

# AVALIAÇÃO DA IRRADIAÇÃO NORMAL DIRETA NA CIDADE DE NATAL

Kelvin da Cruz Praxedes – kelvin\_91m@hotmail.com

Gabriel Ivan Tapia Medina – gmedinat@ct.ufrn.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica

**Resumo.** As atuais formas de gerar energia enfrentam sérios problemas a nível global, entre eles pode-se destacar o aumento da temperatura média da superfície da terra e o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Dessa forma, se faz necessário a utilização de novas formas de gerar energia elétrica, e que elas sejam de fontes renováveis. Os concentradores de energia solar constituem parte dessas tecnologias capazes de resolver os atuais e futuros problemas da geração de eletricidade. Esses coletores captam a energia oriunda do Sol e a redirecionam para um foco, e podem assumir diferentes formatos, sendo eles o concentrador cilíndrico parabólico, disco parabólico, coletor linear Fresnel, torre central, etc. Antes de elaborar o projeto detalhado de uma planta com uso de concentradores solar, se faz necessário desenvolver o seu projeto conceitual, este que, para ser bem elaborado, necessita da análise de uma série de parâmetros. Dentre eles pode-se destacar a Irradiação Direta Normal (IDN), que corresponde a taxa de variação de energia que incide em uma superfície horizontal por unidade de área. Devido a variações diárias e sazonais, determinar apropriadamente a quantidade de radiação captada é essencial para o projeto; se projetado para uma quantidade de energia inferior à que existe, haverá uma quantidade de energia inutilizada no projeto, por outro lado, se projetado para uma quantidade de energia superior à que existe, há uma menor capacidade em receber a energia proveniente do Sol, o que significa em pouca utilização do capital investido. Este trabalho visa determinar o IDN para a cidade de Natal-RN utilizando as equações apropriadas, levando em conta as características geográficas e climáticas da cidade de Natal-RN, e comparar seus resultados com os valores fornecidos pelo INPE, presentes no site do projeto SWERA. Os resultados mostram que para a irradiação global houve uma proximidade entre o valor médio calculado e os retirados do SWERA, porém, encontrou-se diferença considerável nos valores médios de IDN.

**Palavras-chave:** Irradiação Direta Normal, Energia Solar, Natal

## 1. INTRODUÇÃO

Tecnologia CSP (do inglês, Concentrating Solar Power), é uma tecnologia de geração de energia elétrica renovável que transforma a Irradiação Normal Direta, do inglês Direct Normal Irradiance (DNI), em energia térmica, utilizando diversos espelhos refletores que são ajustados para concentrar a luz solar em um foco de forma linear ou pontual.

Uma usina solar térmica consiste em três partes, o campo solar, ou coletor térmico, o sistema de armazenamento e o ciclo de potência. No coletor são utilizadas as configurações de espelhos que concentram os raios solares, essas configurações são os coletores parabólicos, refletores linear Fresnel, torres solares e disco parabólico. No foco desses espelhos circula um fluido de trabalho que é aquecido com o calor concentrado pelos espelhos. O sistema de armazenamento tem a função de armazenar o calor excedente da usina heliotérmica para que seja aproveitado futuramente, e também é utilizado para gerar eletricidade durante a noite e em dias nublados ou chuvosos. No ciclo de potência esse fluido é expandido em uma turbina, que é acoplada a um gerador elétrico, gerando assim energia elétrica. O sistema opera segundo um ciclo Rankine, e pode incluir armazenamento térmico, ou sistema auxiliar de combustão utilizando gás natural ou outras fontes não-renováveis para fazer com que a planta opere 24h.

Segundo Desai et al. (2014), antes do projeto detalhado de uma planta CSP é necessário desenvolver o projeto conceitual dela. Esse projeto inclui tipo e tamanho de um campo solar, ciclo de geração de potência, fluido de trabalho, etc. Um dos mais importantes parâmetros para o projeto conceitual de uma planta CSP é determinar a radiação solar necessária para o projeto. Essa radiação é a Irradiação Direta Normal (IDN), a qual será utilizada para que a planta produza potência nominal.

Ainda de acordo com Desai et al. (2014), devido a variação diária e sazonal da radiação, determinar apropriadamente a radiação de projeto é extremamente importante, uma vez que uma baixa radiação de projeto resulta numa excessiva energia inutilizada, e uma alta radiação de projeto resulta em um baixo fator de capacidade da planta.

