

Análise de Eficiência Energética de sistemas Fotovoltaicos Poli e Monocristalinos em ambiente protótipo-educacional

Rafael Ramon Ferreira²
Jacques Cousteau da Silva Borges¹
Paulo Cavalcante da Silva Filho²

¹IFRN – Campus João Câmara, Lab. Física-BR 406, Km 73, nº 3500 – Município de João Câmara-RN.CEP 59550-000

²IFRN, Lab. Física - Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN. CEP: 59015-000

Resumo: Esta pesquisa trata-se de um estudo descritivo exploratório de abordagem científica voltada para o estudo da viabilidade da utilização da energia solar nos ambientes educacionais do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. Estando direcionada para as seguintes linhas de pesquisa: incidência de radiação solar; viabilidade do uso da energia solar; relação existente entre a energia solar convertida em energia elétrica e os fatores regionais (clima, urbanização, e poluição); caracterização técnica dos materiais e eficiência de conversão dos módulos fotovoltaicos e divulgação do uso da energia solar para comunidade acadêmica atendida pelo IFRN. Como se tem observado em pesquisas recentes, o uso das energias renováveis é uma necessidade urgente, ou pelo menos será em poucos anos. Diante desse cenário, a pesquisa vem propor a utilização da energia solar fotovoltaica, através da aplicação de diferentes painéis em ambiente protótipo, com o intuito de mostrar in loco a viabilidade da utilização dessa forma de energia no nordeste brasileiro. Durante esse estudo, foi realizado o monitoramento dos módulos de energia solar dos tipos: (a) monocristalino e (b) policristalino, através de instrumentos medidas elétricas. Para medição, foram tomadas as coordenadas: Latitude 5° 45' 54" S e Longitude 35° 12' 05" W e as variáveis físicas envolvidas na geração de energia (tensão, corrente e potência) foram estudadas qualitativamente e quantitativamente para analisar a viabilidade de implantação do projeto de energia solar. Cada painel foi submetido a uma carga resistiva, de aproximadamente 3 Ω . Os valores de potência gerada foram coletados em janelas de duas horas de exposição. Além das medições para coletas de dados, também foram realizadas demonstrações desse sistema em exposições técnico-científicas e feiras de ciências, com o objetivo de divulgar e popularizar o uso da energia fotovoltaica entre a comunidade estudantil. Os resultados são apresentados conforme a média horária das medições. Dessa forma, foi possível obter os valores de eficiência energética das diferentes placas, para aplicações na cidade de Natal-RN. Tais resultados podem ser facilmente empregados nas diversas cidades do interior Rio Grande do Norte, e até mesmo em várias regiões do Nordeste. Acrescentamos aos resultados a grande participação da comunidade de alunos do IFRN, com visitas ao ambiente protótipo, que como futuros técnicos e engenheiros, devem ao máximo se familiarizar com as fontes de energias alternativas, com o objetivo de trabalharem em sua ampla utilização nas próximas décadas.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, energia alternativa, abastecimento energético sustentável

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais características de nossa sociedade, ao menos sob um ponto de vista prático e material, é o aumento intenso da demanda por abastecimento energético. Sendo essa característica, uma das condições para a existência de nossa indústria, nossos meios de transporte e até mesmo a agricultura e da vida urbana, ou seja, pré-requisito para a existência da nossa sociedade assim como a conhecemos [1]. Durante milhares de anos nossas civilizações viveram atreladas à idéia de inesgotabilidade energética, ou seja, nunca houve políticas para o uso sustentável da energia, principalmente a energia elétrica.

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. E, quando se fala em energia, deve-se lembrar que o Sol, nossa estrela, é responsável pela origem de praticamente todas as fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas, em sua maioria, da energia solar [2]. A energia solar, abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. Esta energia pode ser a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil, onde se obtém altos índices de insolação em quase todo território.

Os níveis de irradiação solar em escala anual equivalem a 10.000 vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. O Sol produz continuamente 390 sextilhões ($3,9 \times 10^{23}$) de quilowatts de potência. Como o Sol emite energia em todas as direções, um pouco desta energia é desprendida, mas mesmo assim, a Terra recebe mais de 1.500 quatrilhões ($1,5 \times 10^{18}$) de quilowatts-hora de potência por ano. É importante citar que para cada metro quadrado de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis, na construção de novas usinas hidrelétricas [3].

