

RELAÇÃO ENTRE A VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E A DISPONIBILIDADE DE IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL SOBRE A CIDADE DE NATAL

Samira de Azevedo Santos – samira@ctgas.com.br

Bruno de Lima Soares – brunosoares@ctgas.com.br

André Luiz de Oliveira Lira – andre@ctgas.com.br

Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis, Laboratório de Mapas e Dados de Recursos Energéticos

José Aleksandro Santos De Mendonça – sandrosantos015@gmail.com

Robson Matheus Da Silva – rroobssoonn2010@hotmail.com

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-DR/RN, Aluno do Curso de Metrologia

Anna Luiza Serafim Aragão – annaluh29@gmail.com

Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis, Laboratório de Mapas e Dados de Recursos Energéticos

Resumo. Este trabalho realizou uma análise de séries irradiação global horizontal para meses de junho e novembro dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012 e associou sua variabilidade ao padrão de chuvas ocorridas durante o mesmo período na cidade de Natal-RN. As análises permitiram verificar que o mês de junho de 2010 apresentou os maiores índices de irradiação e que junho de 2011 os menores, 5,31 kWh/m²dia e 4,31 kWh/m²dia respectivamente. Os meses de novembro de 2010 e 2011 também apresentaram os maiores e os menores índices de irradiação 7,30 kWh/m²dia e 6,85 kWh/m²dia. Foi possível concluir que mesmo em períodos considerados bastante chuvosos, a cidade de Natal ainda dispõe de recurso solar suficiente para o aproveitamento e geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Energia Solar, Sistema Fotovoltaico, Precipitação.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do recurso solar disponível numa determinada região é fundamental na instalação de um sistema fotovoltaico. Cada vez mais, esses sistemas vêm mostrando a sua adequação para a aplicação seja na eletrificação rural, seja de modo distribuído em nossas casas, constituindo uma excelente opção para disponibilizar pequenas quantidades de energia elétrica (Rosa e Zilles, 2002). Nesse sentido, o conhecimento dos níveis de radiação solar que atingem a superfície é um pré-requisito essencial para tais aplicações da energia solar. Para se ter esse conhecimento é necessário mapear o comportamento dos dados disponíveis na superfície (Varela e Pereira, 2006). Os dados gerados numa estação de medição contribuem não somente para a confecção do atlas de radiação solar, mas também como uma fonte de dados para o ensino, pesquisa ou qualquer outra área que tenha interesse em levantamentos meteorológicos, climáticos e de geração de energia (Silva e Carvalho, 2008).

Uma das características da radiação solar é uma elevada variabilidade temporal, essa variabilidade está associada aos padrões meteorológicos atuantes sobre cada localidade. Portanto, conhecer o comportamento climatológico de uma região é de suma importância para o desenvolvimento de projetos que visam a exploração dessa fonte de energia (Santos, et al. 2014). No entanto, um fator essencial para o desenvolvimento de projetos para utilização deste potencial é o conhecimento preciso da disponibilidade desse recurso energético.

A cidade de Natal é caracterizada por apresentar altos índices de insolação e segundo Medeiros (2001), um elevado nível de heterogeneidade temporal e espacial de seu regime pluviométrico, em virtude da ocorrência de anos com excesso de chuvas contrastando com períodos anuais que apresentam grande escassez de precipitações.

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento da Irradiação Global Horizontal (GHI) que chega à superfície da cidade de Natal durante meses de junho e novembro, meses representativos da estação chuvosa e seca, respectivamente, e avaliar a relação com o padrão de chuvas atuantes em cada período.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A cidade de Natal, região foco deste estudo, está situada no Estado do Rio Grande do Norte localizado no extremo Nordeste do Brasil, tendo ao Norte e Leste o Oceano Atlântico, a Oeste o Estado do Ceará e ao Sul o Estado da Paraíba. A localização geográfica do Estado do Rio Grande do Norte com destaque para a cidade de Natal é apresentada na Fig. 1. O Rio Grande do Norte é um Estado que se destaca pelo incentivo e desenvolvimento de energias renováveis. A

energia solar, fonte de energia limpa e inesgotável, já é vista como o futuro celeiro da economia potiguar. Segundo o Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia – CERNE, são esperados mais de R\$ 450 milhões em investimentos e geração de 6 mil postos de trabalho em apenas um projeto. O valor corresponde ao interesse de uma empresa que recebeu licença prévia do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e de Meio Ambiente - IDEMA para instalar três usinas nos municípios de Currais Novos e Areia Branca.

