Constant corrected (CSC) by the actual Sun-Earth distance. This article aims to present the development of a software for the spatial and temporal location of the solar irradiance above the clear sky condition and / or extraterrestrial. The program was developed in Java, and it presents ease of use because it uses simple geographic parameters and the Linke factor.*

Key words: Total Solar Irradiation, Extreme value, Cloud Enhancement, Brazil.