

## ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE USINAS DE ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA FLUTUANTE EM BARRAGENS DO RIO GRANDE DO NORTE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.X-003>

Lana Machado Alves, Lucas Murilo Araujo Silva Pereira, Jacques Cousteau da Silva Borge, Aldayr Dantas de Araujo Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, e-mail: lana.a@escolar.ifrn.edu.br.

### RESUMO

A redução de custos e a evolução tecnológica dos módulos fotovoltaicos ao longo dos últimos anos permitiram um crescimento expressivo da fonte solar fotovoltaica no mundo. Nesse cenário, a instalação de sistemas fotovoltaicos em espelhos d'água aparece como mais uma alternativa de aplicação, com potenciais ganhos de eficiência. O presente projeto tem como objetivo estudar a viabilidade técnica e ambiental de implantação de usinas solares fotovoltaicas flutuantes em barragens localizadas no estado do Rio Grande do Norte, levando em consideração seus possíveis benefícios, como também as limitações e desafios. Para atingir os objetivos do projeto inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre sistemas fotovoltaicos flutuantes feito um levantamento estatístico de barragens que contemplam o estado do Rio Grande do Norte, confecção de mapa de localização das barragens, comparativo entre modelos de usinas flutuantes verificando por tipo de barragem, serão realizados estudos sobre a demanda energética regional e sistemas contemplativos de fornecimento, uma análise físico-química e biológica dos corpos hídricos, um estudo potencial energético e possíveis destinações, um estudo de viabilidade econômica dos modelos e a criação de índice de qualidade utilizando dados ambientais e técnicos. As barragens estão mais concentradas no centro do estado e não no litoral, sendo possíveis locais de fixação das usinas. Foram encontrados três principais tipos: flutuadores para suporte e fixação direta dos módulos fotovoltaicos, flutuadores adicionados de estruturas metálicas para apoiar os módulos fotovoltaicos, e membranas e tapetes projetados. Foram encontrados dados de 46 barragens e as maiores atividades identificadas foram: abastecimento; cultura de vazante; e atividade pesqueira.

**PALAVRAS-CHAVE:** Escassez de Água, Placa solar, Sertão, Viabilidade técnica.

### INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda energética e do maior uso de fontes de energias não renováveis acaba elevando a emissão de gases de efeito estufa causando, alterações no clima e intensificação do aquecimento global. Morelli (2012) cita que as energias não renováveis são aquelas encontradas na natureza em quantidade limitada e se extinguem com a sua exploração. Para isso é importante a criação de medidas alternativas sustentáveis com o objetivo de adaptar as atividades humanas no âmbito da geração de energia, criando uma possibilidade de ampliação do uso de energia renovável (CONEJERO, CALIA E SAUAIA, 2015).

Uma das justificativas para a realização desse projeto está relacionada com problemas de ordem hídrica que áreas do semiárido nordestino enfrentam com equipamentos que possam diminuir a evapotranspiração das barragens. A produção e comercialização de energia de usinas solares flutuantes também podem ser interessante em barragens do semiárido, visto que além de serem em uma região de alta insolação, podem representar ganhos econômicos pela redução da evaporação nos açudes e ganhos de receita para os estados e municípios a partir da venda de energia gerada nas barragens (LOPES, 2020).

Para que investimentos em usinas fotovoltaicas flutuantes se mostrem viáveis economicamente, interessantes do ponto de vista de geração energética e uma alternativa para a redução da evaporação em açudes é imprescindível a realização de estudos sobre o potencial benefício que as usinas fotovoltaicas flutuantes podem trazer principalmente para áreas do semiárido (LOPES, 2020).

As barragens objetos desse estudo estão localizadas no estado do Rio Grande do Norte, pois o mesmo possui o clima semiárido como predominante, e a temperatura média anual oscila entre 24,7°C a 28,1°C, insolação de 245 horas/mês, evaporação anual entre 1900 a 2850 mm, precipitação média anual entre 420 a 1560mm (SERHID, 2006).

O Nordeste brasileiro é caracterizado pelos longos períodos de estiagem, altas temperaturas e déficit pluviométrico, a junção desses fatores climáticos com fatores antrópicos, como o desmatamento e emissão de gases do efeito estufa, ocorre o fenômeno natural da seca que se associa muitas vezes a degradação ambiental (BEZERRA, 2016).

Silva e Nobre (2016) citam que entre as principais características do fenômeno da seca destacam-se a redução e a irregularidade das precipitações pluviométricas. Bezerra (2016) ressalta que as altas temperaturas, característica peculiar da região Nordeste, resultam num aumento considerável dos índices de evapotranspiração.

