

# REDE SOLARIMÉTRICA DO ESTADO DE ALAGOAS

**Chigueru Tiba – tiba@ufpe.br**

Universidade Federal de Pernambuco – Depto de Energia Nuclear – Grupo FAE

**José Leonardo de Souza – jls@ccen.ufal.br**

Universidade Federal de Alagoas – Instituto de Ciências Atmosféricas

**Rinaldo Oliveira de Melo – rinaldoom@hotmail.com**

Universidade Federal de Pernambuco – Depto de Energia Nuclear – Grupo FAE

**Resumo.** *Uma rede solarimétrica com 9 estações foi implantada com sucesso e está plenamente operacional no estado de Alagoas. Atualmente a série temporal de medidas tem mais de três anos. Também foi elaborado e disponibilizado ao público o Atlas Solarimétrico Preliminar de Alagoas com medidas de Setembro de 2007 a Agosto de 2008. As cartas preliminares de isolinhas da radiação solar global diária para o estado de Alagoas nesse período, descrevem claramente para cada mês, regiões bem diferenciadas com irradiações crescente do litoral para o sertão e de forma geral do norte para o sul. Também apresenta uma forte sazonalidade, por exemplo, com um máximo de 24-26 MJ/m<sup>2</sup> em novembro e um mínimo de 13-15 MJ/m<sup>2</sup> em julho na região do sertão. A região de maior potencial é no sertão de AL na região compreendida por Pão de Açúcar, Santana do Ipanema e Água Branca. De forma consistente os mapas de irradiação PAR e Iluminância seguem o comportamento descrito anteriormente. Cabe ressaltar que os mapas resultantes são produtos de apenas um ano de medição, portanto, incapazes de refletir as variabilidades inter-anuais intrínsecas ao recurso solar. Um Atlas mais definitivo será elaborado em julho de 2011 com valores de 4 anos de medição.*

**Palavras-chave:** *Energia Solar, Irradiação Solar Total, PAR, Iluminância, Mapas de Isolinhas*

## 1. INTRODUÇÃO

A informação adequada sobre o recurso solar é importante para uma diversidade de áreas tecnológicas tais como agricultura, meteorologia, engenharia florestal, recursos hídricos e particularmente para uma tecnologia inovadora como a energia solar. O desenvolvimento e a difusão dessa tecnologia dependem fortemente da economicidade e confiabilidade dos sistemas solares instalados, seja em escala restrita ou ampla, processo cujo fundamento está constituído pelo conhecimento preciso do recurso solar. O dimensionamento de sistemas solares requer informações confiáveis sobre a irradiação solar e caso elas não existam, pode se traduzir em sistemas mal dimensionados com repercussões em custos ou na credibilidade da tecnologia.

Neste momento, a inserção no mercado de algumas aplicações da tecnologia solar está ocorrendo de forma bastante acelerada. Assim, por exemplo, a tecnologia solar térmica para aquecimento de água para fins sanitários é uma indústria relativamente próspera e atuante e que em 2008 instalou mais de 600.000 m<sup>2</sup> de coletores planos no Brasil (Alencar, 2009). Por outro lado, cabe ressaltar que a geração termoelétrica solar em grande escala, que utiliza concentradores cilíndrico-parabólicos, é uma tecnologia provada e bastante próxima da maturidade comercial. Nove usinas conhecidas como *SEGS (Solar Electric Generating System)* com uma capacidade instalada de 354 MW, estão funcionando comercialmente na localidade de Mojave, Califórnia, há mais de 20 anos. A primeira geração de usinas *SEGS* tinha 13 MWe (1985), a segunda 30 MWe e a última 80 MWe (1991). Após um período de escassa atividade (em termos de instalação de centrais e não em P&D), de aproximadamente uma década, a tecnologia termoelétrica solar começa a se recuperar rapidamente nesse início do século XXI. Em 2008 foi inaugurada a usina de NEVADA ONE, nos Estados Unidos com 64 MWe. Na Espanha foram concluídas no período 2007-2009 três usinas de 50 MW: ANDASOL I e II e EXTRESOL I. As centrais de NEVADA ONE e ANDASOL I e II e EXTRESOL I são produtos aperfeiçoados da linhagem *SEGS*.

A avaliação das informações existentes sobre o recurso solar no Brasil leva a constatação da escassez de informações de boa qualidade sobre a irradiação solar no Nordeste do Brasil. Existem diversas redes nacionais (*SONDA*; *INMET*, 2010) e locais de medição (*Escobedo*, 2010) da radiação solar, porém seja por baixa cobertura espacial ou por qualidade dos sensores, as existentes são insuficientes. Pelo que antecede, a implantação da Rede Solarimétrica de Alagoas foi motivada pela convicção de que é necessário, até imprescindível, atualizar e aprimorar a base de dados sobre o recurso solar no NE do Brasil e particularmente em Alagoas, para impulsionar de maneira sólida a inserção e uso da tecnologia solar no Brasil.