Porfírio e Ceballos (2013) afirmam que a única componente da radiação solar passível de ser concentrada é a Irradiância Direta Normal, e que ela pode ser mensurada diretamente, através de um pireliômetro acoplado a um rastreador solar, ou indiretamente, através de relações com a irradiância global (H) e a irradiância difusa (H<sub>d</sub>).

Martins et al. (2008) explica que o projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment), tem por objetivo fundamental realizar o levantamento de uma base de dados confiáveis e de elevada qualidade, visando auxiliar o planejamento e a inclusão de fontes de energia renovável na matriz energética, utilizando recursos solar e eólico.

Esse projeto foi iniciado em 2001, e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foi um dos responsáveis pela coordenação das atividades desse projeto na América Latina.

A metodologia utilizada para determinar a IDN para Natal se baseou em equações das literaturas consultadas, dados meteorológicos e climatológicos obtidos de Institutos nacionais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dados geográficos e pesquisas realizadas na área de estudo.

## 2. METODOLOGIA APLICADA

### 2.1 Irradiação global

Segundo (Porfírio e Ceballos, 2013), a IDN está diretamente relacionada com a irradiação global (H) e a irradiação difusa (Hd) através da Eq. (1), onde  $\cos \theta_z$  é o cosseno do ângulo zenital.

$$IDN = \frac{H - H_d}{\cos \theta_z} \quad (1)$$

De acordo com (Duffie e Beckman, 2013), é possível calcular a irradiação global incidente utilizando a Eq. (2).

$$H = H_o (a + b) \frac{n}{N} \quad (2)$$

Sendo:

$H_o$  = média mensal da radiação extraterrestre para determinada localização, MJ/m<sup>2</sup>;

$a$  e  $b$  = coeficientes de Angstrom (constantes dependente da localização);

$n$  = média mensal de horas diárias com brilho solar (insolação real), h;

$N$  = média mensal de máximo de horas possíveis com brilho solar (insolação teórica), h.

A radiação extraterrestre é diretamente dependente da latitude da cidade em estudo. Natal (5,47°S, 35,14°O), está localizada no nordeste brasileiro. Com esse valor e o auxílio da Tab. 1, encontra-se os valores médios mensais para a radiação diária.

Tabela 1 – Média mensal diária da radiação extraterrestre em MJ/m<sup>2</sup> para os meses do ano (Duffie e Beckman, 2013).

