

EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO TRAKING AUTÔNOMO DE PEQUENA POTÊNCIA

Edson Aparecido Martins¹; Fabrício Rogério Lopes Ramos²; Thais Peres Alves³, Alex Bento Barbosa⁴,
Faculdade de Tecnologia de Botucatu, abentob@globomail.com

Área Temática: Meio ambiente e desenvolvimento sustentável

RESUMO

A partir da base de dados de radiação solar de qualidade, é possível dimensionar sistemas para armazenamento e/ou conversão da energia solar em elétrica (NASCIMENTO-2004), mais especificamente através de painéis fotovoltaicos. Justifica-se o uso da energia solar fotovoltaica, por ser uma alternativa viável economicamente, e socioambiental, o que objetivou e fundamentou este trabalho de pesquisa, que com base no Sistema Informatizado de Interpretação de Cartas Solares de Radiação Solar Global Baseado em Técnicas de Processamento de Imagens Digitais (SASI), publicado nos anais da ASSADES (Reunion de Trabajo de la Asociacion Argentina de Energias Renovables y Ambiente-2014 e 2015 – MARTINS et al.), podendo conduzir ao dimensionamento e à otimização dos sistemas de conversão fotovoltaica (SCOBEDO et al–2011). O projeto ofereceu aplicações socioambientais, oportunando a formatação de um protocolo para aproveitamento da energia na produção da energia elétrica, principalmente para as populações de baixa renda, habitantes de regiões desprovidas da rede elétrica e em guias iluminadas de trajetórias terrestres, marítimas e fluviais, no agronegócio com irrigação, em parceria do Núcleo de Pesquisa de Energias Alternativas (NUPEA) da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, e com o Laboratório de Radiometria Solar da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – campus de Botucatu. A pesquisa coletou resultados que corroboram com seu objetivo, um “braço robótico” comandado por dois motores de passo, coordenados por arduínos UNO-R3, carregando uma placa fotovoltaica fixa e outra com mobilidade, sendo que esta última acompanha os movimentos da Terra em torno do Sol.

Palavras-chave: arduíno; painel fotovoltaico; radiação solar.

ABSTRAT

From the quality solar radiation database, it is possible to design systems for storing and / or converting solar energy into electric energy (NASCIMENTO-2004), more specifically through photovoltaic panels. The use of photovoltaic solar energy is justified, as it is a viable alternative economically and socio environmentally, which objectified and based this research work, which based on the Computerized Global Solar Radiation Solar Card Interpretation System Based on Processing Techniques Digital Imaging (SASI), published in the ASSADES annals (Meeting of Renewable Energy and Environment Workers Association of Argentina 2014 and 2015 - MARTINS et al.), which may lead to the design and optimization of photovoltaic conversion systems (SCOBEDO et al – 2011). The project offered socioenvironmental applications, enabling the creation of a protocol for the use of energy in the production of electricity, especially for low-income populations, inhabitants of regions without electricity, and illuminated guides of land, sea and river trajectories, in the region. agribusiness with irrigation, in partnership with the Center for Alternative Energy Research (NUPEA) of the Botucatu School of Technology, and with the Solar Radiometry Laboratory of the School of Agronomic Sciences (FCA),

¹ Faculdade de Tecnologia de Botucatu-FATEC; e-mail: guanxa@gmail.com.

² Faculdade de Tecnologia de Botucatu-FATEC; e-mail: fabricio.ramos.php@gmail.com.

³ Faculdade de Tecnologia de Botucatu-FATEC; e-mail: tpalves19@gmail.com.

⁴ Faculdade de Tecnologia de Botucatu-FATEC; e-mail: abentob@globomail.com.

Paulista State University (UNESP) - Botucatu campus. The research collected results that corroborate its objective, a “robotic arm” driven by two stepper motors, coordinated by UNO-R3 arduinos, carrying a fixed and a mobile photovoltaic plate, the latter following the earth's movements around it. of the sun.

Keywords: Arduino; photovoltaic panel; solar radiation.