A Rede Solarimétrica de Alagoas, constituída de 9 estações padrões, foi implantada e comissionada em junho-agosto de 2007. Com os dados obtidos nesta primeira fase (Setembro 2007 – Julho 2008), foi elaborado um Atlas Preliminar do Estado de Alagoas (Tiba et al, 2009). Tais medições e os resultados divulgados aqui amplamente, devem ser vistos como a primeira fase ou a fase preliminar da construção de um Atlas Solarimétrico mais definitivo. Em caráter definitivo a consolidação de um Atlas Solarimétrico para o estado de Alagoas necessitará de uma campanha adicional de medição de 4 anos, ora em andamento, para que se possa capturar as variabilidades inter-anuais que são

intrínsecas ao recurso solar. Atualmente a rede solarimétrica tem mais de 3 anos de medição contínua (junho 2010), e bem calibrada e completará uma série histórica de 4 Anos em junho de 2011.

Adicionalmente, a rede solarimétrica implantada foi capaz de gerar os seguintes produtos a um custo marginal:

- Mapa Preliminar de Iluminância, elaborado a partir de medições realizadas por sensores de iluminância. Tais informações são importantes para a possível redução do consumo de energia elétrica, na medida em que sejam utilizadas para o desenvolvimento de projeto de arquitetura voltada para aproveitamento da iluminação natural, estratégia em consonância com as diretrizes do PROCEL/RELUZ e
- Mapa preliminar da irradiação PAR, elaborado a partir de medições realizadas por sensores PAR. O PAR (photosynthetically active radiation) é uma das forças diretoras do processo de crescimento e produção da biomassa, sendo o seu conhecimento de grande importância para o setor agrícola, pois permite o aumento da produtividade agrícola, a partir da otimização na localização de culturas e do aproveitamento da energia solar.

## 2. REDE SOLARIMÉTRICA DE ALAGOAS

### 2.1 Localização das estações solarimétricas

Esta fase do trabalho consistiu em levantar localidades distribuídas no estado de Alagoas, que reunissem as melhores qualificações para a realização do mapeamento solarimétrico do estado de Alagoas. Nesta avaliação entraram os mais diversos parâmetros, sendo os principais: condições fitogeográficas, segurança, distribuição espacial equilibrada, existência de telefonia fixa ou outros meios de transmissão e negociações com instituições públicas ou privadas para ceder um local de instalação. O mapa de localização das estações está mostrado na Fig. 1.