$\phi$	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
90	0.0	0.0	1.2	19.3	37.2	44.8	41.2	26.5	5.4	0.0	0.0	0.0
85	0.0	0.0	2.2	19.2	37.0	44.7	41.0	26.4	6.4	0.0	0.0	0.0
80	0.0	0.0	4.7	19.6	36.6	44.2	40.5	26.1	9.0	0.6	0.0	0.0
75	0.0	0.7	7.8	21.0	35.9	43.3	39.8	26.3	11.9	2.2	0.0	0.0
70	0.1	2.7	10.9	23.1	35.3	42.1	38.7	27.5	14.8	4.9	0.3	0.0
65	1.2	5.4	13.9	25.4	35.7	41.0	38.3	29.2	17.7	7.8	2.0	0.4
60	3.5	8.3	16.9	27.6	36.6	41.0	38.8	30.9	20.5	10.8	4.5	2.3
55	6.2	11.3	19.8	29.6	37.6	41.3	39.4	32.6	23.1	13.8	7.3	4.8
50	9.1	14.4	22.5	31.5	38.5	41.5	40.0	34.1	25.5	16.7	10.3	7.7
45	12.2	17.4	25.1	33.2	39.2	41.7	40.4	35.3	27.8	19.6	13.3	10.7
40	15.3	20.3	27.4	34.6	39.7	41.7	40.6	36.4	29.8	22.4	16.4	13.7
35	18.3	23.1	29.6	35.8	40.0	41.5	40.6	37.3	31.7	25.0	19.3	16.8
30	21.3	25.7	31.5	36.8	40.0	41.1	40.4	37.8	33.2	27.4	22.2	19.9
25	24.2	28.2	33.2	37.5	39.8	40.4	40.0	38.2	34.6	29.6	25.0	22.9
20	27.0	30.5	34.7	37.9	39.3	39.5	39.3	38.2	35.6	31.6	27.7	25.8
15	29.6	32.6	35.9	38.0	38.5	38.4	38.3	38.0	36.4	33.4	30.1	28.5
10	32.0	34.4	36.8	37.9	37.5	37.0	37.1	37.5	37.0	35.0	32.4	31.1
5	34.2	36.0	37.5	37.4	36.3	35.3	35.6	36.7	37.2	36.3	34.5	33.5
0	36.2	37.4	37.8	36.7	34.8	33.5	34.0	35.7	37.2	37.3	36.3	35.7
-5	38.0	38.5	37.9	35.8	33.0	31.4	32.1	34.4	36.9	38.0	37.9	37.6
-10	39.5	39.3	37.7	34.5	31.1	29.2	29.9	32.9	36.3	38.5	39.3	39.4
-15	40.8	39.8	37.2	33.0	28.9	26.8	27.6	31.1	35.4	38.7	40.4	40.9
-20	41.8	40.0	36.4	31.3	26.6	24.2	25.2	29.1	34.3	38.6	41.2	42.1
-25	42.5	40.0	35.4	29.3	24.1	21.5	22.6	27.0	32.9	38.2	41.7	43.1
-30	43.0	39.7	34.0	27.2	21.4	18.7	19.9	24.6	31.2	37.6	42.0	43.8
-35	43.2	39.1	32.5	24.8	18.6	15.8	17.0	22.1	29.3	36.6	42.0	44.2
-40	43.1	38.2	30.6	22.3	15.8	12.9	14.2	19.4	27.2	35.5	41.7	44.5
-45	42.8	37.1	28.6	19.6	12.9	10.0	11.3	16.6	24.9	34.0	41.2	44.5
-50	42.3	35.7	26.3	16.8	10.0	7.2	8.4	13.8	22.4	32.4	40.5	44.3
-55	41.7	34.1	23.9	13.9	7.2	4.5	5.7	10.9	19.8	30.5	39.6	44.0
-60	41.0	32.4	21.2	10.9	4.5	2.2	3.1	8.0	17.0	28.4	38.7	43.7
-65	40.5	30.6	18.5	7.9	2.1	0.3	1.0	5.2	14.1	26.2	37.8	43.7
-70	40.8	28.8	15.6	5.0	0.4	0.0	0.0	2.6	11.1	24.0	37.4	44.9
-75	41.9	27.6	12.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.8	8.0	21.9	38.1	46.2
-80	42.7	27.4	9.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	20.6	38.8	47.1
-85	43.2	27.7	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	20.3	39.3	47.6
-90	43.3	27.8	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	20.4	39.4	47.8

Tiba (2000) calculou os coeficientes de Angstrom baseado em registros das médias diárias de radiação solar diária e horas de brilho de sol de 35 cidades do Nordeste. Esses valores foram utilizados para a construção de mapas de isolinhas desses coeficientes, mediante o uso de interpolação geoestatística, conhecida como *kriging*. A Fig. 1 (a) mostra as sugestões para o coeficiente de Angstrom  $a$ , enquanto que a Fig. 1 (b) mostra as sugestões para o coeficiente

*b*. É utilizado o termo sugestão, pois esses cálculos foram realizados apenas para localidades onde existem informações sobre horas de brilho de Sol.