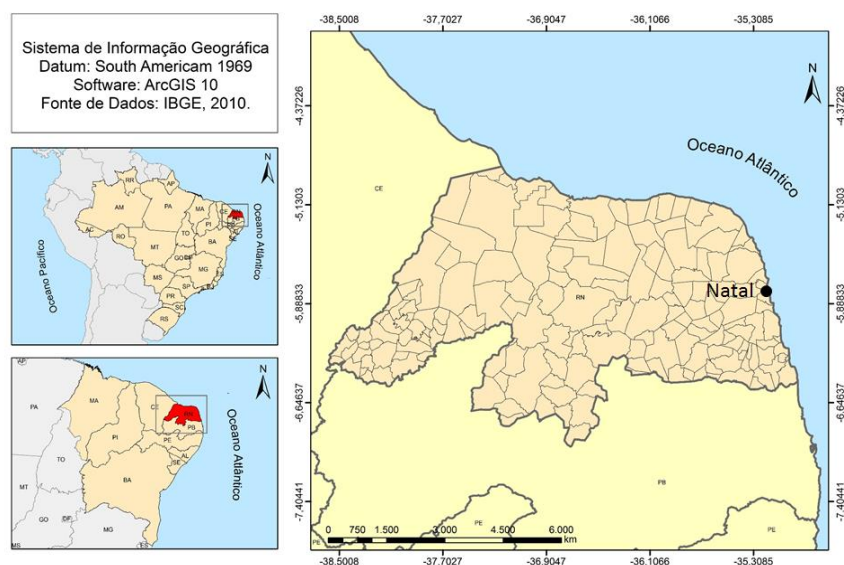


Figura 1 - Localização geográfica do Estado do Rio Grande do Norte com destaque para a localização da cidade de Natal.

2.2 Dados

Neste trabalho foi utilizado um conjunto de dados de Irradiação Global Horizontal referentes aos meses de junho e novembro dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012. Os dados foram medidos na estação solarimétrica localizada nas coordenadas 5,84° Sul, 35,2° Oeste, pertencente ao Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (Rede SONDA), situada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Esses dados estão disponíveis no site <http://sonda.ccst.inpe.br/basedados/natal.html>.

Os dados de GHI foram medidos a partir de um piranômetro CM11 da Kipp e Zonen. Foram utilizados também dados diários de precipitação e insolação medidos na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada a poucos metros da estação solarimétrica da Rede SONDA, coletados através do site <http://www.inmet.gov.br>. Os dados utilizados são referentes aos meses de junho e novembro dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012. Foram coletados também dados mensais de precipitação e insolação do período de 1961 a 2014.

A escolha dos anos se deu devido à disponibilidade dos dados de radiação disponibilizados pela Rede SONDA.

Para o processamento dos dados de GHI, foram realizadas médias horárias e calculados os totais diários e, para os dados de precipitação, foram elaborados gráficos dos totais diários. Foi utilizado o Excel 2010 para cálculo das médias e elaboração dos gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica configura uma das variáveis meteorológicas mais importantes para estudos climáticos de uma determinada região. A variabilidade da pluviométrica impacta diretamente diversas atividades do setor produtivo-econômico e social, como por exemplo, a agricultura, a indústria e a geração e distribuição de energia elétrica (hidroelétrica, eólica e solar). Nesse sentido o conhecimento do comportamento dessa variável é substancial para o desenvolvimento de projetos dessas atividades.