1 INTRODUÇÃO

Sem a luz do Sol, a vida na Terra não seria possível. As fontes energéticas conhecidas e utilizadas pelos homens foram e/ou são derivadas do Sol, graças ao chamado ciclo hidrológico, desde o aquecimento até a evaporação de parte da água dos rios, lagos e mares, provocada pela luz solar, gerando assim uma Energia Cinética no Sistema Global. No Brasil, por sua vez, atualmente a energia hidroelétrica é a sua principal fonte de energia, sendo considerada uma fonte renovável e limpa, apesar do impacto ambiental ainda não avaliado, com a invasão de grandes áreas cultiváveis e transtornos ao ecossistema. O desenvolvimento socioeconômico e industrial leva a comunidade científica a pesquisar e buscar desenvolver fontes alternativas de energia menos poluentes, renováveis e principalmente que não produzam impacto ambiental. A partir de uma base de dados de radiação solar de qualidade, é possível dimensionar sistemas para armazenamento e/ou conversão da energia solar em elétrica, mais especificamente, através de painéis fotovoltaicos (fonte energética do futuro). Com conhecimento dos níveis de radiação solar de uma localidade, países emergentes e em desenvolvimento têm criado e desenvolvido políticas públicas para melhor aproveitamento dessa forma de energia, portanto, é imperativo o incentivo para adoção de políticas sociais com uso de tecnologias de baixo custo e que protejam o meio ambiente. O uso da energia solar fotovoltaica é uma alternativa viável do ponto de vista econômico, ambiental e social, o que objetivou e fundamentou este trabalho, o qual se conecta ao Sistema Informatizado de Interpretação de Cartas Solares de Radiação Solar Global Baseado em Técnicas de Processamento de Imagens Digitais (SASI), publicado nos anais da ASSADES (Reunion de Trabajo de la Asociacion Argentina de Energias Renovables y Ambiente-2015), que possibilita a aplicação dos níveis de radiação solar, em superfícies horizontais e inclinadas, o que pode levar ao dimensionamento e otimização dos sistemas de conversão fotovoltaica provocando maior eficiência energética e assim impactando num investimento financeiro, propondo então uma redução no payback. Este artigo reflete a aplicação sócio ambiental, oportuna a formatação de um protocolo para aproveitamento com eficiência e racionalidade a energia solar fotovoltaica na produção de energia elétrica, principalmente para as populações de baixa renda, habitantes de regiões desprovidas da rede elétrica, irrigação na zona rural, em guias iluminadas de trajetórias terrestres, marítimas e fluviais.

2 METODOLOGIA

2.1 Instrumentação

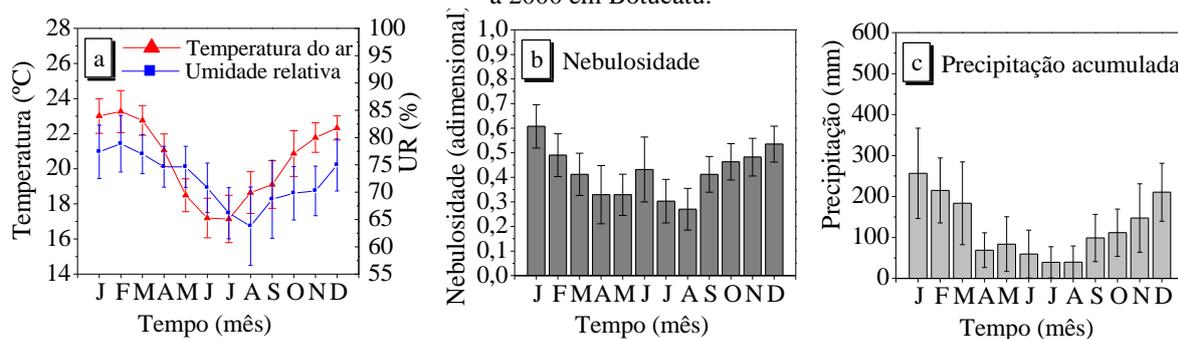
Este artigo, produto de experimento, teve o seu desenvolvimento na Faculdade de Tecnologia (FATEC) na cidade de Botucatu latitude 22,9° Sul, longitude 48,45° Oeste, altitude 786 m e complementado na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Botucatu, latitude 22°5 S, longitude 48°26 Oeste e altitude de 817,74 m.

A captação dos dados foi viabilizada por meio da tecnologia de arduinos por representar baixos custos de montagem, além de abrigar um armazenamento de dados utilizando como *backup* um cartão SD com capacidade de 32 Gb.