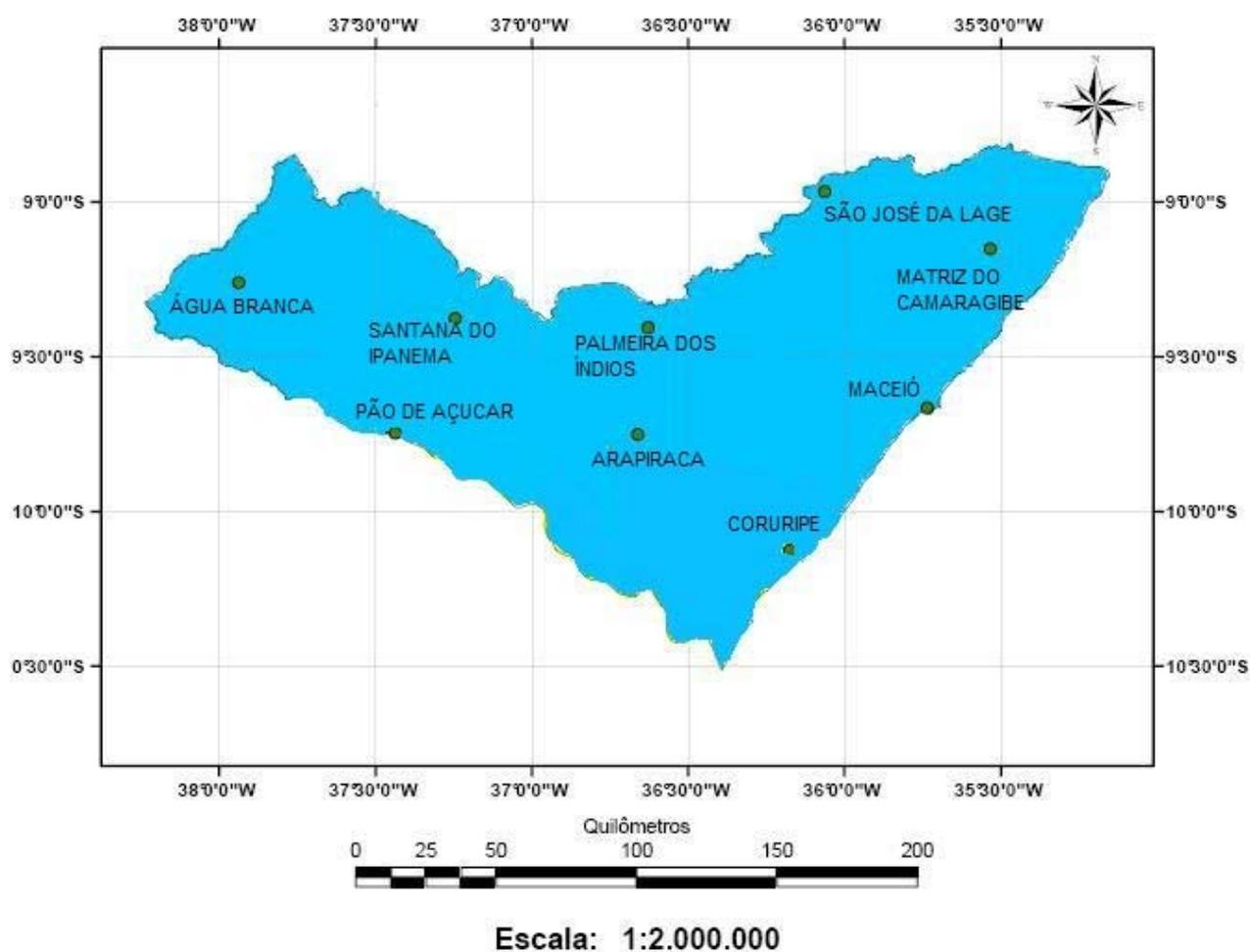


Figura 1 – Localizações das estações solarimétricas

### 2.2 Descrição da estação solarimétrica

A estação solarimétrica padrão é formada por um conjunto de 10 sensores que medem: a velocidade e direção do vento, a temperatura e umidade do ar, a irradiação solar global, a irradiação solar PAR e a Iluminância no plano horizontal e nos planos verticais: Norte, Sul, Leste e Oeste. Todos os sensores estão montados em uma pequena torre metálica, com cerca de três metros de altura apresentada na Fig. 2. Os sensores, de uma forma geral, estão montados em um eixo fixo à torre e posicionado na direção norte-sul, com o objetivo de evitar o possível sombreamento de um sensor por outro.

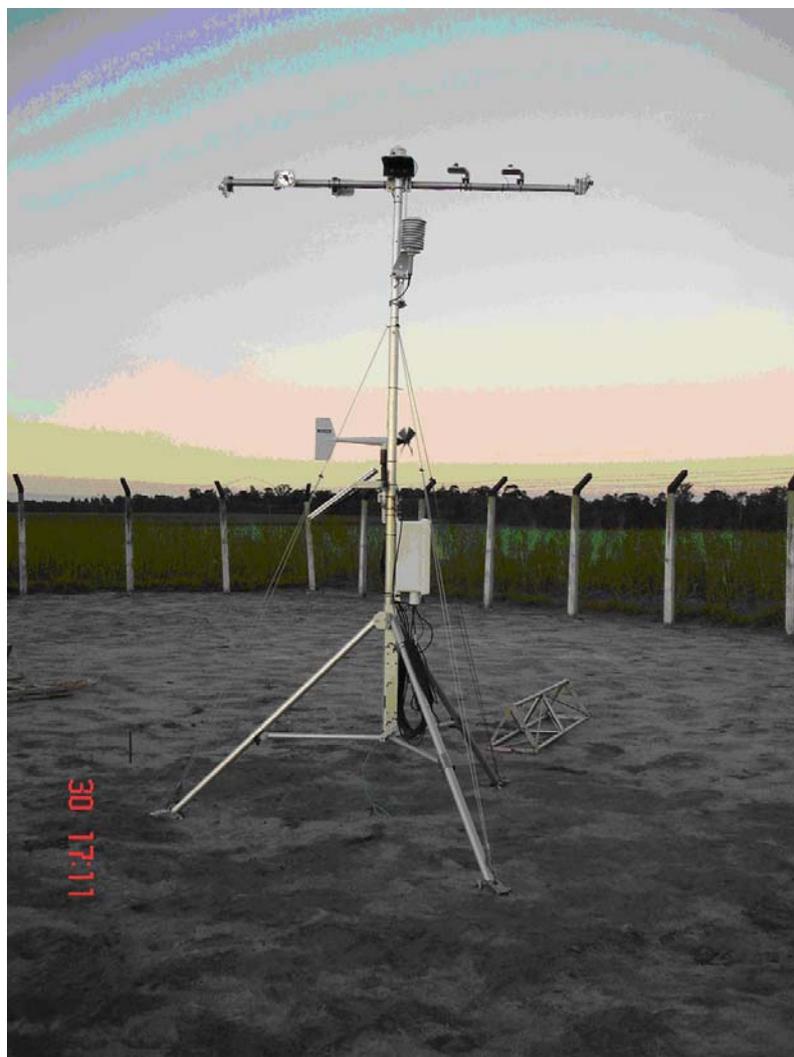


Figura 2 – Estação solarimétrica típica

Tabela 1. Especificações dos sensores e outros equipamentos da estação solarimétrica

