

# ESTUDO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS NO ESTADO DO AMAPÁ.

Derivan Dutra Marques<sup>1</sup> Alaán Ubaiara Brito<sup>2</sup>, Alan Cunha<sup>3</sup>

1 Graduando em Física, bolsista de iniciação científica, 2 Doutor em Energia, 3 Pesquisador III Engenharia Ambiental. Dr. Eng. Civil. Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis - NHMET/IEPA.  
Macapá - AP, Fone: (96) 3 2411156, [derivandutra@iepa.ap.gov.br](mailto:derivandutra@iepa.ap.gov.br)

**RESUMO:** A caracterização da radiação solar é o primeiro passo para o dimensionamento correto de sistemas de geração elétrica por meio de geradores fotovoltaicos, especialmente quando se considera as comunidades remotas da Amazônia localizadas na zona costeira e estuarina do Estado do Amapá. Neste caso as séries históricas dos dados de 1969-1974 e 1982-1983, obtidos por meio de actinógrafos com 15 a 20% de erro, integram o Mapa Solarimétrico do Brasil. Neste sentido, o trabalho tem por objetivo apresentar dados atualizados de radiação solar para o estado do Amapá por meio de equipamentos mais precisos e em diferentes pontos da extensão territorial. Para isso, utiliza-se de Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCD's) onde os dados são obtidos remotamente. Como resultados da pesquisa pode-se constatar que, para o primeiro ano de análise (2006), o potencial solar apresenta-se **9,25 %** acima quando comparado com o presente no Atlas Solarimétrico do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia renovável, radiação solar, aquisição de dados.

**ABSTRACT:** The characterization of the solar radiation is the first step for the correct sizing of systems of generation of electric energy by means of photovoltaic generators, especially when we consider remote communities of the Amazonia, as the coastal and estuarine zone of the State of the Amapa. In this in case, the historical series of solar radiation date of 1969-1974 and 1982-1983 (gotten by means of actinography, 15 to 20% of error) integrate the Brazilian map of standard measurements. On another hand, the work aims to present date of solar radiation for the state of the Amapa by means of current equipment and in different points of the territorial extension. For this, it was used of Automatic Platforms of Collection of the Data (PCD' s) that obtain the data remotely. As results we can to evidence that, for the first year of analysis (2006), the solar potential presents values were more elevated than 9.25% when compared with the solar standard map of Brazil.

**KEY-WORDS:** Renewable energy, solar radiation, acquisition of data.

## 1. INTRODUÇÃO

No Estado Amapá há inúmeras localidades remotas sem acesso à energia elétrica, seja porque não há viabilidade econômica de instalação de redes convencionais, seja porque há enormes dificuldades, impondo soluções técnica e economicamente inviável para implementá-las diante das condições do homem do campo. Salientam-se os casos das populações das zonas costeiro-estuarinas do Estado do Amapá. Este problema tem sido um dos principais fatores impeditivos para o desenvolvimento e a fixação do homem rural em seu local de origem, evitando-se o êxodo rural indesejado para os grandes centros urbanos.

Normalmente, as conseqüências indesejáveis destes processos de migração acarretam a diminuição da produção de riquezas no campo e, ao mesmo tempo, eleva consideravelmente os problemas sociais causados pelo inchamento populacional nas cidades. No estado do Amapá esse fenômeno ocorre por diversos motivos. E dentre estes, a falta de infra-estrutura, como oferta de energia é um dos principais.

Em nível de Brasil, segundo o Censo 2000 realizado pelo IBGE<sup>1</sup>, existem cerca de 2,5 milhões de domicílios que não dispõem do serviço de energia elétrica (11 milhões de brasileiros). Dados do Atlas de Energia Elétrica do Brasil [1], desenvolvido pela ANEEL<sup>2</sup>, mostra que apenas 40 % da população residente no campo no Estado do Amapá possuem acesso à eletrificação rural. Em contraponto, o Estado do Amapá, assim como todo Brasil, conta com boa incidência de radiação solar em sua extensão territorial, o que representa um grande potencial de crescimento e emprego da tecnologia fotovoltaica para geração de energia elétrica.