A caracterização climática local fornecida pela Estação de Meteorologia da FCA/UNESP/Botucatu é classificada como Cwa (critérios de KÖPPEN), temperado quente (mesotérmico), o verão é quente e úmido e o inverno é seco e frio. O dia mais longo (solstício

de verão) tem 13,4 horas, conforme equipamentos da estação e 13,23 na Fatec, em dezembro, e o mais curto (solstício de inverno) tem 10,6 horas na estação e 10,35 na Fatec, em junho. A maior precipitação acumulada ocorreu no mês de janeiro com total de 260,7mm e a mínima em agosto com 38,2mm. Os meses de fevereiro e julho são o mais quente e mais frio do ano, respectivamente, com temperaturas médias de 23,2°C e 17,1°C, enquanto fevereiro e agosto são os meses mais e menos úmidos, com percentuais de 78,2% e 61,80% respectivamente. A Figura 1 mostra as séries normais da precipitação, número de horas de brilho solar, temperatura e umidade, em média, do posto meteorológico da FCA/UNESP/Botucatu.

Figura 1 - Séries climáticas de temperatura(a), umidade(a), nebulosidade(b) e precipitação(c) do período de 1970 a 2000 em Botucatu.



Fonte: Os autores (2019).

2.2 Radiação solar global

Os dados de radiação solar global, direta e difusa foram fornecidos pelo Laboratório de Radiometria Solar de Botucatu situado na FCA/UNESP. A Figura 2 mostra os equipamentos que fazem parte do parque de instrumentação do referido laboratório.

Figura 2 - Laboratório de Radiometria Solar de Botucatu.



Fonte: Os autores (2019).

A irradiância solar global (I_G) foi medida por um piranômetro Eppley - PSP. A irradiância solar difusa (I_d) foi medida por um piranômetro Eppley-PSP sob o anel de sombreamento *MEO* (raio de 0,40 m e largura de 0,10 m). O interior do anel de sombreamento foi pintado com tinta na cor preto fosco para minimizar o efeito das reflexões internas, principalmente para baixos valores de altura solar (LEBARON ET AL, 1980). A irradiância solar direta (I_D) foi medida na incidência por um pireliômetro Eppley NIP equipado com um dispositivo de rastreamento solar ST-3. A Figura 3 mostra os equipamentos de medida das irradiancias solar global, difusa com anel de sombreamento *MEO* e direta, enquanto a Tabela 1 mostra as características operacionais dos dispositivos de medição.

Figura 3 - Aparelhos de medidas das irradiancias solares global, difusa e direta, respectivamente.



Fonte: Os autores (2019).

Tabela 1 - Características operacionais dos aparelhos de medida das irradiancias solares global, difusa e direta.

Irradiância	Global	Difusa	Direta
Sensor-marca	Eppley Precision Spectral Pyranometer	Eppley Precision Spectral Pyranometer	Eppley Normal Incidence Pyrheliometer
Sensibilidade	$\pm 7,45 \mu\text{V}/\text{Wm}^2$	$\pm 7,47 \mu\text{V}/\text{Wm}^2$	$7,59 \mu\text{V}/\text{Wm}^2$
Intervalo Espectral	295 – 2800 nm	295 – 2800 nm	295 – 2800 nm
Tempo de resposta	1 s	1 s	1 s
Linearidade	$\pm 0,5\%$ (de 0 até $2800 \text{ W}/\text{m}^2$)	$\pm 0,5\%$ (de 0 até $2800 \text{ W}/\text{m}^2$)	$\pm 0,5\%$ (de 0 até $1400 \text{ W}/\text{m}^2$)
Efeito Cosseno	$\pm 1\%$ ($0^\circ < Z < 70^\circ$) $\pm 3\%$ ($70^\circ \leq Z < 80^\circ$)	$\pm 1\%$ ($0^\circ < Z < 70^\circ$) $\pm 3\%$ ($70^\circ \leq Z < 80^\circ$)	–
Dependência Temperatura	$\pm 1\%$ (de -20°C até $+40^\circ\text{C}$)	$\pm 1\%$ (de -20°C até $+40^\circ\text{C}$)	$\pm 1\%$ (de -20°C até $+40^\circ\text{C}$)

Fonte: Os autores (2019).