Através do gráfico da climatologia mensal da precipitação pluviométrica para a cidade de Natal (Fig. 2a) entre os anos de 1960 e 2014, observa-se que o mês de junho é considerado o mais chuvoso com uma média de 319 mm. Enquanto que o mês de novembro pertence ao trimestre considerado mais seco com uma média de precipitação esperada de apenas 25 mm.

Verifica-se através do gráfico da climatologia mensal da razão de insolação, para o mesmo período, que o mês de junho apresenta o menor número de horas de Sol, enquanto que o mês de novembro está inserido no trimestre com maiores valores de insolação (Fig. 2b). Ou seja, em meses com maior índice de precipitação (chuva) espera-se uma menor incidência de radiação solar, dado que a precipitação está associada a uma maior quantidade de nebulosidade na atmosfera. O contrário é verificado nos meses com pouca chuva, quando há uma maior incidência de radiação solar sobre a superfície.

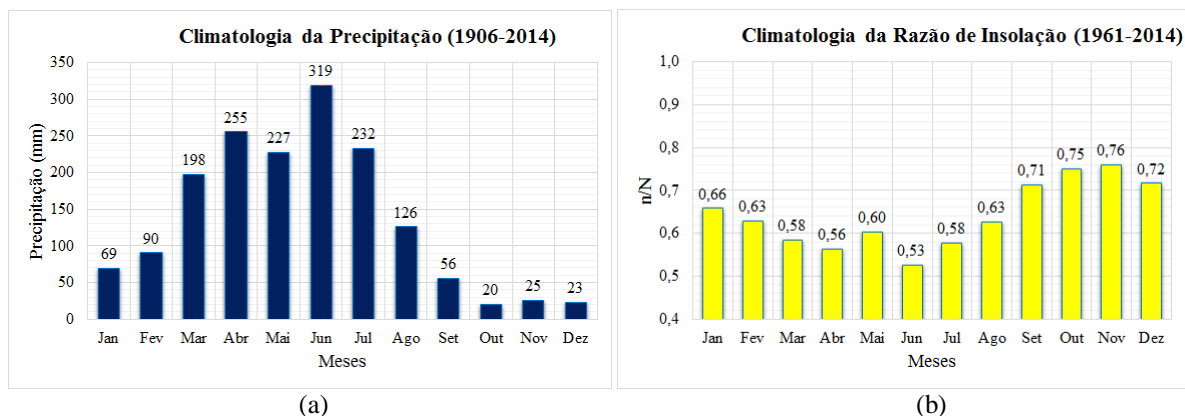


Figura 2 - Gráfico da climatologia (a) de precipitação pluviométrica e (b) razão de insolação mensal para a cidade de Natal-RN com dados de 1960 a 2014 fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

Na análise da média horária da Irradiância Global Horizontal, elaboradas considerando todas as condições de céu, para os meses de junho, pode-se observar que o ano de 2010 apresentou o maior índice de irradiância, enquanto que o ano de 2011 foi considerado o ano com o menor índice médio horário registrado. A Fig. 3 representa a média horária da Irradiância Global Horizontal para o mês de junho dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012. Verifica-se também que a diferença entre os maiores valores observados que aconteceram por volta das 11h da manhã variou entre 605 e 753 W/m^2 , num total de cerca de 150 W/m^2 de diferença entre um período que apresentou chuvas acima da média (2011) e chuvas abaixo da média (2010). Resultados similares foram encontrados por Rocha et al., 2012.