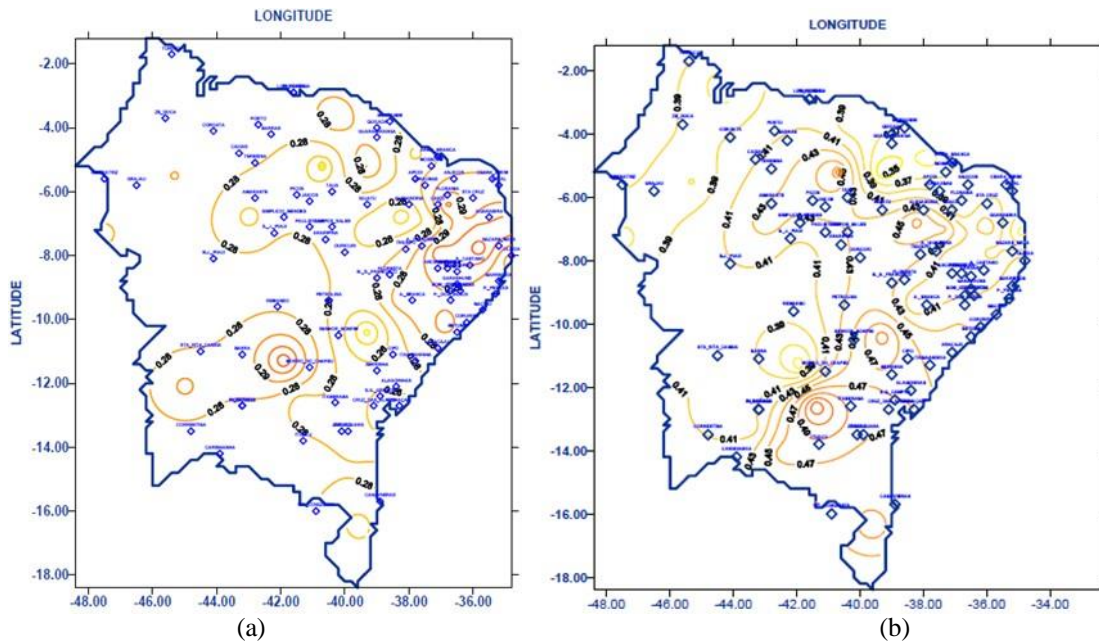


Figura 1 – Sugestão para o coeficiente de Angstrom *a* (a), e *b* (b), em localidades onde só existem informações sobre horas de brilho de Sol (Tiba, 2000).

Com base em Fig.1, vê-se que os valores dos dois coeficientes para Natal são de 0,28 para o coeficiente *a*, e 0,39 para o coeficiente *b*.

Os valores de insolação real foram retirados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nele é possível obter a quantidade de horas de sol diária medidos em diversas estações. Os dados utilizados varrem desde janeiro de 2006 até dezembro de 2014, onde o valor utilizado nos cálculos foi a média mensal entre esses anos. A Fig. 2 mostra esse valor médio mensal para Natal em horas.

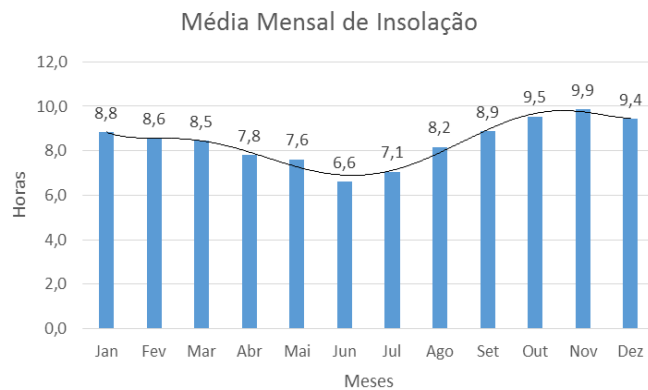


Figura 2 – Média mensal de insolação em horas para Natal, tomando como base os anos entre 2006 e 2014.

Também de acordo com (Duffie e Beckman, 2013), é possível calcular a insolação teórica utilizando a Eq. (3).

$$N = \frac{2}{15} \arccos (-\tan\phi \tan\delta) \quad (3)$$

Sendo:

$\phi$  = corresponde a latitude do local desejado, graus;  
 $\delta$  = ângulo de declinação, graus.

A declinação corresponde à posição angular do sol ao meio-dia, e seu valor muda conforme a posição da Terra varia com relação ao sol. Esse valor é calculado segundo a Eq. (4), dada por Cooper (1969).

$$\delta = 23,45 \sin \left[ \frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (4)$$

O valor de n equivale ao dia do ano, onde para 1° de janeiro n é igual a 1, 1° de fevereiro n é igual a 32, e assim por diante.

A declinação mensal média é apresentada na Tab. 2.

Tabela 2 – Declinação mensal média.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$\delta$ , graus	20,96	13,04	2,52	-9,32	-18,73	-23,07	-21,23	-13,54	-2,32	9,51	18,85	23,03

Os valores de insolação teórica, em horas, calculados a partir de Eq. (2) e Eq. (3), são apresentados na Fig. 3.

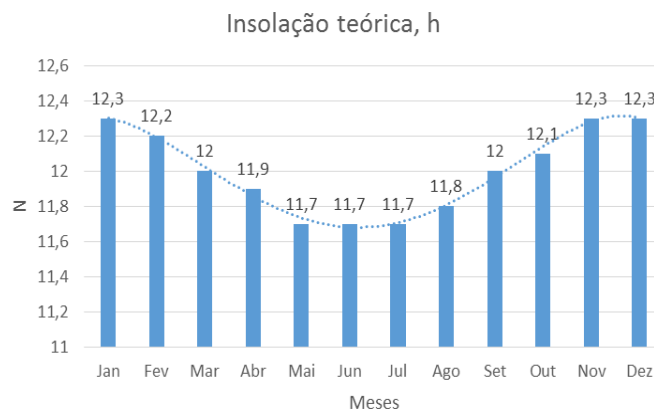


Figura 3 – Média mensal do número de horas de insolação teórica para Natal.