VARIÁVEL FÍSICA/EQTOS	MODELO
Irradiação solar total ( $W/m^2$ )	8-48, Eppley
Irradiação solar PAR ( $\mu mol s^{-1} m^2$ )	LI-190SA, LI-COR
Iluminância (klux)	LI-210, LI-COR
Velocidade direção do vento (m/s, °)	05305 R.M. Young Wind Monitors
Temperatura e Umidade do Ar (°, %)	HMP45C, Vaisala Inc
Datalogger ( 8 canais dif.)	CR-1000, Campbell
Modem telefônico	Campbell
Modulo FV 10 W + Bateria	Campbell

### 2.3 Situação Operacional e Cronograma de calibração

Desde junho de 2007 as 09 estações estão realizando as aquisições de dados previstos, 08 de forma remota e 01 com a visita de um agente com periodicidade mensal. Também nesse período estão sendo realizadas as manutenções pertinentes e não programadas, trocas periódicas de sílica-gel e calibrações dos sensores, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Situação operacional e cronograma de calibração da rede solarimétrica de Alagoas (em junho de 2011 a série temporal completará 4 anos)

ESTAÇÃO	LOCALIDADE	PARTICULARIDADE				
		Comunicação	Início Operação	Calibração realizada		Situação Hoje
1	Água Branca	Telefonia fixa	Jun2007	Jan09	Jun10	Operacional
2	Coruripe	Operador	Jun2007	Jul09	Jun10	Operacional
3	Palmeira dos Índios	Telefonia fixa	Jun2007	Jul09	Jun10	Operacional
4	Arapiraca	Telefonia fixa	Jun2007	Jul09	Jun10	Operacional
5	Matriz de Camaragibe	Telefonia fixa	Jun2007	-		Não Operac.
6	Santana do Ipanema	Telefonia fixa	Jun2007	Jan09	Abr10	Operacional
7	São José da Lage	Telefonia fixa	Jun2007	Jul09	Jun10	Operacional
8	Pão de Açúcar	Telefonia fixa	Jun2007	Jan09	Jun10	Operacional
referência	UFAL – Maceió	Telefonia fixa	Jun2007	Jul09	Jun10	Operacional

### 3. RESULTADOS

Os dados medidos entre setembro de 2007 e agosto de 2008, em escala de minuto, foram reduzidos às suas médias diárias mensais e mediante a interpolação espacial com kriging (ESRI, 1999) foram elaborados os mapas mensais. As cartas preliminares de isolinhas da radiação solar global diária para o estado de Alagoas no período compreendido entre setembro de 2007 a agosto de 2008, descrevem claramente para cada mês, regiões bem diferenciadas com irradiações crescente do litoral para o sertão e de forma geral do norte para o sul. Também apresenta uma forte sazonalidade, por exemplo, com um máximo de 24-26 MJ/m<sup>2</sup> em novembro, Fig. 3 e um mínimo de 11,5- 17 MJ/ m<sup>2</sup>, em julho, na região do sertão, Fig. 4. A região de maior potencial é no sertão de AL na região compreendida por Pão de Açúcar, Santana do Ipanema e Água Branca.