Os dados de irradiância solar direta na incidência foram multiplicados pelo cosseno do ângulo zenital para projeção em uma superfície horizontal pela equação (1).

$$I_{dirH} = I_D * \cos \theta_Z \quad (1)$$

Os dados de irradiância difusa medidos pelo anel de sombreamento *MEO* (I_{dANEL}) foram corrigidos usando os fatores de correção geométricos propostos por Oliveira *et al* (2002) (Eq.(2) e Eq.(3)).

$$FC = \frac{1}{1 - F_p} \quad (2)$$

$$F_p = \left(\frac{2b}{\pi R} \right) \cdot \cos(\delta) \cdot \left[\frac{\cos(\phi + \delta)}{\cos(\phi)} \right]^2 \cdot \int_0^{\omega_s} \cos(\Theta_Z) d\omega \quad (3)$$

Onde b é a largura do anel, R o raio do anel, δ a declinação solar, ϕ latitude, ω o ângulo horário e Θ_Z o ângulo zenital.

Os valores de corte são devidos a baixos valores energéticos no começo e final dos dias, desalinhamento dos sensores, fios danificados, falta de eletricidade e reflexões internas ocorridas no anel de sombreamento causada pela baixa altitude solar.

Além da instrumentação citada, foi instalado um Braço Robótico do ramo de automação de robôs, na FATECBT, desenvolvido com o intuito de ser considerada uma ferramenta de baixo custo e grande funcionalidade, montado com Servos Motores de 180° , que foram os responsáveis pela movimentação executada pelo mesmo, contendo propriedades próprias,

acondicionados em caixa acrílica e adequadas para ficar 12 meses em exposição suportando as intempéries climáticas.

O equipamento proporcionou diversas possibilidades de movimentos e ações, através de um suporte giratório, Figura 4.

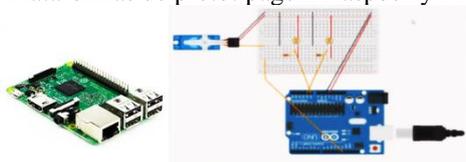
Figura 4 - Braço Robótico com painéis fotovoltaicos



Fonte: O autor, 2019.

Neste projeto foi utilizado junto a plataformas de prototipagem, Raspberry Pi e Arduínos, Figura 5, que fizeram o controle de forma programada das ações dos motores, alimentados por uma tensão de 6 volts DC, oriundos da própria placa fotovoltaica.

Figura 5 - Plataformas de prototipagem Raspberry Pi e Arduínos



Fonte: Os autores (2019).

Observa-se que mesmo com o acompanhamento procurando a incidência da radiação solar sempre em perpendicularidade à placa solar, a distância percorrida entre a fonte emissora de irradiação (Sol) e a fonte receptora dessa irradiação (placa fotovoltaica) sofre interferência pela mudança de posição do órgão receptor, o que levou à tripla mobilidade do braço robótico.

Essa distância média é de aproximadamente 149,6 milhões de quilômetros, e que apresenta variação graças ao movimento heliocêntrico da terra ser elíptico em torno do Sol, há uma variação entre 147,1 milhões de quilômetros em seu periélio a 152,1 milhões em seu afélio o que leva a distância média citada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A expectativa principal que inicialmente era que se conseguisse através dos painéis fotovoltaicos, com mobilidade, um ganho em eficiência energética na produção de energia elétrica na ordem de 16%, em relação aos painéis fixos, onde para tal foi muito importante um planejamento operacional da instrumentação que se inseriu no sistema buscando a verificação do comportamento dos elementos fenomenológicos do estudo realizado.

A fenomenologia descrita apresentou como fator principal o fotoperíodo, é a quantidade de radiação solar despejada diariamente, pois numa velocidade considerando a linha do Equador, a Terra faz seu contorno ao redor do Sol (translação) em cerca de 107 000 quilômetros por hora e a velocidade do movimento em torno de seu próprio eixo (rotação) é cerca de 1 700 quilômetros por hora, diminuindo quanto mais se aproxima dos polos, e esses dados graças à eficácia do sistema foram registrados. Os instrumentos de coleta obedeceram acima de tudo a localização:

Latitude:	22° 53' 09" S
Longitude:	48° 26' 42" W
Altitude:	817m
Local:	Botucatu - SP

Os dados coletados direcionados aos objetivos do projeto foram armazenados cotidianamente, e tomados pelas médias mensais referentes aos meses do verão no Hemisfério Sul para os anos de 2018 e 2019, por se tratar do período onde a radiação solar é mais incidente.