De posse de todos os valores, é possível calcular H a partir da Eq. (1). Os valores são apresentados na Fig. 4 na unidade usual para o valor de radiação incidente, que é em kWh/m<sup>2</sup>/dia.

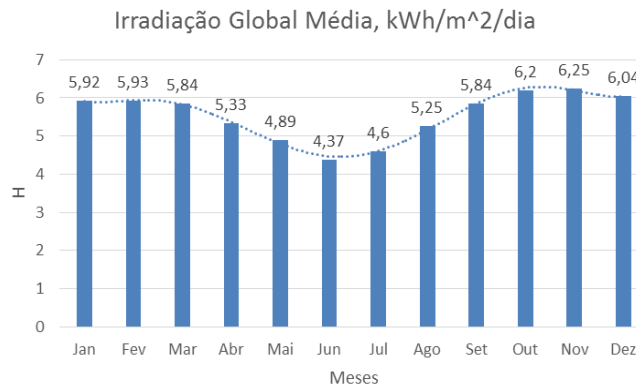


Figura 4 – Irradiação global mensal média calculada.

Com os valores da Fig. 4, encontra-se a irradiação global média incidente anual em Natal, que é de 5,54 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

## 2.2 Irradiação difusa

A irradiação difusa é diretamente dependente de duas variáveis, a média mensal do índice de claridade (Kt) Eq. (5), que é a razão entre a irradiação global mensal média (H) e a radiação extraterrestre (H<sub>o</sub>), e o ângulo de hora do pôr-do-sol ( $\omega_s$ ) Eq. (6).

$$Kt = \frac{H}{H_0} \quad (5)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan\phi \tan\delta) \quad (6)$$

De acordo com Tab. 1 e Fig. 4, é possível calcular o valor de  $Kt$ , que se encontra na Tab. 3.

Tabela 3 – Média mensal do índice de claridade para Natal-RN

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$Kt$	0,561	0,554	0,554	0,536	0,533	0,501	0,516	0,550	0,570	0,587	0,593	0,579

Pelos valores apresentados na Tab. 2 e a latitude local de Natal-RN, chegasse aos valores de  $\omega_s$ , apresentados na Tab. 4.

Tabela 4 – Média mensal de ângulo de hora do pôr-do-sol me Natal-RN.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$\omega_s$ (graus)	87,78	88,65	89,74	90,95	91,97	92,47	92,25	91,40	90,23	89,03	88,02	87,53

Como para todos os meses do ano  $\omega_s > 81,4^\circ$ , e  $0,3 < Kt < 0,8$ , a irradiação difusa pode ser determinada pela Eq. (7).

$$H_d = H (1,311 - 3,022Kt + 3,427Kt^2 - 1,821Kt^3) \quad (7)$$

A Fig. 5 apresenta os valores mensais médios da irradiação difusa em kWh/m<sup>2</sup>/dia.

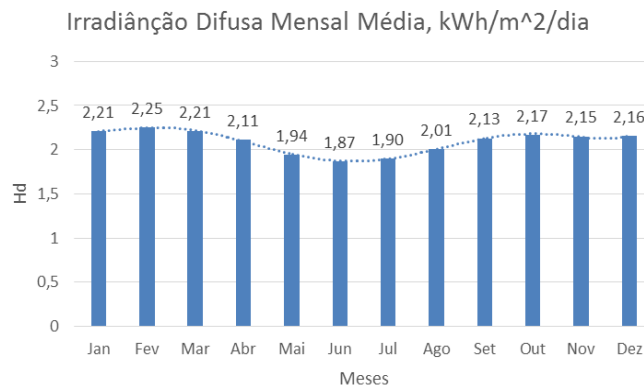


Figura 5 – Irradiação difusa mensal média para Natal-RN.

### 2.3 Ângulo zenital

O cosseno do ângulo zenital é dado pela Eq. (8), onde  $\omega$  é o ângulo de hora, que nada mais é do que o ângulo de deslocamento do sol com relação ao meridiano de Greenwich devido à rotação da terra. Esse ângulo varia  $15^\circ$  por hora, variando positivamente no período após o meio-dia, e negativamente antes do meio-dia, e sendo  $0^\circ$  exatamente ao meio-dia.

$$\cos\theta_z = \cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta \quad (8)$$

Como  $\cos\theta_z$  é inversamente proporcional ao valor do IDN, segundo Eq. (1), e varia ao longo do dia, utilizou-se o máximo valor de  $\cos\theta_z$  para se obter um menor resultado de IDN. Esse resultado é obtido ao meio-dia, quando  $\omega$  é igual a  $0^\circ$ . A Tab. 4 mostra os valores mensais médios de  $\cos\theta_z$ .