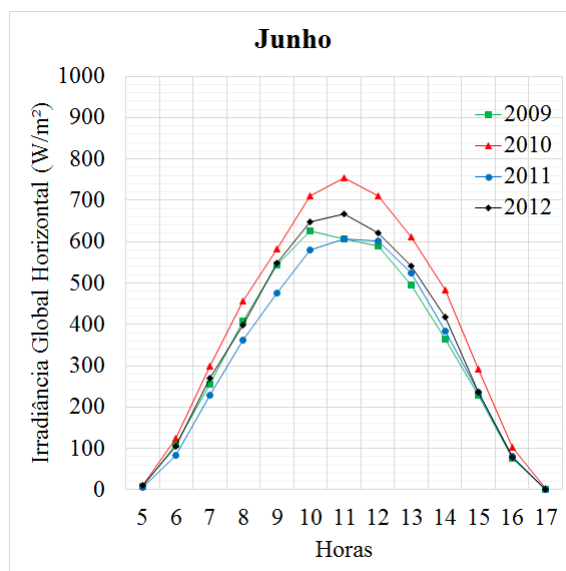


Figura 3 - Média mensal horária da Irradiância Global Horizontal em W/m^2 para os meses de junho de 2009, 2010, 2011 e 2012.

3.1 Análise dos meses de junho

Na Fig. 4 verifica-se a Irradiação Global Horizontal (GHI) e o acumulado de precipitação ao longo do mês de junho. Os dados de GHI apresentaram decréscimo em dias associados à ocorrência de precipitação. Esse fato pode ser observado com destaque durante os dias 23 e 24 de junho de 2009, dias com os maiores acumulados de precipitação (Fig. 4a e 4b). Segundo o Boletim Climanálise (2009), a atuação de um episódio de Distúrbio Ondulatório de Leste - DOLs, entre os dias 22 e 23, favoreceu os elevados totais diários de chuva registrados nas cidades de Natal-RN. Observa-se que no dia 23 de junho de 2009, o índice de GHI foi o mais baixo registrado (Fig. 4a) e verifica-se que no mesmo dia foram registrados 97,1 mm de precipitação (Fig. 4b).

O mês de junho de 2010 apresenta os maiores índices de GHI ao longo de todo o mês e em comparação com os outros meses de junho (Fig. 4c). Esse fato pode estar associado principalmente a pouca precipitação registrada durante o mês no ano de 2010 (Fig. 4d). Segundo o Boletim Climanálise (2010), o mês de junho de 2010 foi marcado pela atuação do DOLs, contudo as chuvas foram concentradas nos Estado de Pernambuco e Alagoas. Apesar dos elevados totais de chuvas registrados em cidades do leste do Nordeste, choveu abaixo da média histórica em algumas localidades do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba e na maior parte da Bahia, inclusive com ocorrência de baixos valores de umidade relativa do ar, como os 15% registrados na cidade de Bom Jesus da Lapa-BA, no início de junho.



Figura 4 - Irradiação Global Horizontal em kWh/m²/dia para o mês de junho de (a) 2009, (c) 2010, (e) 2011 e (g) de 2012 e precipitação acumulada diária em mm para o mês de junho de (b) 2009, (d) 2010, (f) 2011 e (h) 2012 na cidade de Natal-RN.

O contrário é observado durante o mês de junho de 2011. Nota-se que esse foi o ano que apresentou os menores índices de irradiação ao longo do mês (Fig. 4e), verifica-se também que o mês de junho de 2011 apresenta os maiores índices de precipitação, conforme pode ser visto na Fig. 4f. Apesar do mês de junho de 2011 ter apresentado déficit pluviométrico que predominou na maior parte da Região Nordeste, segundo o Boletim Climanálise (2011), destacaram-se alguns acumulados diários de precipitação. Estes acumulados ocorreram principalmente na faixa leste que vai do Rio Grande Norte até o sul da Bahia, cujo período mais chuvoso inicia em abril e termina em julho, sendo associados à

formação de distúrbios no escoamento de leste e à convergência de umidade decorrente da circulação anticiclônica sobre o oceano.

De uma maneira geral, observa-se os anos de 2009 e 2012 apresentaram média diária de 4,45 kWh/m²dia e 4,69 kWh/m²dia respectivamente, enquanto que os anos de 2010 e 2011 apresentaram média diária de 5,31 kWh/m²dia e 4,31 kWh/m²dia, esses valores comprovam que a região é bastante favorável ao aproveitamento do recurso solar para a geração de energia elétrica.