3.1 Microprocessadores

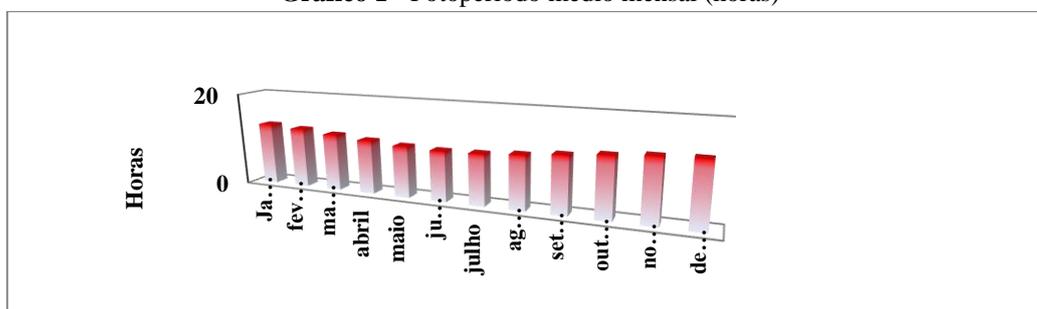
Os microprocessadores (Arduínos – R3), com base nos sensores, que alimentaram o Sistema, foram programados para criar informações para o banco de dados das ocorrências coletadas, tanto do PF1 (painel fixo) como do PF2 (painel com mobilidade), a cada 60 segundos, para a qual houve uma programação específica, coletando nesta fase 26 092 amostras durante o verão de 2017/2018, com respostas em TXT, que originaram a tabela 2 e os gráficos 1, 2 e 3, que até então alimentaram o projeto.

Tabela 2 - Média mensal e Anual dos Fotoperíodos e da Radiação Solar em Superfície Horizontal

Mês	Dia juliano	Radiação MJ/m ² /dia	Nascer / Pôr do Sol Horário	Fotoperíodo médio	Conversão decimal
Janeiro	15	16	5h 22min/18h 37min	13h 14 min	13,23
Fevereiro	46	18	5h 37min/18h 22min	12h 44 min	12,73
Março	75	16	5h 56 min/18h 3min	12h 3 min	12,05
Abril	106	14	6h 17 min/17h 42 min	11h 25 min	11,42
Mai	136	12	6h 33 min/17h 26 min	10h 52 min	10,87
Junho	167	10	6h 42 min/7h 17 min	10h 35 min	10,58
Julho	197	14	6h 37 min/17h 22 min	10h 44 min	10,73
Agosto	228	14	6h 22 min/17h 37 min	11h 14 min	11,23
Setembro	259	14	6h 2 min/17h 57 min	11h 55 min	11,92
Outubro	289	16	5h 42 min/18h 17 min	12h 35 min	12,58
Novembro	320	18	5h 25 min/18h 34 min	13h 9 min	13,15
Dezembro	350	18	5h 18min/18h 41min	13h 23 min	13,38
Média Anual	///////	16	////////////////////	11h 59 min	11,99

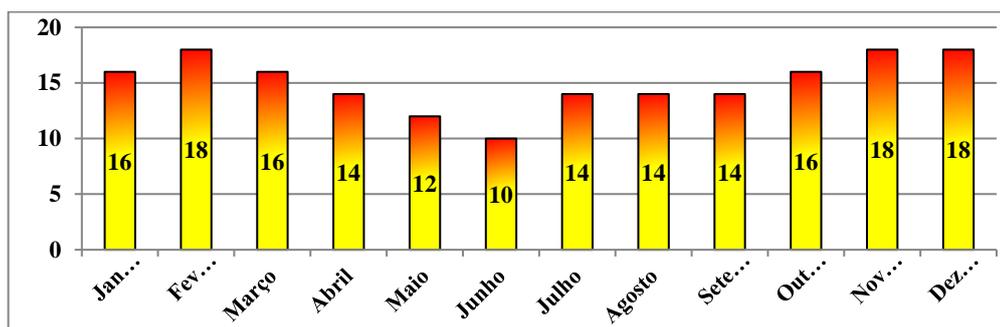
Fonte: Os autores (2019).