Tabela 4 – Valores mensais médios do cosseno do ângulo zenital máximo para Natal-RN.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
cos $\theta_z$	0,893	0,946	0,989	0,998	0,975	0,955	0,964	0,991	0,998	0,965	0,909	0,876

## 2.4 IDN

Com Eq. (1) e os dados de Fig. 4, Fig. 5 e Tab. 4, calcula-se os valores mensais médios de IDN. Esses valores são apresentados graficamente na Fig. 6.

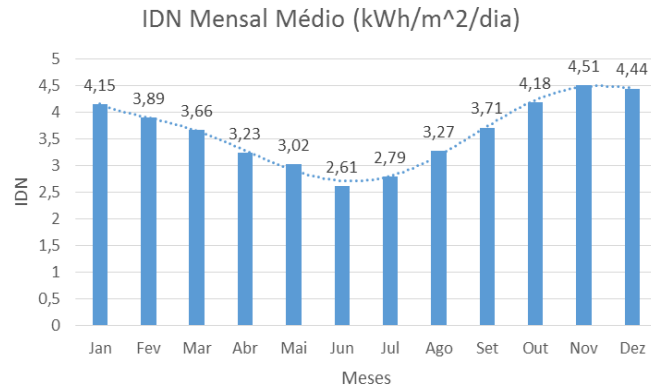
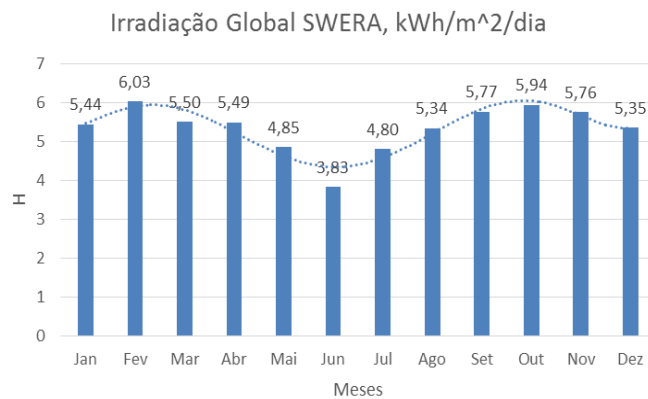
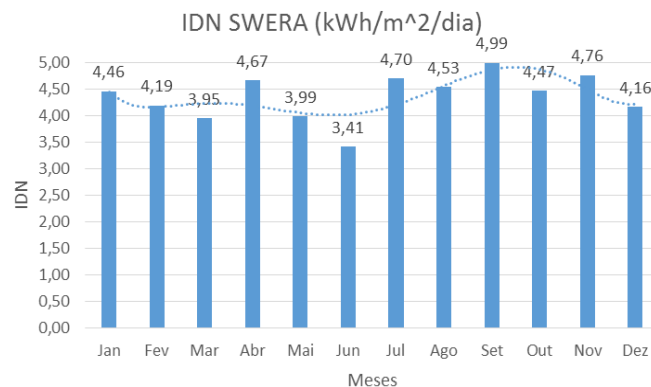


Figura 6 – IDN mensal médio calculado para a cidade de Natal-RN

A título de análise dos resultados, resolveu-se comparar os valores obtidos através da metodologia utilizada no trabalho com os valores fornecidos pelo projeto SWERA. Os dados de radiação são fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A Fig. 7 mostra a irradiação global e a Fig. 8 a irradiação direta normal em médias mensais para a cidade de Natal-RN.

Figura 7 – Irradiação global mensal média para Natal-RN. (Fonte: <https://maps.nrel.gov/swera>)Figura 8 – IDN mensal médio para a cidade de Natal-RN. (Fonte: <https://maps.nrel.gov/swera>)



A diferença em porcentagem entre os valores calculados e fornecidos pelo INPE são apresentados na Fig. 9, para a irradiação global, e na Fig. 10, para o IDN.