Morelli (2012) diz que as fontes alternativas de energia surgem como soluções locais capazes de suprir as necessidades humanas sem destruir o meio ambiente. O sistema de energia solar consiste em células fotovoltaicas que convertem a

luz solar em corrente elétrica, e esses sistemas podem funcionar de forma autônoma e são geralmente integrados a ambientes construídos como telhados de prédios e casas, mas também podem ser portáteis (HERNANDEZ et al. 2014). Os autores Silva Farias, Silva e Carvalho (2021) elucidam que o desenvolvimento de novas fontes renováveis não se limita ao atendimento a compromissos ou obrigações ambientais, mas também visam ao desenvolvimento de tecnologias no país. Os supracitados autores dizem também que é imprescindível que as energias renováveis estejam inseridas nas políticas energéticas dos países, já que exercem um papel importante para a sustentabilidade do sistema energético. (MORELLI, 2012)

## OBJETIVOS

O presente projeto tem como objetivo estudar a viabilidade técnica e ambiental de implantação de usinas solares fotovoltaicas flutuantes em barragens localizadas no estado do Rio Grande do Norte, levando em consideração seus possíveis benefícios, como também as limitações e desafios.

## METODOLOGIA

Para atingir os objetivos do projeto inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre sistemas fotovoltaicos flutuantes implantados no Brasil e em outros países. Após, foi feito um levantamento estatístico de barragens que contemplam o estado do Rio Grande do Norte. Nesse levantamento, foi utilizado as coordenadas geográficas para confecção de mapa de localização das barragens através da plataforma Qgis, utilizando o SIRGAS 2000.

Os dados de localização foram publicados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), assim como demais dados sobre as barragens. Foi buscado informações e preenchidas em uma tabela: Nome do reservatório, municípios de localização, latitude e longitude em graus, minutos e segundos, utilização da água da barragem, capacidade em m<sup>3</sup>, área da bacia hidrográfica em km<sup>2</sup>, coeficiente de escoamento em %, altura máxima da barragem em metros, e volume morto em m<sup>3</sup>.

Estão sendo realizadas na sequência uma análise referente aos impactos provenientes de uma implementação de usina fotovoltaica flutuante, mapa de localização com rota entre barragens, comparativo entre modelos de usinas flutuantes verificando por tipo de barragem, um estudo de demanda energética regional e sistemas contemplativos de fornecimento, uma análise físico-química e biológica dos corpos hídricos, um estudo potencial energético e possíveis destinações, um estudo de viabilidade econômica dos modelos e a criação de índice de qualidade utilizando dados ambientais e técnicos.

## RESULTADOS

Lopes (2020) cita que quando comparadas com as usinas fotovoltaicas sobre o solo (UFVS), as usinas fotovoltaicas flutuantes, por serem instaladas sobre uma massa de água, realizam maior troca de calor, proporcionando que a temperatura operacional do módulo seja mais baixa e, desta forma, aumentando a eficiência geral do sistema. A autora informa também que a temperatura é um fator que impacta diretamente no desempenho de geração elétrica dos módulos fotovoltaicos.

Rego (2020) diz que assim, os impactos na redução de evaporação podem ser interessantes em locais com baixa disponibilidade hídrica, de toda forma, cabe lembrar que, em grandes corpos de água, não é esperado que a cobertura de módulos seja relevante em termos de fração da área total, assim, a redução da evaporação, embora seja um ganho acessório das usinas flutuantes, não é a solução para esta questão.

Não dá para dissociar a geração de energia com o consumo de água, em algumas fontes de geração se utiliza mais de água (como a hidrelétrica) mas a solar tem baixo consumo de água, apenas 0,02 m<sup>3</sup>/MW h (metro cúbico por megawatt horas), consumindo água apenas para lavagem de painéis e supressão de poeira quando necessária, além da água utilizada na produção das placas solares (HERNANDEZ et al. 2014).

A Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SERHID, 2006) destaca que a construção de açudes, em grandes e médios reservatórios, foi uma medida decisiva para reduzir a vulnerabilidade das áreas submetidas à escassez e irregularidade das precipitações pluviométricas. Para elucidar as localizações das barragens foi elaborado um mapa de localização das barragens do Rio Grande do Norte, conforme figura 1 a seguir.