## Irradiação solar total diária média (Novembro/2007)

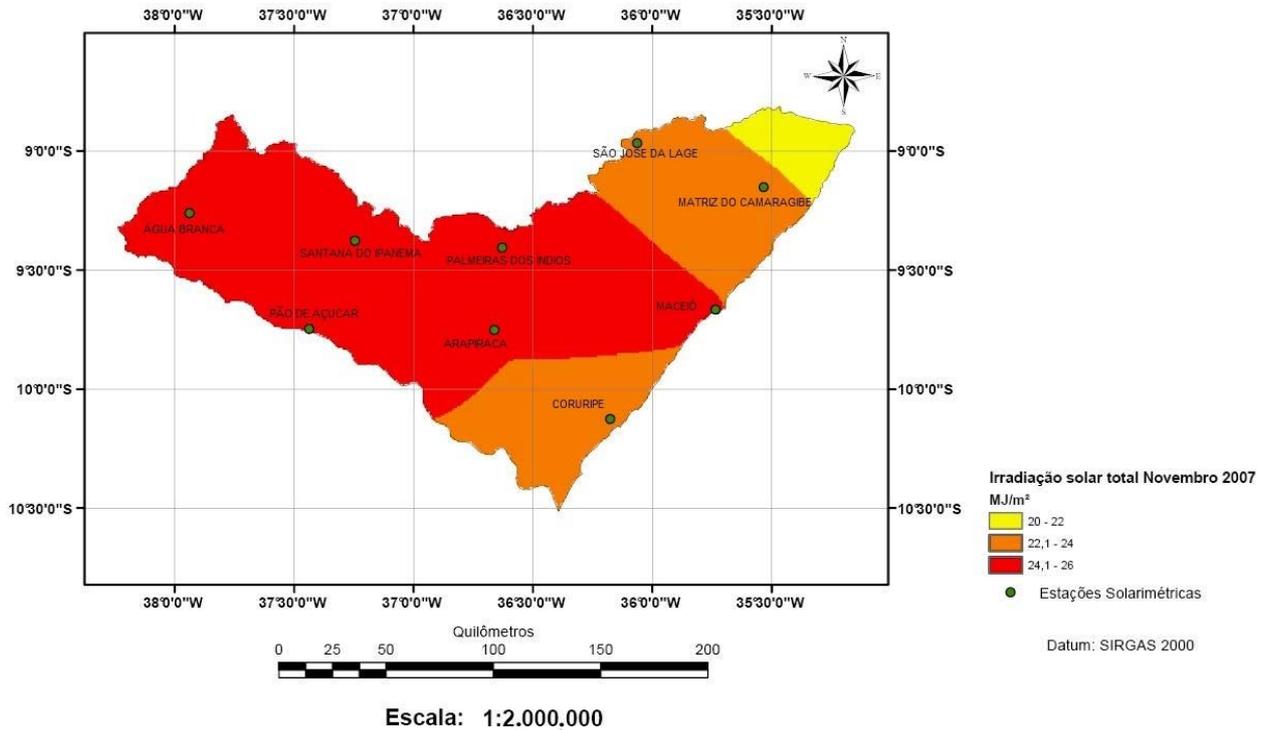


Figura 3 – Isolinhas de Irradiação solar diária média mensal no estado de Alagoas para Novembro de 2007

## Irradiação solar total diária média (Julho/2008)

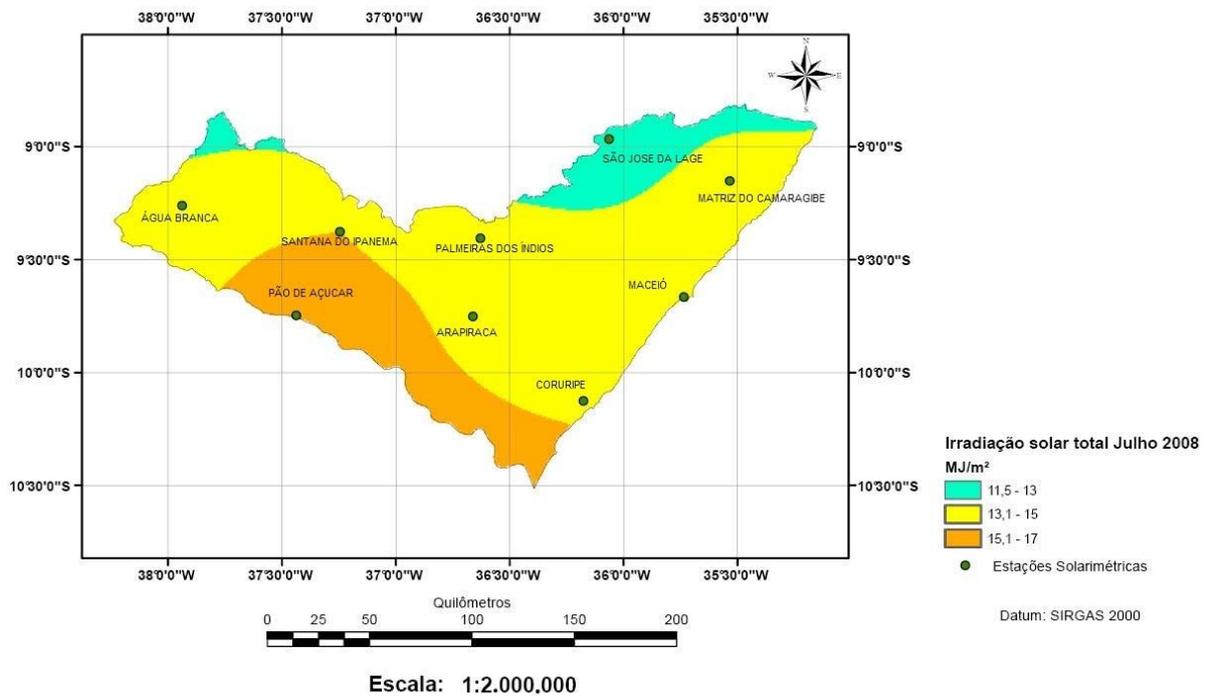


Figura 4 – Isolinhas de Irradiação solar diária média mensal no estado de Alagoas para Julho 2008

De forma consistente os mapas de irradiação PAR e Iluminância seguem o comportamento descrito anteriormente, Figs. 5 a 8.