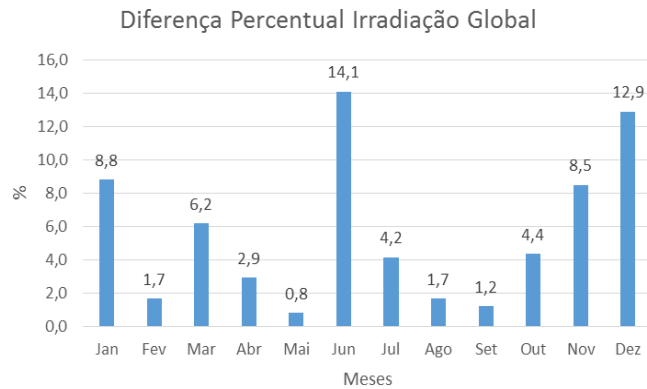


Figura 9 – Diferença percentual da irradiação global entre os valores calculados e fornecidos pelo INPE.

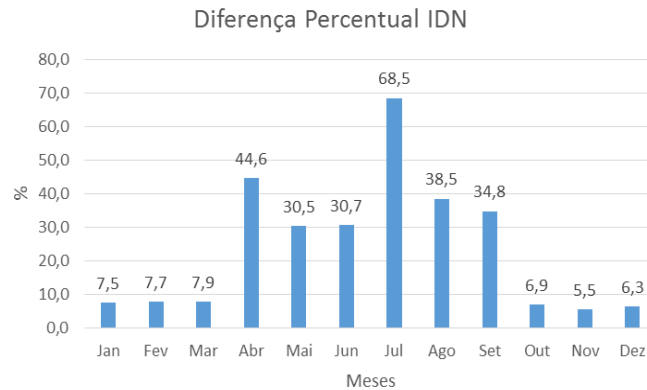


Figura 10 – Diferença percentual do IDN entre os valores calculados e fornecidos pelo INPE.

Após a análise e comparação dos resultados vê-se que para a irradiação global há uma proximidade na média anual, onde para os valores calculados essa média anual é de 5,54 kWh/m<sup>2</sup>/dia, e para os dados fornecidos pelo INPE é de 5,31 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Contudo, vê-se que para cinco dos doze meses há uma diferença percentual superior à 5% (cinco por cento), e que nos meses de Junho e Dezembro essa diferença é de 14,1% e 12,9%, respectivamente.

Quando os dados comparados são os do IDN, vê-se que os valores calculados e fornecidos pelo INPE são bastante distintos, partindo da média anual, que é de 3,62 kWh/m<sup>2</sup>/dia (calculada), e de 4,36 kWh/m<sup>2</sup>/dia (INPE). Em todos os meses do ano a diferença é superior a 5%, chegando a diferenças bastante consideráveis entre os meses de Abril e Setembro.

Outro ponto a ser considerado é que segundo os dados fornecidos pelo INPE, presentes nas Fig. 7 e Fig. 8, nos meses de Junho e Julho, a irradiação direta normal é praticamente igual a irradiação global, o que não faz sentido físico, já que nesses meses há uma menor insolação (Fig. 2), maior nebulosidade e período chuvoso.

Acredita-se que estes dados fornecidos pelo INPE estão incorretos pelo fato do SWERA ser alimentado com dados climáticos e meteorológicos das bases de coleta de dados de cada cidade, e como Natal não possui uma base sólida, esses dados são aproximados de cidades que possuam bases confiáveis.

### 3. CONCLUSÃO

Esse estudo utilizou um método indireto de determinar os valores médios mensais de IDN para a cidade de Natal, utilizando uma metodologia baseada em equações apropriadas presente em literaturas. O método consistiu em calcular os valores de irradiação global e difusa, e a partir deles o IDN. Em seguida esses resultados foram comparados com os valores retirados do site do INPE através do projeto SWERA.

Os resultados mostraram que no cálculo da irradiação global direta (H), houve uma proximidade entre o valor médio anual calculado e os retirados do SWERA. Porém, quando comparou-se os valores médios mensais, viu que há uma diferença considerável em cinco dos doze meses do ano, e que essa diferença percentual chegou a 14,1% em Junho

e 12,9% em Dezembro. Para a irradiação difusa ( $H_d$ ) não há como comparar resultados, pois não há dados fornecidos pelo SWERA para essa variável.

Quando comparou-se os valores médios anual para o IDN, viu uma diferença considerável entre o valor calculado, 3,62 kWh/m<sup>2</sup>/dia, e o valor retirado do SWERA, 4,36 kWh/m<sup>2</sup>/dia, onde essa diferença percentual chegou aos 17%. Nas médias mensais essa diferença chegou a valores ainda maior, como para os meses de Julho (68,5%), Abril (44,6%), e Agosto (38,5%).