A Energia Solar Fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado pelo físico Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão [2].

O Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo, com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados e, mais de 7 mil quilômetros de litoral, suas condições para aproveitamento energético são extremamente favoráveis. Se, por um lado, as reservas de combustíveis fósseis estão gradativamente sendo reduzidas, por outro, os potenciais hidráulicos, da irradiação solar, da biomassa e da força dos ventos são suficientemente abundantes para garantir a auto-suficiência energética do país.

Em nosso estudo sobre o uso da energia solar, abordamos a energia solar fotovoltaica (ESF), devido à maior facilidade para trabalhar com esse tipo de energia. Outro fato é a disponibilidade de módulos fotovoltaicos de propriedade do Campus Natal – Central do IFRN. Os módulos fotovoltaicos, equipamentos primordiais para o uso dessa tecnologia, são de silício monocristalino e silício policristalino. O módulo de silício monocristalino é utilizado para cálculo de eficiência, já o de silício policristalino, para montagem do sistema de energia solar fotovoltaica.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se de um estudo descritivo exploratório de abordagem científica voltada para o estudo da viabilidade da utilização da energia solar e divulgação científica entre a comunidade do IFRN. Ela está direcionada para as seguintes linhas de pesquisa: incidência de radiação solar; viabilidade do uso da energia solar; relação existente entre a energia solar convertida em energia elétrica e os fatores regionais (clima, urbanização, e poluição); caracterização técnica dos materiais e eficiência de conversão dos módulos fotovoltaicos e divulgação do uso da energia solar para comunidade do IFRN.

Durante nosso estudo, fizemos o levantamento técnico de monitoramento dos módulos de energia solar, através de instrumentos medidas elétricas e experimentos em laboratório. Sendo estudadas qualitativamente e quantitativamente para analisar a viabilidade de implantação do projeto de energia solar em ambientes pequenos. Como carga, utilizamos um banco de resistores (Figura 3), sendo 10 resistores de 33Ω de resistência cada, dispostos em ligação paralela para que a corrente elétrica possa ser dividida com cada resistor, o banco foi montado numa base de acrílico.

3. MATERIAIS

Na realização deste trabalho, os materiais utilizados foram:

- Um módulo de silício monocristalino: figura 1.
- Um módulo de silício policristalino: figura 2.
- Placa de Carga e Medição: Resistores, Amperímetro e Voltímetro: figura 3.