3.2 Análise dos meses de novembro

Na análise da média horária da Irradiância Global Horizontal, elaboradas considerando todas as condições de céu, para os meses de novembro pode-se observar que o ano de 2010 apresentou o maior índice de irradiância, enquanto que o ano de 2011 foi considerado o ano com o menor índice médio horário registrado. A Fig. 5 representa a média horária da irradiância para o mês de novembro dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012. Verifica-se também que a diferença entre os maiores valores observados que aconteceram por volta das 11h da manhã variou entre 921 e 972 W/m², num total de cerca de 50 W/m² de diferença entre os períodos.

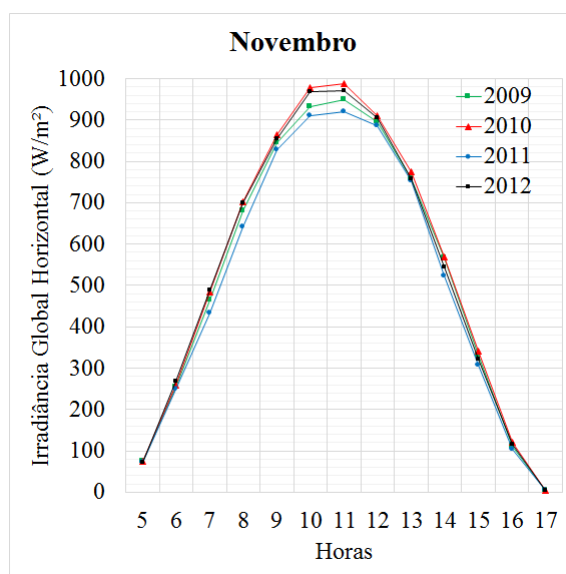


Figura 5 - Média mensal horária da Irradiância Global Horizontal em W/m² para os meses de novembro de 2009, 2010, 2011 e 2012.

Na Fig 6 verifica-se a GHI e o acumulado de precipitação ao longo do mês de novembro dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012 respectivamente. Observa-se que os anos de 2010 e 2012 apresentaram os maiores índices diários de GHI (Fig. 6c e 6g) com médias diárias de 7,30 kWh/m²dia e 7,20 kWh/m²dia, enquanto que o ano de 2011 foi considerado o ano com o menor índice (Fig. 6e) médio registrado 6,85 kWh/m²dia.

Os meses de novembro apresentaram valores bastante elevados de Irradiação Global Horizontal (GHI) ao longo de praticamente todos os dias do mês. Apenas, durante o mês de novembro de 2011, verifica-se uma leve atenuação dos valores, provavelmente relacionados aos acumulados de precipitação registrados (Fig. 6e e 6f). A análise dos meses de novembro permitiu verificar que a cidade de Natal possui elevados potenciais de recurso solar para o aproveitamento da energia solar neste período.