Gráfico 1 - Fotoperíodo médio mensal (horas)



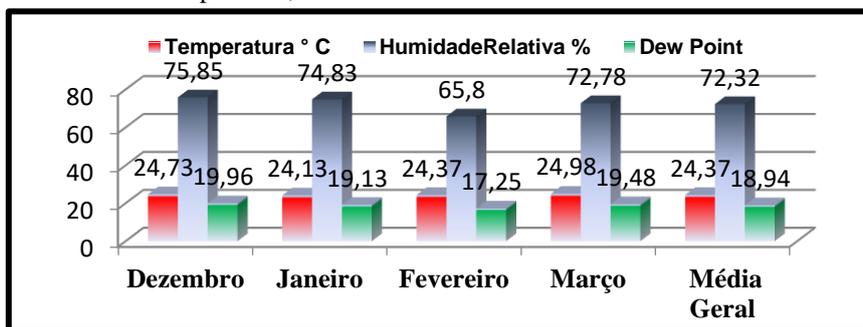
Fonte: Os autores (2019).

Gráfico 2 - Radiação Solar Global Média Mensal (Mj.m²/dia) Superfície Horizontal



Fonte: Os autores (2019).

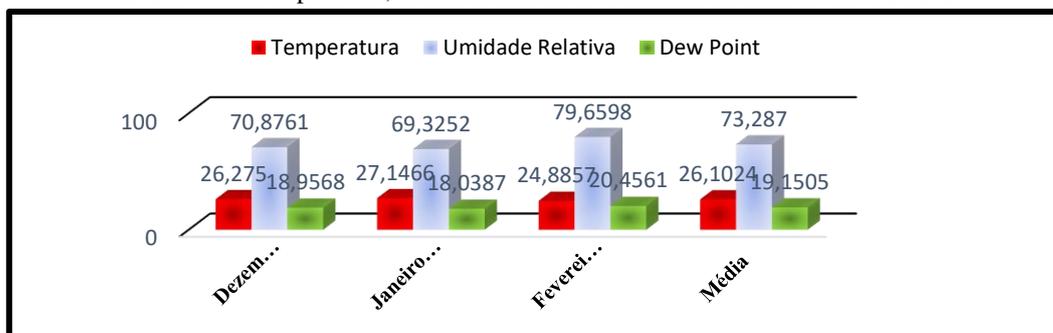
Gráfico 3 - Temperatura, Humidade Relativa e Dew Point – Verão 2017/2018



Fonte: Os autores (2019).

Para o verão dos anos 2018/2019, os sensores foram programados para efetuarem leituras a cada 60 minutos, o que também proporcionou respostas em TXT, que originou o gráfico 4.

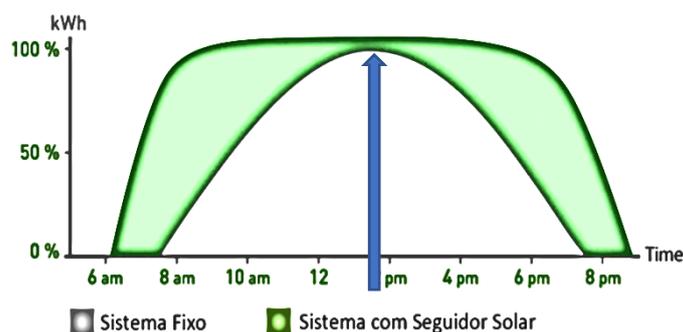
Gráfico 4 - Temperatura, Humidade Relativa e Dew Point – Verão 2018/2019



Fonte: Os autores (2019).

Para o registro do fotoperíodo considerou-se prioritariamente a estrutura móvel em relação à estrutura fixa, a mobilidade possibilitou antecipadamente a radiação solar, e postergou o crepúsculo, cujos dados são relatados por dois anos consecutivos em relação aos dados da Temperatura, Umidade Relativa e Dew Point. A duração média do fotoperíodo nos meses pesquisados foi de 12 horas e 27 minutos, com o nascer do Sol às 06:05 e se pondo às 18:32, gráfico 5.

Gráfico 5 - Comparativo Energético Médio entre os dois Sistemas (Fixo e Tracking) em KWh, considerando horário de Verão Hemisfério Sul



Fonte: Os autores (2019).

Para estabelecimento da média de radiação solar, acompanhou-se os dados do verão 2017/2018, e também do verão de 2018/2019 (do dia 22 de dezembro a 20 de março), onde neste último, o fenômeno El Niño esteve presente, (National Geographic – 2018), acentuando o clima extremo já agravado pelas mudanças climáticas .