Figura 1. Módulo de Silício Monocristalino

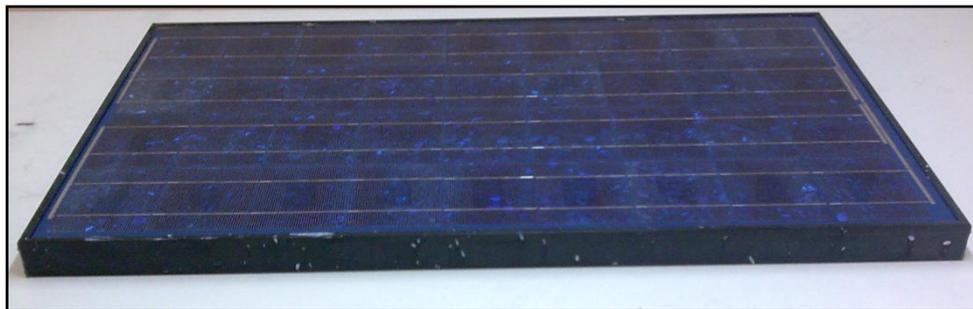


Figura 2. Módulo de Silício Policristalino

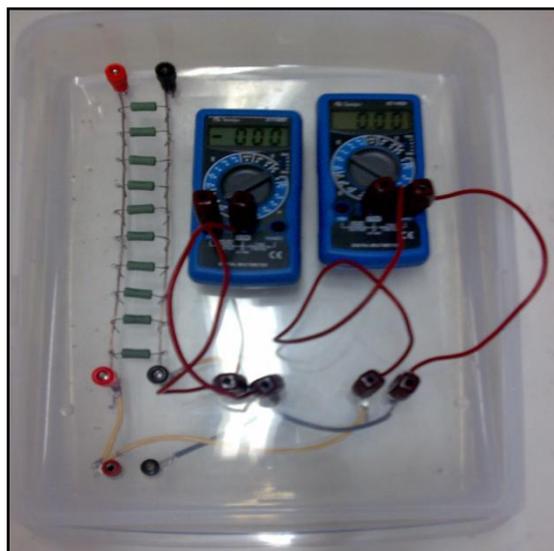


Figura 3. Placa de Carga e Medição: Resistores, Amperímetro e Voltímetro

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As estações do ano influenciam na incidência da radiação proveniente do Sol. Na figura 4, mostramos os níveis de radiação global, que é a radiação total incidente do Sol na atmosfera terrestre. Nesta figura, temos os valores médios e máximos mensais da radiação global (W/m^2) na cidade de Natal-RN, no ano de 2009. Existe uma variação dos níveis radiológicos dos meses de inverno (Junho, Julho e Agosto), que são menores em relação aos da Primavera (Setembro, Outubro e Novembro).

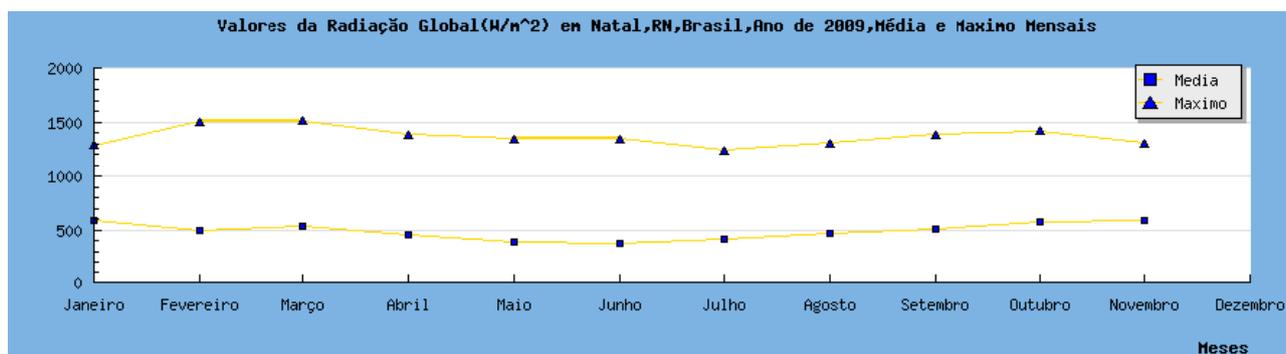


Figura 4. Valores das componentes Global em Natal-RN em 2009 [6].

Para maximizar o aproveitamento da radiação solar, podemos ajustar a posição do módulo solar de acordo com a latitude local no hemisfério Sul. Em nossa localização, Natal-RN, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local. A cidade de Natal devido à sua situação geográfica ($5^{\circ} 45' 54''$ Sul / $35^{\circ} 12' 05''$ Oeste), possui elevados níveis de radiação solar durante todo o ano[7].

Neste momento, apresentamos a análise dos resultados obtidos com o módulo de silício monocristalino:

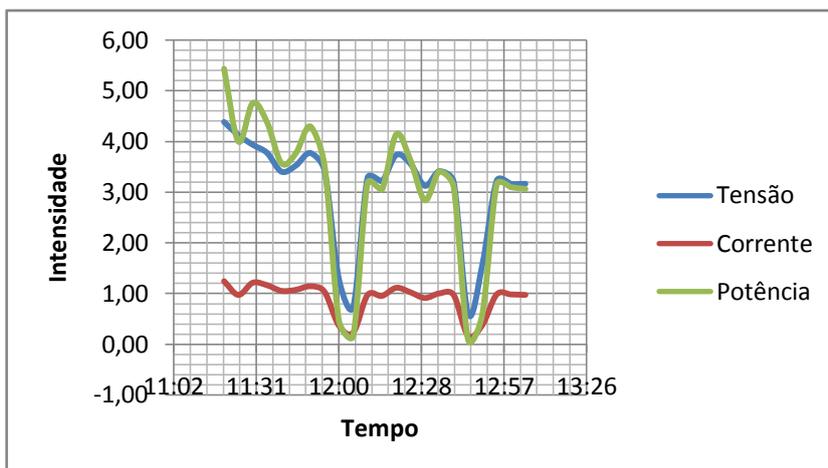


Figura 5. Módulo de silício monocristalino entre 11h e 13h no período do inverno

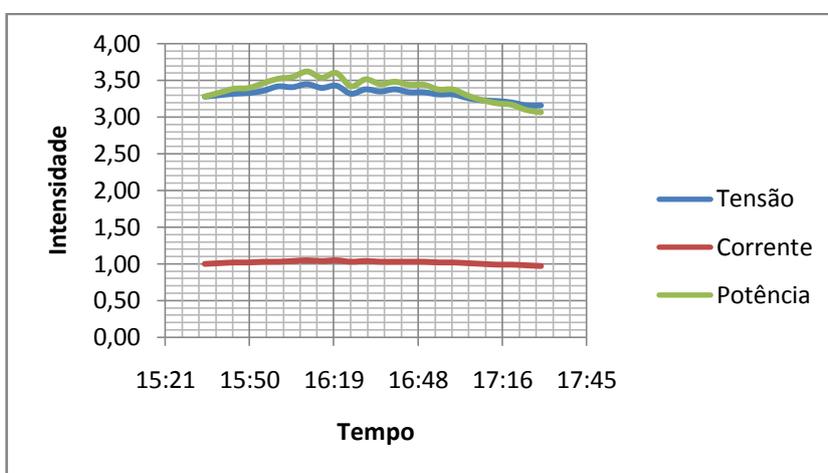


Figura 6. Módulo de silício monocristalino entre 15h e 17h no período da primavera

Nas figuras acima (figuras 5 e 6), ilustramos os gráficos de nossas medidas feitas a partir de instrumentos de medidas elétricas: amperímetros e voltímetro, ambos digitais. As análises, aqui dispostas, são comuns para as duas curvas das grandezas elétricas, exceto o período do ano em que foram feitas as medidas: inverno e primavera. As variações observadas nas curvas acima são causadas pela influência da atmosfera, tais como: reflexão por nuvens e aerossóis; reflexão pela superfície; absorção (O₃ da estratosfera e vapor d'água da troposfera) e absorção pela superfície.

Quanto aos resultados dos gráficos obtidos acima, podemos observar a constância nos valores da corrente elétrica percorrida pelos terminais da carga. Esse fenômeno ocorre devido ao tipo de carga, sendo carga resistiva. O fato dos valores da corrente elétrica estarem oscilando próximos de 1 A, significa que o módulo de ESF consegue manter esta corrente elétrica para sua carga. Fato muito importante para o abastecimento do banco de baterias.

Agora, apresentamos a análise dos resultados obtidos com o módulo de silício policristalino:

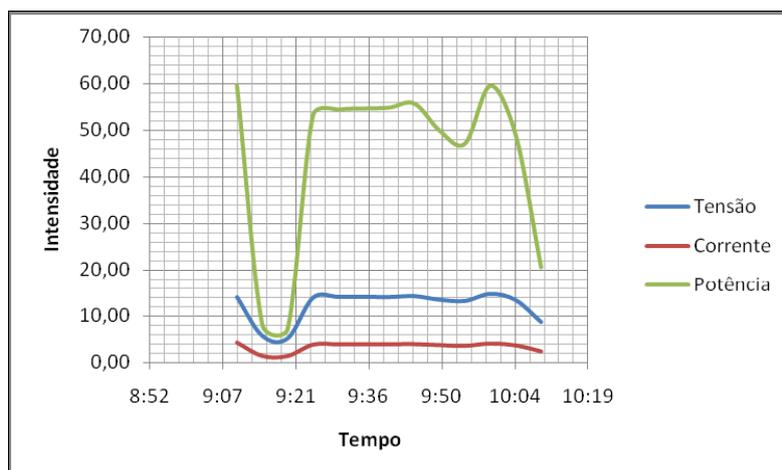


Figura 7. Módulo de silício policristalino entre 9h e 10h no período da primavera