Todavia, o processo de caracterização do potencial solar foi interrompido há bastante tempo, pois, as séries históricas existentes datam de 1969 a 1974 e de 1982 a 1983 as quais integram a base de dado do Atlas Solarimétrico do Brasil [2] disponível na atualidade.

Com base nestas informações, o trabalho tem por objetivo retomar o processo de caracterização da radiação solar no estado do Amapá por meio de equipamentos mais precisos e em diferentes pontos da extensão territorial. Para isso, utiliza-se de Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCD's) cujos dados são obtidos remotamente. Desta forma, é possível a geração de séries históricas que auxiliarão na implantação e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos no meio rural, com destaque às zonas costeiras (ilhas remotas, etc) e, deste modo, poder contribuir com informações sobre o comportamento da radiação solar no Estado, haja vista a enorme defasagem de 24 anos observada nas séries históricas disponíveis.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os dados utilizados neste estudo foram oriundos de coletas diárias realizadas de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2006, do Banco de Dados do Laboratório de Hidrometeorologia e Energias Renováveis – NHMET, do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA, registrados diariamente de três em três horas pelas Plataformas Automáticas de Coletas de Dados (PCD) dos tipos Agrometeorológica e Meteorológica e disponibilizadas nos sites do NHMET/IEPA e CPETEC<sup>3</sup>/INPE<sup>4</sup>.

---

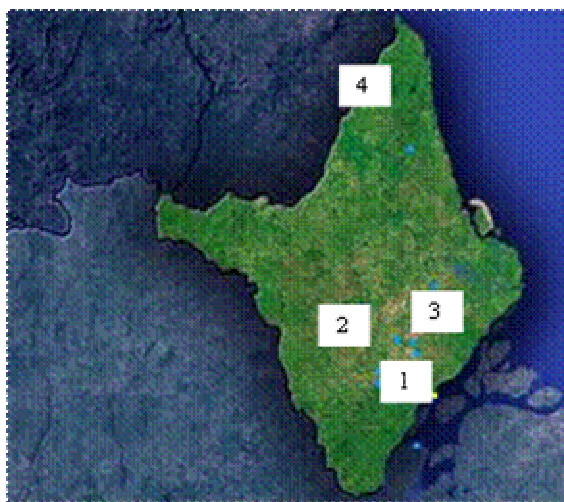
<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

<sup>2</sup> Agência Nacional de Energia Elétrica

<sup>3</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

<sup>4</sup> Instituto de Pesquisas Espaciais

Na Figura 1 apresenta-se a distribuição espacial das PCD's do tipo meteorológica e agrometeorológica no Estado. As do tipo agrometeorológicas estão Instaladas no 34º BIS (Batalhão de Infantaria e Selva) e Escola Agrícola do Pacuí, respectivamente, área urbana e rural de Macapá, com coordenadas geográficas, lat. 0,04°; long. 51,06°; alt. 16m e lat. 0,96°; long. 50,86°; alt. 17 m. Adicionalmente as PCD's do tipo meteorológicas estão instaladas nos Municípios de Serra do Navio e Oiapoque, com coordenadas geográficas respectivamente, lat. 090°; long. 52,00°; alt. 91m e lat. 3,81° long. 51,86°: alt. 152m.



**Figura 1:** Distribuição espacial das estações. (1) Macapá (2) Serra do Navio (3) Pacuí (4) Oiapoque.  
Fonte – CPTEC/INPE (2007) e NHMET/IEPA (2007).

## 2.1 CONFIABILIDADE DOS DADOS

Para manter a confiabilidade dos dados é necessária uma manutenção preventiva e ou corretiva que consistem, respectivamente na limpeza, verificação e retificação dos sensores, das conexões dos cabos e local onde está instalada a PCD. Para tanto, visitas locais são recomendadas para manter o bom funcionamento das mesmas (Cunha, 2005). E antes da utilização dos dados é realizada uma verificação qualitativa dos mesmos com o objetivo de verificar possíveis falhas nos sensores das PCD's.