Observando apenas os dados do SWERA (Fig. 7 e Fig. 8), viu que para os meses de Junho e Julho a irradiação global é praticamente igual ao IDN. Esses resultados não são coerentes, pois esses dois meses caracterizam um período de menor horas de insolação (Fig. 2), segundo o próprio INMET. Já analisando os dados obtidos através da metodologia aplicada, notou-se que o comportamento da insolação (Fig. 2) ao longo do ano na cidade de Natal é similar aos comportamentos da irradiação global e IDN, o que faz mais sentido.

Dessa forma, nota-se que a metodologia aplicada neste trabalho alcança resultados com comportamento mais próximo do que se espera na realidade do que os valores que são fornecidos pelo projeto SWERA para a cidade de Natal. Contudo, para a validação do modelo matemático utilizado neste trabalho, é necessário que haja resultados oriundos de estações meteorológicas, tanto na cidade de Natal, quanto no estado do Rio Grande do Norte.

## REFERÊNCIAS

- Brogren, M., Green, A., 2003. Hammarby Sjöstad-an Interdisciplinary Case Study of the Integration of Photovoltaics in a New Ecologically Sustainable Residential Area in Stockholm. *Solar Energy Materials and Solar Cells [S.I.]*, v. 75, n. 3-4, pp. 761-765.
- Cooper, P. I., 1969. The absorption of solar radiation in solar stills, *Solar Energy*, Vol. 12, pp. 3-10.
- Desai, N. B., Kedare, S. B., Bandyopadhyay, S., 2014. Optimization of Design Radiation for Concentrating Solar Thermal Power Plants Without Storage, *Solar Energy*, vol. 107, n. 1, pp. 98 – 112.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons.
- Martins, F. R., Rüther, R., Pereira, E. B., Abreu, S. L., 2008. Solar Energy Scenarios in Brazil. Part two: Photovoltaics applications. *Energy Policy*, v.36, n.8, pp. 2855-2867.
- Porfírio, A. C. F., Ceballos, J. C., 2013. Um Método de Estimativa de Irradiação Solar Direta Normal a Partir de Satélite Geostacionário: Resultados Preliminares, XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu-PR, Brasil.
- Tiba, C., 2000. *Novos Coeficientes de Angstrom para a Estimação da Radiação Solar no Nordeste do Brasil*, Brasil, ISBN 85 – 7315-142-0, (2000), Editora Universitária da UFPE.
- Burger, B., Rüther, R., 2006. Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature, *Solar Energy*, vol. 80, n. 1, pp. 32-45.
- <https://maps.nrel.gov/swera> <acesso em setembro de 2015>
- [www.inmet.gov.br/sim/gera\\_graficos.php](http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php) <acesso em maio de 2015>

## EVALUATION OF DIRECT NORMAL IRRADIANCE OVER NATAL CITY

**Abstract.** *The current forms of to generate energy face serious problems to global level, among them we can highlight the increase of average temperature of earth's surface and the depletion of fossil fuel reserves. Thus, it is necessary the utilization of new ways to generate electrical energy, and that they are from renewable sources. The solar energy concentrators are part of these technologies able to solve the current and future problems of electricity generation. These collectors capture the energy coming from the sun and redirect to a focus, and can take different forms, are they parabolic trough collector, stirling dish, linear Fresnel collector, tower solar power, etc. Before to make the detailed design of a plant with use of solar concentrators, it is necessary to develop its conceptual design, this, to be well prepared, requires the analysis of varies parameters. Among them we can to highlight the Direct Normal Irradiance (DNI), which corresponds to variation's rate of energy that focuses in a horizontal surface per unit area. Due to daily and seasonal variations, to determinate appropriately the amount of captured radiation is essential to the project; if designed for a quantity of energy less than that exists, there will a quantity of energy unused in the designed, on the other hand, if designed for a quantity of energy greater than that exists, there will a less capacity in receiver the energy from the sun, this means a little use of invested capital. This paper aim at to determinate the DNI for Natal-RN using the appropriated equations, considering the geographic and climatologic characteristics of Natal, and compare the results with the values provided by INPE, present in SWERA project site. The results shows that for global direct irradiation there was a proximity between the calculate value average and the obtained of SWERA. However, there are a considerable difference between average values of DNI.*

**Key words:** *Direct Normal Irradiance, Solar Energy, Natal*