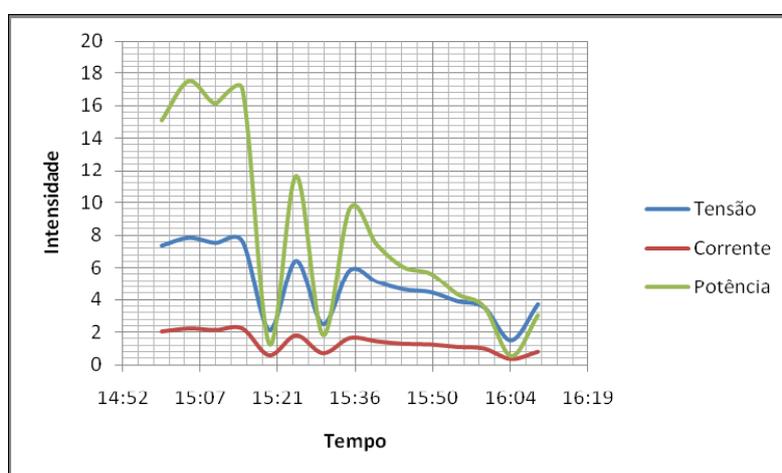


Figura 8. Módulo de silício policristalino entre 15h e 16h no período da primavera

Nas figuras acima (figuras 7 e 8), apresentamos os gráfico das variáveis elétricas obtidas com os mesmos instrumentos de medidas elétricas da análise anterior. Estas medições foram realizadas em uma mesma estação do ano, a primavera. As variações observadas nas curvas acima são causadas por fatores atmosféricos, conforme a análise dos módulos monocristalinos citados anteriormente.

No que diz respeito aos resultados dos gráficos obtidos acima, observamos novamente a constância nos valores da corrente elétrica percorrida pelos terminais da carga, que continua a ser o mesmo banco de carga resistiva. Seus valores da corrente elétrica oscilam próximos de 2 A. Percebemos que o módulo de ESF policristalino também consegue manter esta corrente elétrica para sua carga.

Diferentemente da energia elétrica proveniente da rede elétrica da concessionária de energia elétrica que é alternada (com frequência de 60 Hz), a tensão e corrente elétricas produzidas pelos módulos fotovoltaicos são de forma contínua, ou seja, semelhante às fontes químicas: baterias e pilhas. As cargas com maior viabilidade para serem alimentadas pelos módulos fotovoltaicos são os aparelhos resistivos, tais como: lâmpadas, aquecedores, e outros sistemas resistivos.

5. CONCLUSÕES

A energia solar que é abundante, não polui e nem prejudica nossos ecossistemas. Em nosso estudo sobre o uso desta energia, fizemos uma abordagem dentro da energia solar fotovoltaica - ESF. Este fenômeno foi descoberto pelo físico Edmond Becquerel, em 1839.

Neste estudo, fizemos uso dos módulos de silício monocristalino e policristalino. No que diz respeito à análise qualitativa e quantitativa sobre o uso da energia solar para abastecimento energético, o módulo monocristalino possui a eficiência de aproximadamente 15%, e dos policristalinos estão entre 11% e 13%, segundo a literatura [2]. A diferença encontrada nos valores de corrente elétricas medidas (~1 A e ~2 A, respectivamente), nesta pesquisa, se deve a diferença das áreas de nossos módulos fotovoltaicos: 0,1413 m² para monocristalino e 0,594 m² para policristalino. O fato dos valores das correntes elétricas estarem oscilando próximos de 1 A e 2 A, significa que o módulos de ESF conseguem manter esta corrente elétrica, fato muito importante para o abastecimento do banco de baterias.

Ainda corrente elétrica, as variações observadas nestas são causadas pela influência da atmosfera, tais como: reflexão por nuvens e aerossóis; reflexão pela superfície; absorção (O₃ da estratosfera e vapor d'água da troposfera) e absorção pela superfície.