## Irradiação PAR diária média (Novembro/2007)

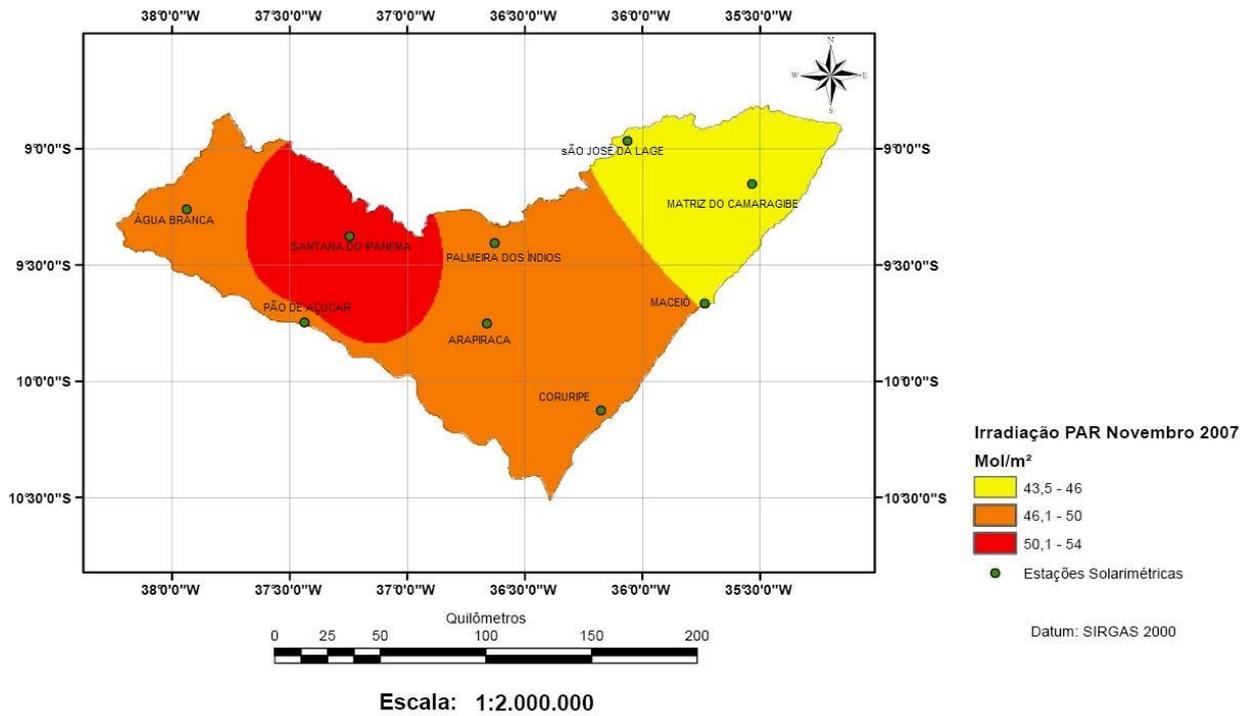


Figura 5 – Isolinhhas de Irradiação solar PAR diária média mensal no estado de Alagoas para Novembro de 2007