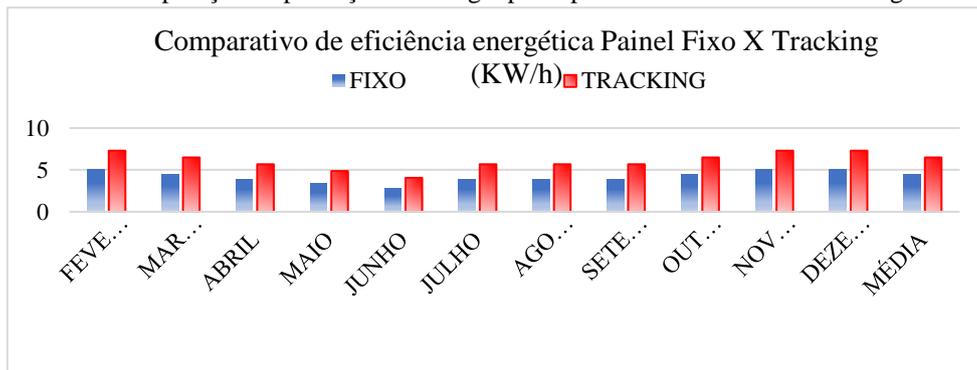
A eficiência energética do painel fotovoltaico móvel, (tabela 3, Gráfico 6) parte dos objetivos, é predominante chegando a aproximadamente 46% maior que a estrutura fixa, existindo um ponto de convergência entre os dois instrumentos, momento onde os dois estão recebendo radiação em posição perpendicular em relação ao sol, ou seja, das 13:00 às 14:00 horas (real = 12:00 às 13:00), atentando que a natureza não tem horário de verão.

Tabela 3 – Eficiência energética do painel fotovoltaico móvel.

Mês	Dia	Painel fixo Mj/m ² /dia	Fixo KW/h	Track Mj/m ² /dia	Track KW/h
Janeiro	15	16	4,44445	23,36	6,48889
Fevereiro	46	18	5,00008	26,28	7,30005
Março	75	16	4,44445	23,36	6,48889
Abril	106	14	3,88889	20,44	5,67782
Mai	136	12	3,33338	17,52	4,86670
Junho	167	10	2,77778	14,60	4,05558
Julho	197	14	3,88889	20,44	5,67782
Agosto	228	14	3,88889	20,44	5,67782
Setembro	259	14	3,88889	20,44	5,67782
Outubro	289	16	4,44445	23,36	6,48889
Novembro	320	18	5,00008	26,28	7,30005
Dezembro	350	18	5,00008	26,28	7,30005
Anual	///////	16	4,44445	23,36	6,48889

Fonte: Os autores (2019).

Gráfico 6 - Comparação da produção de energia pelos painéis fotovoltaicos fixo e seguidor solar



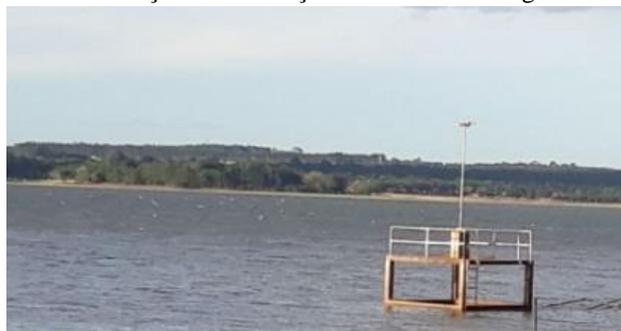
Fonte: Os autores (2019).

Para a geração de eletricidade, o principal obstáculo tem sido o custo das células solares. Atualmente os custos de capital variam entre 5 e 15 vezes os custos unitários de uma usina a gás natural que opera com ciclo combinado. Contudo, nos últimos anos tem-se observado redução nos custos de capital. Os valores estão situados na faixa de US\$ 200 a US\$ 300 por MWatt-hora e entre US\$ 3 e US\$ 7 mil por KWatt instalado.

O projeto concretizou a sua objetividade possibilitando várias aplicações do sistema fotovoltaico em diversos setores como:

A iluminação e sinalização fluvial no Rio Paranapanema, na Represa Jurumirim, município de Itaí, Figura 6.