A partir da posição geográfica da nossa cidade, Natal-RN, é possível obter-se elevados níveis de radiação solar durante todo o ano, fato positivo para uso da tecnologia fotovoltaica. Sendo assim, podemos concluir com parecer favorável a viabilidade do uso de um sistema de energia fotovoltaico híbrido, isto é, parte da energia elétrica é proveniente da concessionária elétrica (COSERN), parte do nosso sistema fotovoltaico.

Durante os eventos científicos realizados no IFRN, realizamos mini-cursos na Exposição Técnico-Científica de 2009, ocorrida durante a semana Nacional de ciência e Tecnologia, com o intuito de difundir na comunidade acadêmica de futuros técnicos e tecnólogos essa fonte de energia, que poderá se tornar indispensável no futuro próximo.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO do IFRN.

7. REFERÊNCIAS

FERNANDES, Carlos Arthur de Oliveira; GUARONGHI, Vinícius Mendes; Energia Solar. In: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP [online]. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>>. Acesso em 30 de março de 2009;

CENTRO DE REFERÊNCIAS PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Manual do engenheiro para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: 1999.

AMBIENTE BRASIL. Energia solar e o meio ambiente. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/solar.html>> Acesso em 30 de março de 2009

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília : ANEEL, 2002.[online] Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf> Acesso em 14 de Julho de 2009.

CASTRO, Rui M.G.; Energias Renováveis e Produção Descentralizada INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA. UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. Ed. 2. Lisboa: Maio de 2008.

INPE (BRASIL). Gráficos da estação climatológica/solarimétrica. In: Centro Regional do Nordeste – Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais. Disponível em: <<http://www.crn2.inpe.br/lavat/index.php?id=graficosClimatologica>>.

SILVA, Francisco Raimundo; OLIVEIRA, Hugo Sérgio Medeiros de; MARINHO, George Santos. Análise das componentes global e difusa da radiação solar em natal-rn entre 2007 e 2008. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES - Florianópolis, 18 a 21 de novembro de 2008.



Analysis of Energy Efficiency of Photovoltaic Systems and Poli Monocrystalline prototype environment and educational

Rafael Ramon Ferreira²

Jacques Cousteau da Silva Borges¹

Paulo Cavalcante da Silva Filho²

¹IFRN – Campus João Câmara, Lab. Física-BR 406, Km 73, nº 3500 – Município de João Câmara-RN.CEP 59550-000

²IFRN, Lab. Física - Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN. CEP: 59015-000

Abstract. *This research this is an exploratory descriptive study of the scientific approach toward the study of the feasibility of using solar energy in the educational environment of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte - IFRN. Being directed to the following research areas: incidence of solar radiation; feasibility of using solar energy and the relationship between solar energy converted into electrical energy and regional factors (climate, urbanization, and pollution), characterization of materials and technical efficiency conversion of photovoltaic modules and widespread use of solar energy for the academic community served by IFRN. As has been observed in recent surveys, the use of renewable energy is an urgent need, or at least be a few years. Given this scenario, the research proposes the use of solar PV by the application of different boards in prototype environment in order to show the spot the feasibility of using this form of energy in northeastern Brazil. During this study, was conducted the monitoring of solar modules of the types: (a) single crystal and (b) polycrystalline, by means of electrical measurements. To measure were taken coordinates: Latitude 45 ° 5 '54 "N and Longitude 35 ° 12' 05" W and the physical variables involved in the generation of energy (voltage, current and power) were studied qualitatively and quantitatively to examine the feasibility of deploying design of solar energy. Each panel was subjected to a resistive load of about 3 Ω . The values of power generated was collected in the windows of two hours of exposure. In addition to the measurements for data collection was also carried out demonstrations of this system in technical and scientific exhibitions and science fairs with the objective to disseminate and popularize the use of photovoltaic energy among the student community. The results are presented as the average hourly measurements. Thus, it was possible to obtain values of energy efficiency of different cards, for applications in the city of Natal-RN. These results can be easily employed in various cities of the Rio Grande do Norte, and even in various regions of the Northeast. Additions to the results to the strong participation of the community of students IFRN, visiting the prototype environment, which as future engineers and technicians, should be the most familiar with alternative energy sources, in order to work in their extensive use in the coming decade.*

Keywords: *Photovoltaic solar energy, alternative energy, sustainable energy*