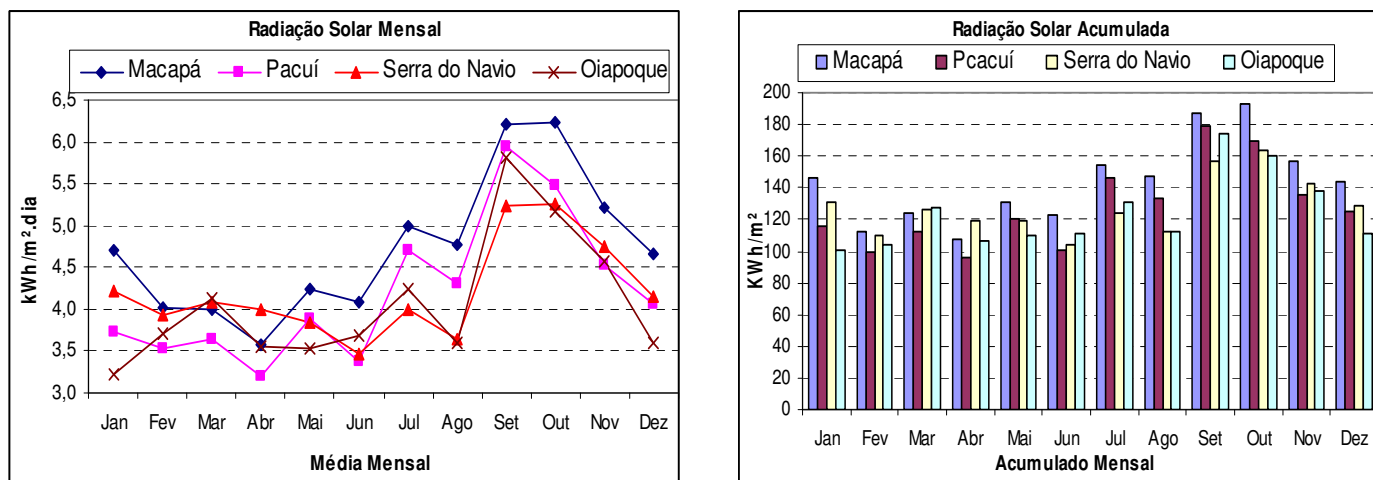
## 2.2 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados de radiação solar são obtidos em intervalos de 3 em 3 horas. Tendo em vista o grande número de informações fez necessário o desenvolvimento de planilhas eletrônicas as quais fornecem como saída dados de radiação solar na forma de valores diárias e médias ponderadas mensais e anuais. Por conveniência houve a conversão de unidades para os dados de radiação solar, expressos em kWh/m<sup>2</sup>. E por fim, foram também confeccionados gráficos mostrando a variação média mensal da radiação solar e o acumulado mensal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo dados do Atlas Solarimétrico do Brasil, a média anual da radiação solar ( $H_{h(annual)}$ ) para Estado do Amapá está em torno de 4,32 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Contudo, verifica-se que a média anual calculada para o Município de Macapá (4,7 kWh/m<sup>2</sup>.dia) encontra-se acima da média observada no Atlas Solarimétrico do Brasil, enquanto que os demais municípios há pouca diferença (entre 0,2 e 0,1 kWh/m<sup>2</sup>.dia).

