

COMPLEMENTARIDADE HÍDRICO-SOLAR NA REGIÃO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Fabricyo Villa Verde Silva¹

Claudemiro de Lima Júnior²

Energias Renováveis e Possibilidades de Aplicação

Resumo

O Vale do Submédio São Francisco é bastante afetado pelos longos períodos de estiagem no Semiárido Brasileiro, onde o déficit de energia gerado pelas hidrelétricas acaba se tornando frequente. Em contrapartida, a região também é conhecida pelo potencial solar que dispõe. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o papel da fonte solar como recurso energético complementar à fonte hídrica. Essa relação foi estimada por meio das análises gráficas do comportamento natural desses recursos, como também se utilizando de uma metodologia que envolve índices de complementaridade no tempo, de energias e entre amplitudes, avaliou-se o quanto são complementares para a região durante o intervalo de 2012 a 2015. Dessa forma, com as análises comparativas verificou-se visualmente essa complementaridade, e os índices se mostraram significativos com valores sugerindo uma complementaridade energética considerável entre esses recursos. Confirmando-se a potencialidade da complementaridade hídrico-solar como alternativa que possa contribuir positivamente na geração de energia elétrica para a região.

Palavras-chave: Energias Renováveis; Complementaridade; Energia Hídrica; Energia Solar

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil tem cerca de 60% da sua área total na parte semiárida, com duração do dia solar médio de aproximadamente 12 horas, registrando fluxos instantâneos de até 1200 W.m⁻². (SILVA, 2010, p. 502). Além disso, a região do Submédio do São Francisco caracteriza-se por um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar. (PEREIRA; et al., 2006, p.32). Dispondo-se de condições climáticas favoráveis à utilização da energia solar como alternativa sustentável para complementar a energia gerada pelas hidrelétricas da região, principalmente, nos longos períodos de estiagem.

Nesse contexto, em períodos com baixo nível de vazão hídrica, para garantir a estabilidade de geração elétrica, é necessário se pensar em fontes alternativas e limpas de

¹ Mestrando na Universidade de Pernambuco campus Petrolina - PE – Ciências Ambientais - PPGCTA, fabricyo.villa@gmail.com.

² Prof. Dr. na Universidade de Pernambuco campus Petrolina - PE – Ciências Ambientais - PPGCTA, claudemiro.lima@upe.br.

energia. Dentre elas, a solar que tem a energia irradiada pelo Sol como recurso renovável. Seu uso minimizaria, significativamente, os impactos ambientais e pode complementar a geração de energia hidrelétrica de forma sustentável. (MARINHO, 2012).

Além disso, um volume considerável de água pode ser poupada nos reservatórios das hidrelétricas em consequência da geração de energia elétrica por uso das fontes alternativas, podendo ser utilizada com diversas outras finalidades, como por exemplo, na irrigação de lavouras da região e na transposição do Rio São Francisco para outros estados do Nordeste, considerando-se que essa região sofre com frequentes períodos de seca. (JARAMILO; et al., 2004).

A importância da utilização da energia solar como fonte de energia renovável ou, ainda, em outras atividades humanas, requer um conhecimento maior acerca da sua variabilidade, porém, informações confiáveis sobre essa variável são raras. (SILVA, 2010, p. 502). A pesquisa desenvolvida apresenta um estudo sobre o comportamento dos recursos hídrico e eólico na região Vale do Submédio São Francisco, obtendo dados suficientes para averiguar a possibilidade de se aproveitar um sistema híbrido hidrelétrico fotovoltaico para geração de energia elétrica.

METODOLOGIA

O estudo da complementariedade hídrico-solar na região Vale do Submédio São Francisco foi fundamentado em séries de dados de vazão do rio São Francisco e das radiações solares na região em estudo. Para tanto, obtiveram-se os dados comportamentais de ambos os recursos na região no período entre 2012 e 2015, tal intervalo foi selecionado por carência de dados mais atuais das radiações solares disponibilizadas gratuitamente, e também, devido à caracterização desses recursos na região, em geral, serem necessários no mínimo de 3 a 5 anos de dados para se obter parâmetros estatísticos confiáveis. (SILVA, 2010)

Após os dados serem organizados na mesma periodicidade, foi possível analisar e normalizar os dados para ambas as fontes de energia. Foram calculadas médias mensais para os doze meses do ano, abrangendo os dados disponibilizados para ambas as fontes no intervalo de 2012 a 2015 e normalizados conforme a Equação 1.

$$In = \frac{X - Xmin}{Xmáx - Xmin} \quad (\text{Equação 1})$$

No qual, In é o índice normalizado para cada um dos doze meses, X é a média do mês em questão, $Xmin$ é o valor médio mensal mínimo e $Xmáx$ é o valor médio mensal máximo. Basicamente, o método consiste no cálculo de três índices de complementaridade parciais e um índice total que os relaciona, para todos esses foi preciso os dados normalizados para ambos os recursos nos anos de 2012 a 2015.

Dentre os índices parciais, o índice de complementaridade no tempo (BELUCO, 2001, p.101), It , é definido pela Equação 2 e avalia o intervalo de tempo entre os valores máximos das disponibilidades das duas fontes de energia.

$$It = \frac{|dh - ds|}{\sqrt{|Dh - dh||Ds - ds|}} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo Dh e dh os números dos meses que correspondem aos valores máximos e mínimos, respectivamente, de disponibilidade de energia hidráulica ao longo do ano; Ds e ds , por sua vez, correspondem aos números dos meses de valor máximo e mínimo, respectivamente, de disponibilidade de energia solar em um intervalo anual.