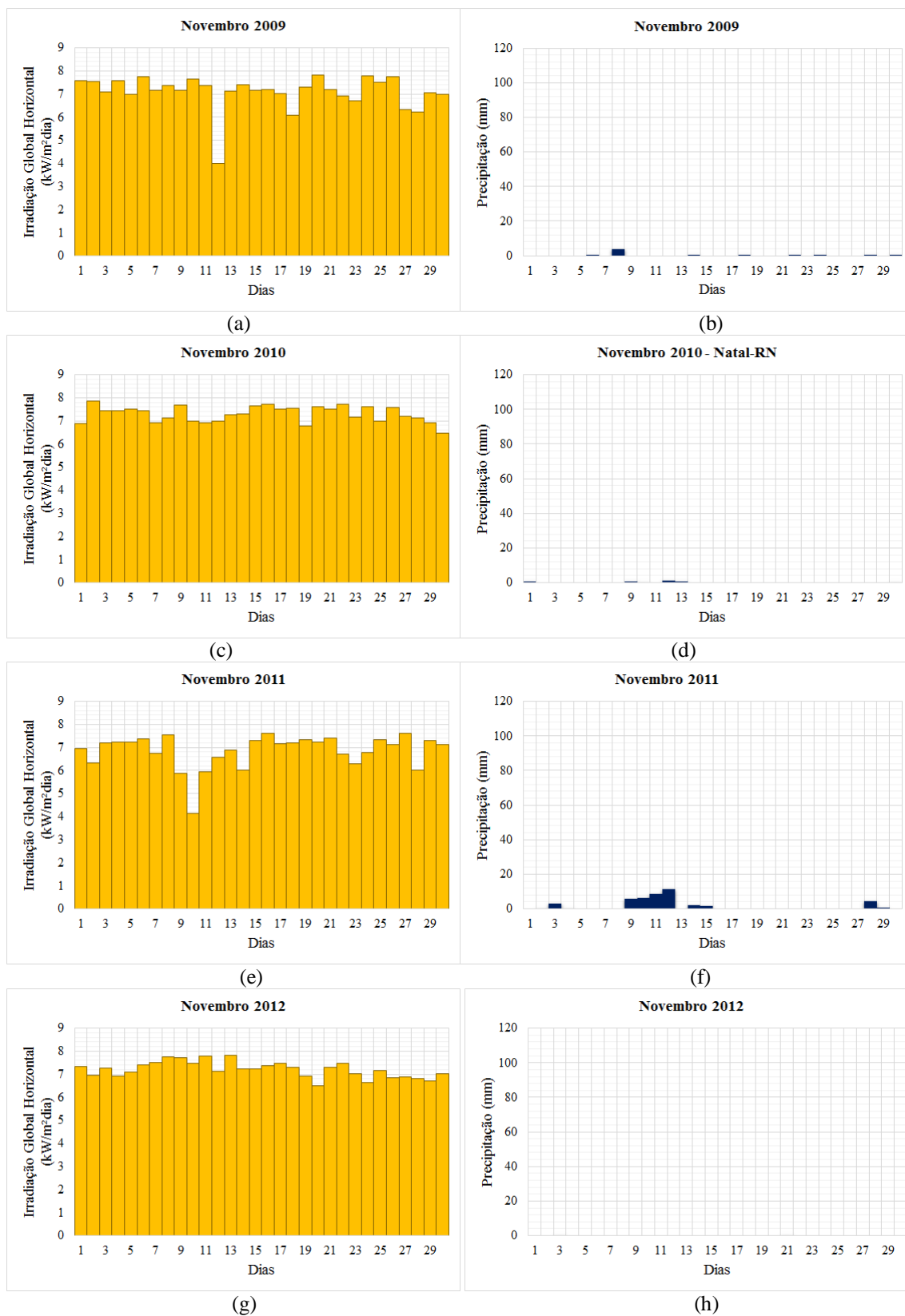


Figura 6 - Irradiação Global Horizontal em kWh/m²/dia para o mês de junho de (a) 2009, (c) 2010, (e) 2011 e (g) de 2012 e precipitação acumulada diária em mm para o mês de junho de (b) 2009, (d) 2010, (f) 2011 e (h) 2012 na cidade de Natal-RN.

4. CONCLUSÕES

A realização desse trabalho permitiu concluir que a partir da análise de séries de Irradiação Global Horizontal medida numa estação solarimétrica e também de séries de precipitação e insolação medidas numa estação climatológica

ambas instaladas na cidade de Natal, foi possível verificar que mesmo em períodos considerados extremamente chuvosos, Natal apresenta altos índices de radiação solar que podem ser aproveitadas para geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos. Verificou-se que no mês de junho, considerado chuvoso acima da média, os valores da energia incidente média diária foram de 4,31 kWh/m²dia e que durante o mês de novembro, considerado mais seco, os valores da energia incidente média diária foram de 7,30 kWh/m²dia. A existência de uma estação solarimétrica com medição da radiação solar, tornou a análise mais precisa e confiável.