A Figura 2a mostra a variação média mensal da radiação solar ( $H_{h(mensal)}$ ) município de Macapá, distrito de Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque. Verificou-se que a  $H_{h(mensal)}$  variou de 3,6 – 6,2 kWh/m<sup>2</sup>.dia em Macapá, 3,2 – 6,0 kWh/m<sup>2</sup>.dia em Pacuí, 3,5 – 5,3 kWh/m<sup>2</sup>.dia e Serra do Navio e 3,2 – 5,8 kWh/m<sup>2</sup>.dia em Oiapoque. A variação mínima para o Estado ocorreu em Oiapoque com 3,2 kWh/m<sup>2</sup>.dia no mês de janeiro e a máxima chegando a 6,2 kWh/m<sup>2</sup>.dia em Macapá nos meses de setembro e outubro. Com média anual para Macapá ficou em 4,7 kWh/m<sup>2</sup>.dia, Pacuí em 4,2 kWh/m<sup>2</sup>.dia, Serra do Navio 4,2 kWh/m<sup>2</sup>.dia, Oiapoque 4,1 kWh/m<sup>2</sup>.dia.



**Figura 2:** (a) média mensal da radiação solar e (b) radiação solar acumulada mensal para a Macapá, Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque. Fonte: NHMET/IEPA(2007)

A Figura 2b, mostra o acumulado mensal ao longo do ano, tendo como acumulado mínimo o município de Pacuí com 96,1 kWh/m<sup>2</sup> no mês de Abril, e máximo em Macapá com 193 kWh/m<sup>2</sup> no mês de outubro.

### 4. CONCLUSÕES

Foram avaliadas os níveis de Radiação Solar Diária  $H_h$ , médias mensais em quatro estações automáticas de coleta de dados (PCDs), localizadas nos seguintes municípios do Estado do Amapá: Macapá (zona costeira), Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque (zona costeira).

Verificou-se, por intermédio das Figuras - 2a e 2b, que a variação anual média da radiação solar  $H_{h(\text{anual})}$  nas localidades de Macapá, Pacuí, Oiapoque e Serra do Navio, apresentam valores compatíveis com os do mapa solarimétrico brasileiro Tiba (2000). Contudo, ressaltam-se pequenos desvios relacionados ao parâmetro meteorológico estudado. Neste aspecto, foi observado para o Município de Macapá valores de  $H_{h(\text{mensal})} = 4,72 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia}$ , com desvio positivo de aproximadamente **9,25%**, quando comparados com valores de dados do Atlas Solarimétrico de Tiba (2000). Por outro lado, verificou-se um desvio negativo, de aproximadamente **2,3 a 4,6%** abaixo do previsto por Tiba (2000), para as demais localidades (Serra do Navio, Oiapoque e Pacuí).

Em síntese, verificou-se que a  $H_h$  é um parâmetro fundamental para a identificação do potencial solar em todo o Estado do Amapá, ressaltando-se as limitações quantitativas das PCDs na região, o que nos limita a capacidade de elaboração de melhores inferências para outras regiões desprovidas de monitoramento meteorológicos. Isto é, por prudência científica, não é possível extrapolar com maior exatidão as informações aqui geradas para outras regiões do próprio Estado do Amapá.

Tais limitações demonstram a necessidade de se expandir a rede de observação de superfície (PCDs) para atender às demandas e necessidades de avaliação do potencial solar no Estado do Amapá. Mas, por outro lado, trata-se de uma pesquisa pioneira no estado e da mais alta utilidade para dimensionamento de sistemas descentralizados de geração de energia solar fotovoltaica.

Verificou-se que a metodologia aqui empregada foi adequada para atender aos objetivos iniciais da pesquisa e que poderá ser consolidada em sua expansão e aprofundamento em pesquisas da área. Outro ponto importante é que com a pesquisa resgata-se o processo de caracterização da radiação solar que estava esquecido no estado do Amapá, sendo que este processo será contínuo.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Aneel - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2ª Edição – Brasília, 2005.
- [2] TIBA, C. Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de Dados Terrestres. 1ª Edição Recife - PE, Ed. Universitária da UFPE, 2001.
- [3] CUNHA, A .C. Dossiê – Implementação do Centro Estadual de Tempo, Clima e Recursos Hídricos. Macapá- AP. 93 p. 2005.