## Irradiação PAR diária média (Julho/2008)

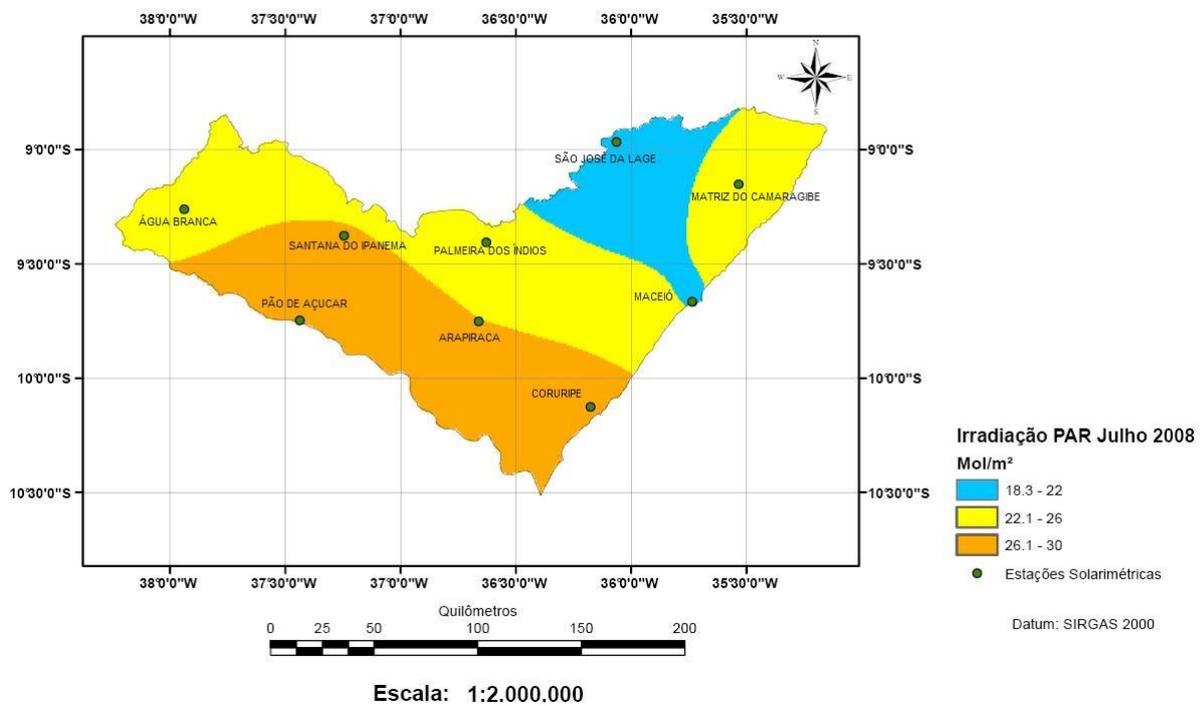


Figura 6 – Isolinhhas de Iluminância PAR diária média mensal no estado de Alagoas para Julho de 2008

## Iluminância diária média (Novembro/2007)

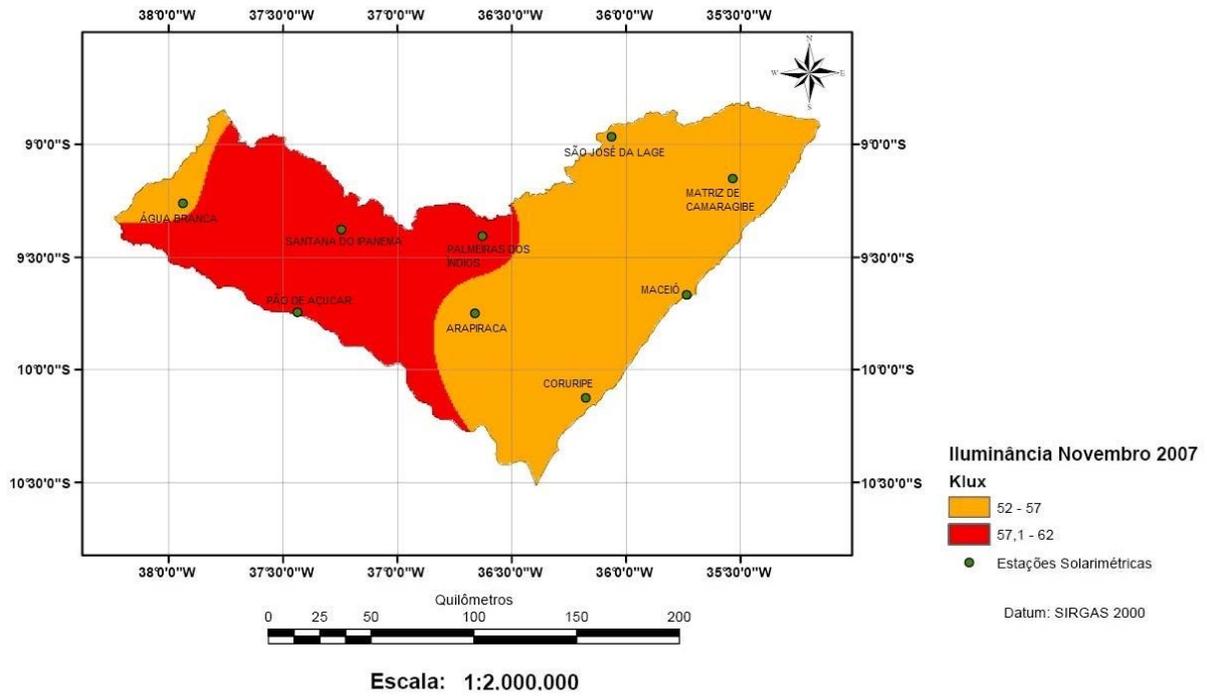


Figura 7 – Isolinhhas de Iluminância diária média mensal no estado de Alagoas para Novembro de 2007