A Equação 3 define o índice de complementaridade de energia, Ie , que avalia a relação entre as médias dos valores de disponibilidade energética (BELUCO, 2001, p.101). Com Eh e Es representando, respectivamente, o total da energia hidráulica e solar ao longo de um ano.

$$Ie = 1 - \sqrt{\left(\frac{Eh - Es}{Eh + Es}\right)^2} \quad (\text{Equação 3})$$

O índice de complementaridade entre amplitudes, Ia , é expresso pela Equação 4 e avalia a relação entre os valores máximos e mínimos de disponibilidade das duas fontes de energia, sendo Δ (δ) uma manipulação envolvendo esses valores, Equação 5. Sendo que $Edmáx$ e $Edmin$ representam, respectivamente, os valores máximo e mínimo de disponibilidade mensal de energia e Edm o valor médio mensal de energia. (BELUCO, 2001, p.102).

$$Ia = \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{(\delta h - \delta s)^2}{(1 - \delta s)^2} \right], \text{ for } \delta h \leq \delta s \\ \left[\frac{(1 - \delta s)^2}{(1 - \delta s)^2 + (\delta h - \delta s)^2} \right], \text{ for } \delta h \geq \delta s \end{array} \right\} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\delta = 1 + \frac{Ed_{\text{máx}} - Ed_{\text{min}}}{Ed_m} \quad (\text{Equação 5})$$

Por meio do índice de complementaridade total, Equação 6, obtiveram-se resultados que representam estaticamente o comportamento mais geral dos recursos hídrico e solar como recursos complementares na região e no período determinado.

$$I = It \cdot Ie \cdot Ia \quad (\text{Equação 6})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, apresenta-se um gráfico que descreve o potencial da radiação solar global horizontal na região, a curva dos valores médios dessa grandeza apresenta-se aproximadamente constante, mostrando que o recurso é presente e máximo durante todo o intervalo selecionado.

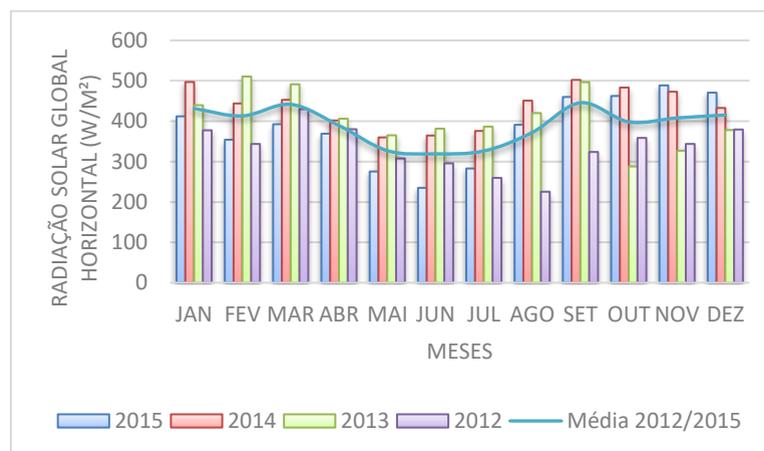


Figura 1 – Radiação Global Horizontal na Região.

Na Tabela 1, os índices de complementaridade obtidos para a vazão hídrica e a radiação global horizontal, apresentando-se como um comportamento mais geral.

Tabela 1 - Índices de Complementaridade para a Radiação Global Horizontal

Ano	Índice de Complementaridade do Tempo (It)	Índice de Complementaridade de Energia (Ie)	Índice de Complementaridade entre Amplitudes (Ia)	Índice de Complementaridade (I)
2015	0,73	0,81	0,83	0,49
2014	0,83	0,67	0,51	0,29

2013	0,13	0,76	0,71	0,07
2012	0,30	0,68	0,52	0,10

Observa-se que os valores são próximos do ideal (1,0), sendo que 62,5% apresentaram valores próximos ou superiores a 0,5. Mostrando-se um forte indicativo da potencialidade na complementaridade entre os recursos de energia hídrica e solar no Nordeste do país, confirmando a contribuição positiva da energia solar na geração de energia elétrica na região.

CONCLUSÕES

Avaliando o papel destas fontes renováveis como recursos energéticos promissores para a região, percebe-se o quanto a integração da operação de usinas de origens hidráulicas e solar tendem a otimizar o uso dos reservatórios hídricos e adicionar estabilidade sazonal ao sistema elétrico interligado. Nesse contexto, a complementaridade hídrica – solar surge como alternativa que pode contribuir positivamente na geração de energia elétrica na região.

A região Vale do Submédio São Francisco apresenta condições favoráveis de radiação solar, constituindo-se em uma vantagem sistêmica a ser explorada. Levando-se em consideração os índices de complementaridade no tempo, de energias e entre amplitudes, identifica-se uma notável potencialidade local de um sistema híbrido entre os recursos hídrico e solar.

REFERÊNCIAS

- BELUCO, A. **Bases para uma metodologia de dimensionamento de aproveitamentos hídricos baseados nas energias hidrelétrica e fotovoltaica.** Rio Grande do Sul, 2001.
- JARAMILLO, O. A.; BORJA, M. A.; HUACUZ, J. M. **Using hydropower to complement wind energy: a hybrid system to provide firm power.** *Renewable Energy*, 29 (11), p. 1887-1909, 2004.
- MARINHO, M. H. N. **Oferta de Energia através da Complementaridade Sazonal Hidro-Eólica no Estado de Pernambuco.** 15p. Recife. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2012.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RUTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar.** 64p. 1. ed. São José dos Campos. INPE, 2006.
- SILVA, R.A.; et al. **Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.5, p.502, jan. 2010.