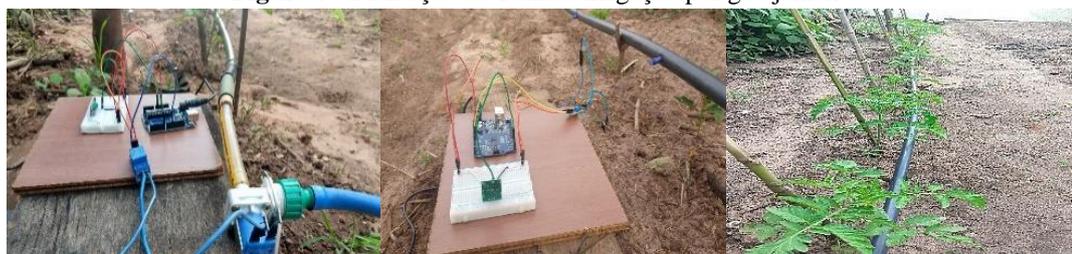
Figura 6 - Iluminação e Sinalização Fluvial com energia Fotovoltaica



Fonte: Os autores (2019).

- a) Sistema de irrigação por gotejamento em plantação de tomate, alimentado e controlado por energia fotovoltaica (12 V – DC) e por sensores administrados por arduinos programados para tal, num sítio da periferia de Botucatu, figura 7.

Figura 7 - Plantação de Tomate irrigação por gotejamento



Fonte: Os autores (2019).

- b) Projeto de Irrigação por Gotejamento com aplicação da energia fotovoltaica, trabalho de aluno na área de Análise e Desenvolvimento de Sistemas como Iniciação Científica, figura 8.

Figura 8 - Experimento de Irrigação por Gotejamento utilizando energia fotovoltaica – Iniciação Científica



Fonte: alunos do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas 3º. Ciclo

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento tinha inicialmente uma expectativa que se conseguisse através dos painéis fotovoltaicos com mobilidade, um ganho em eficiência energética de 16% na produção de energia elétrica, em relação aos painéis fixos. Os dados foram coletados no verão de 2018 e 2019 e notadamente o ganho foi de 46% com o painel “Traking” em relação ao fixo.

REFERÊNCIAS

- CRESESB - Centro de Referência Para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Informe Técnico, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1. Disponível em: www.cresesb.cepel.br/Publicacoes/informe2.htm (Adaptado), e na publicação “*Solar cell efficiency tables: version 16. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Sydney, v. 8, p. 377-384, 2016*”. Acessado em 20/04/2019.
- GREEN, M. A. et al. **Solar cell efficiency tables** - School of Photovoltaic and Renewable Energy Engineering, Australian - Advanced Photovoltaics, University of NewSouth Wales, Sydney 2052, Austral – 2018.
- JABLONSKY J., POSEY J.. “**Terminologia da robótica**”, in Handbook of Industrial Robotics, ed. S. Nof, J. Wiley, NY, pp.1271-1303-1999
- KÖPPEN, W.. **World Koppen Map.png** Source: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title> (University of Melbourne), acessado em 20/05/2019.
- KUDISH, A. I.; EVSEEV, E. G. **The assessment of four different correction models applied to the diffuse radiation measured with a shadow ring using global and normal beam radiation measurements for Beer Sheva, Israel.** Solar Energy, v.82, p.144-156, 2008.
- LEBARON, B.A., PETERSON, W.A., Dirmhirn I. **Correlações para irradiância difusa medida com shadonbands.** Solar Energy, v.25, p.1-17, 1980.
- MARTINS. E.A -**Sistema Informatizado de Interpretação de Cartas Solares de Radiação Solar Global Baseado em Técnicas de Processamento de Imagens Digitais (SASI)** - ASSADES (Reunion de Trabajo de la Asociacion Argentina de Energias Renovables y Ambiente), 2015.

NATIONAL GEOGRAPHIC – 2018 -

www.nationalgeographic.com/environment/2018/12/2019-may-be-hottest-year-yet-el-nino-climate-change - acessado em 28/03/2019

OLIVEIRA, A. P.; ESCOBEDO, J. F.; MACHADO, A. J. **A new shadow-ring device for measuring diffuse solar radiation at surface.** Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v.19, n.5, p.698-708, 2002

Spencer J. B - **Positividade de classes de amplos vetores** Inv. Matemática. 12 (1971).

ZAMBIASI, M., PRESA, T.A., BURIOL, L.S., ORENGO, V.M. Análise quantitativa e temporal do Wikigrafo - PT, **Anais da Escola Regional de Banco de Dados**, 2007, p. 22-31.