## Iluminância diária média (Julho/2008)

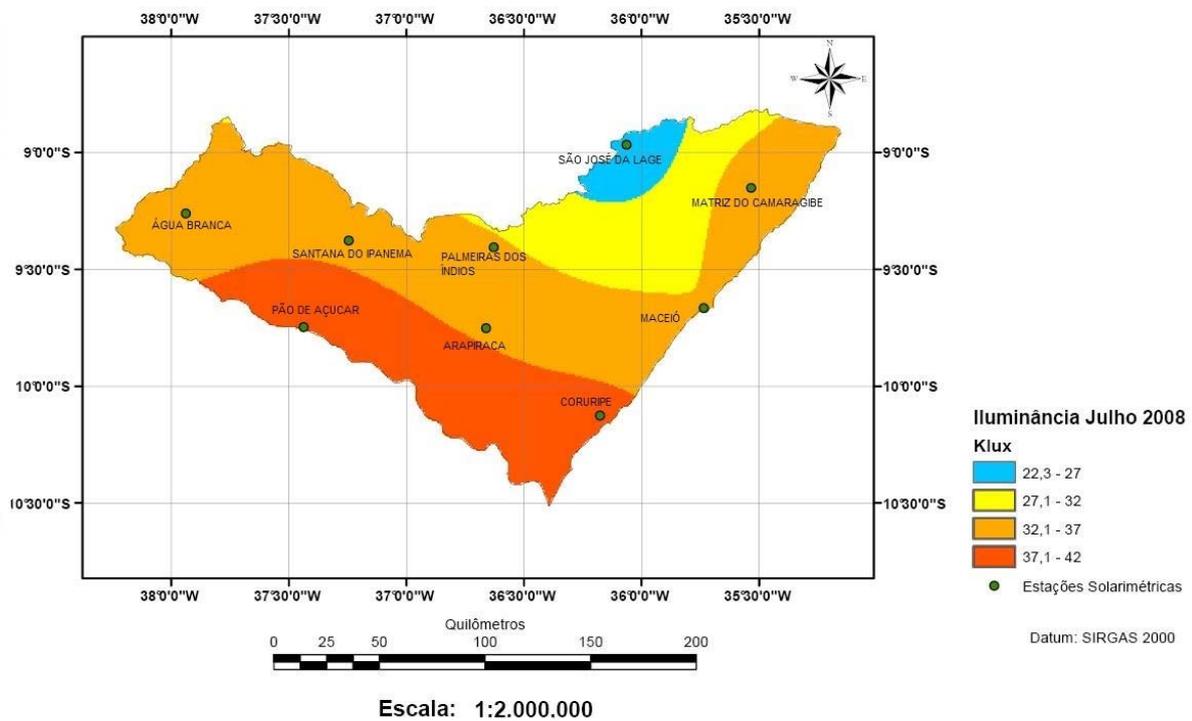


Figura 8 – Isolinhhas de Iluminância diária média mensal no estado de Alagoas, Julho de 2008

Cabe ressaltar que os mapas resultantes são produtos de apenas um ano de medição, portanto, incapazes de refletir as variabilidades inter-anuais intrínsecas ao recurso solar. Um Atlas mais definitivo será elaborado em julho de 2011 com valores de 4 anos de medição.

#### 4. CONCLUSÕES

A rede solarimétrica de Alagoas com 9 estações foi implantada com sucesso e está plenamente operacional e atualmente a série temporal tem mais de três anos de medidas. Também foi elaborado e disponibilizado ao público o Atlas Solarimétrico Preliminar de Alagoas, Setembro de 2007 a Agosto de 2008. Em junho de 2011 a série temporal completar-se-á 4 anos e com isso será possível elaborar um Atlas Solarimétrico mais definitivo para o estado de Alagoas.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao suporte financeiro da ELETROBRAS, do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e ao Programa Pró-Engenharias do CAPES.

#### REFERÊNCIAS

- Alencar, C. A., 2009. O Mercado Solar Térmico Térmico - P&D Como Fator de Expansão, Reunião Setorial de Energia Solar Térmica, 17-18 de março de 2009, Belo Horizonte, MG, PUC-Minas, MCT.
- Escobedo, J. F.. Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Departamento de Ciências Ambientais, Botucatu, São Paulo..
- ESRI - Environmental Science Research Institute, Inc. 1999. *ArcView 3.2 software*.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>.
- SONDA\_- Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em <http://sonda.cptec.inpe.br>. Acesso em 29 de julho de 2010.
- Tiba, C. , Souza, J. L. e Melo, R.O. , 2009. Atlas Solarimétrico Preliminar e Disseminação da Tecnologia Solar no Estado de Alagoas, Relatório Técnico Final, ECV-153A, ELETROBRAS.

**Abstract.** *A network to measure solar radiation was deployed in the state of Alagoas and currently the time series of measures has more than three years in length. Also was developed the Preliminar Solarimetric Atlas of Alagoas for the September of 2007 to August of 2008. The contour maps of daily global solar radiation for the state of Alagoas for that period, clearly describe for each month, well-differentiated regions with increasing radiation from the coast to the hinterland and in general from north to south. Also shows a strong seasonality, for example, with a maximum of 24-26 MJ/m<sup>2</sup> in November and a minimum of 13-15 MJ/m<sup>2</sup> in July both in the Sertão. The area of greatest potential in the Alagoas is in the region encompassed by the municipalities of Pão de Açúcar, Santana do Ipanema and Água Branca. Consistently maps of PAR irradiation and illuminance follow the behavior described above. It is noteworthy that the resulting maps are products of only one year of measurement, thus unable to reflect the inter-annual variability of the solar resource. A more definitive Atlas will be prepared in July 2011 with values of 4 years of measurement.*

**Keywords:** *Solar Energy, Total Solar Radiation, PAR, Illuminance, Contour Maps*