REFERÊNCIAS

- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 24, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Junho/2009. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf10/jun09.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:00:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 25, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Junho/2010. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf10/jun10.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:00:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 26, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Junho 2011. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0611.shtml.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:05:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 27, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Junho/2012. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf12/jun12.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:10:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 24, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Novembro/2009. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf11/nov09.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:15:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 25, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Novembro/2010. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf12/nov10.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:20:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 26, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Novembro/2011. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf11/nov11.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:15:00.
- CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Volume 27, Número 05. Cachoeira Paulista/SP. INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal. Novembro/2012. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf12/nov12.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2015, 14:20:00.
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; YAMASHITA, C.; PEREIRA, S. V.; MANTELLI NETO, S. Base de dados climático-ambientais aplicados ao setor energético - Projeto SONDA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, Anais..., Brasil. 2005.
- OLIVEIRA, I. R.; THOMAZ JR, J. C.; NOGUEIRA, J. L. M.; MELO, J. M. Princípios da Instalação de uma Estação Solarimétrica – SONDA Uma Visão Teórica e Preliminar –Parte I. IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia, Pelotas, 2011.
- QUERINO, C.A.S.; MOURA, M.A.L.; QUERINO, J.K.A.S.; VON RADOW, C.; MARQUES FILHO, A.O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas – Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.2, p.204 – 294, 2011.
- ROCHA, A. V.; SOUZA, S. S.; OLIVEIRA, C. C. A.; LIMA, J. A. R.; PAULA, J. C. O. Análise da radiação global em Natal-RN entre abril de 2011 a março de 2012 e sua influência na produção de energia elétrica. In: VII CONNEPI, 2012, Palmas-TO. Anais do VII CONNEPI, 2012.
- ROSA, D. J. M.; ZILLES, R. Caracterização da Energia Solar Disponível na Região do Lagamar, Município De Cananéia, An. 4. Enc. Energ. Meio Rural, 2002.
- SANTOS, S. A.; AMANAJÁS, J. C.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SOARES, B. L. Padrões Homogêneos de Insolação no Rio Grande do Norte: Uma Aplicação da Análise de Agrupamentos. V Congresso Brasileiro de Energia Solar – Recife-PE, 2014.
- SILVA, F. R. da; CARVALHO, M. J. M. de. Implantação da Estação Solarimétrica de Natal-RN, II CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR E III CONFERÊNCIA REGIONAL LATINOAMERICANA DA ISES, 2008.

SILVA, F. R.; OLIVEIRA, H. S. M.; MARINHO, G. S.; Análise das Componentes Global e Difusa da Radiação Solar em Natal-RN entre 2007 e 2008. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2. e CONFERÊNCIA REGIONAL LATINO-AMERICANA DA ISES, 3., 2008, Florianópolis.

VARELA, G. H.; PEREIRA, O. S. Medição e Avaliação dos dados Solarimétricos da Cidade do Salvador, UNIFAC, 2006.

RELATIONSHIP BETWEEN RAINFALL AND HORIZONTAL GLOBAL IRRADIANCE VARIABILITY AT NATAL-RN

Abstract. *This study analyzes global horizontal irradiance series for the months of June and November of the years 2009, 2010, 2011 and 2012 and its variability associated with the pattern of rains during the same period in the city of Natal-RN. The analysis allowed to verify that June 2010 showed the highest level of irradiation and June 2011 the smallest, 5.31 kWh/m²day and 4.31 kWh/m²day respectively. The months of November 2010 and 2011 also showed the highest and the lowest levels of irradiation 7.30 kWh / m²dia and 6.85 kWh / m²day. It was concluded that even in periods considered quite rainy, the city of Natal also has enough solar resource for the use and generation of electricity.*

Key words: *Solar Energy, Meteorological Analysis, Rainfall rate*