## Mapa de localização das barragens

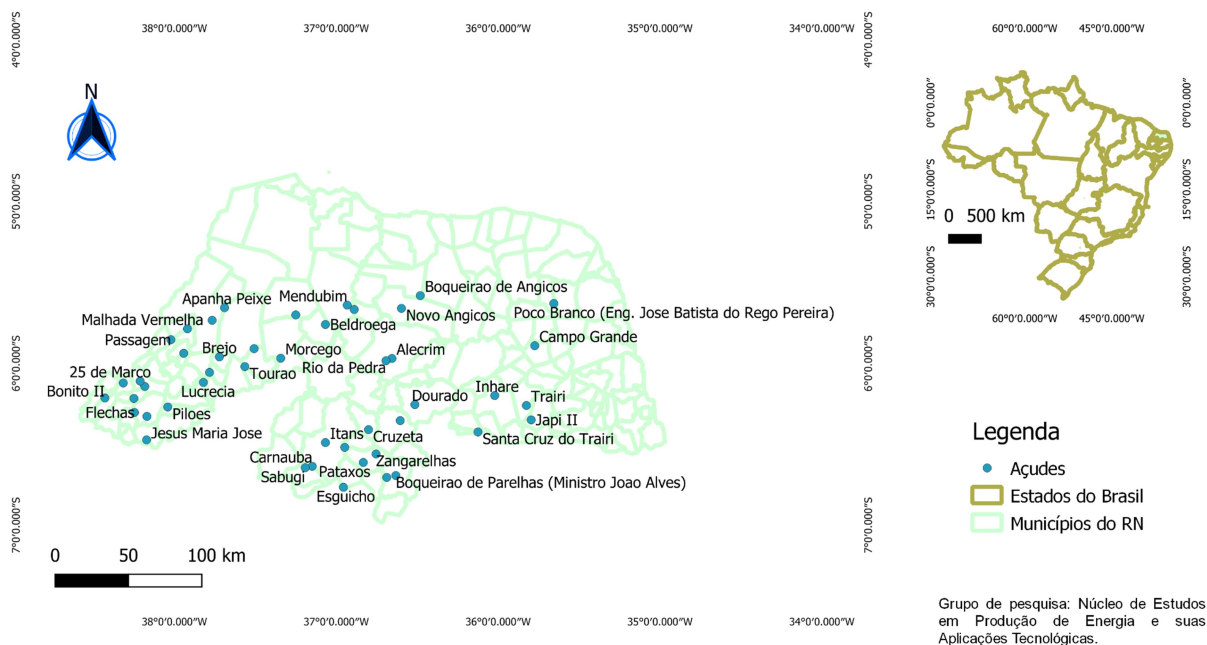


Figura 1: Mapa de localização das barragens. Fonte: Autor do Trabalho.

Vê-se que na figura 1 as barragens estão mais concentradas no centro do estado e não no litoral, justamente por ter baixas precipitações e maiores temperaturas, sendo possíveis locais de fixação das usinas flutuantes. Elaborou-se também uma ficha técnica com algumas informações apresentadas a seguir na figura 2.

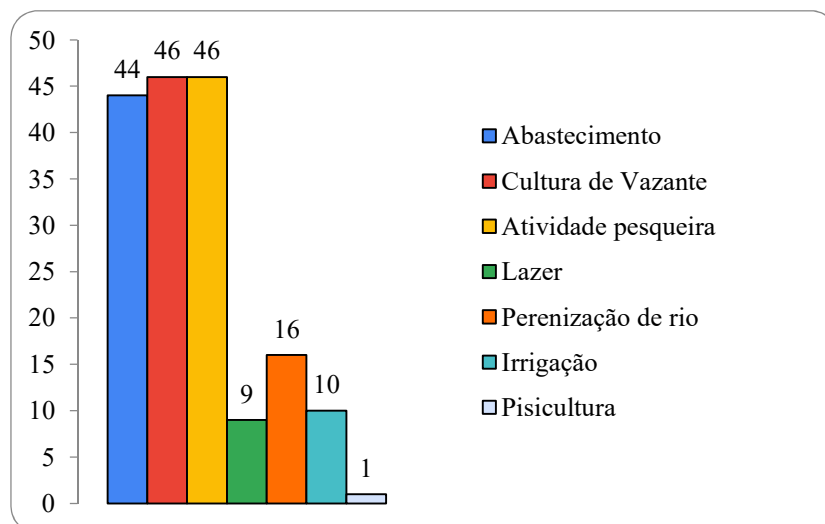


Figura 2: Atividades executadas nas barragens. Fonte: Autor do Trabalho.

Salienta-se que foram encontradas 46 barragens, sendo 100% delas utilizadas para cultura de vazante e atividades pesqueiras. Dentre as barragens há o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, que segundo Mosca (2008) é o maior reservatório do Estado do Rio Grande do Norte e é responsável pela acumulação de cerca de 53 % de toda a água doce superficial represada no Estado. O autor aponta em seu estudo que é muito provável que a produção primária planctônica do reservatório seja mais limitada pela disponibilidade de luz do que pela disponibilidade de nutrientes.

Sendo assim, utilizar as placas flutuantes às barragens, iria diminuir a incidência solar, podem ocasionar a diminuição na produção de plânctons no reservatório.

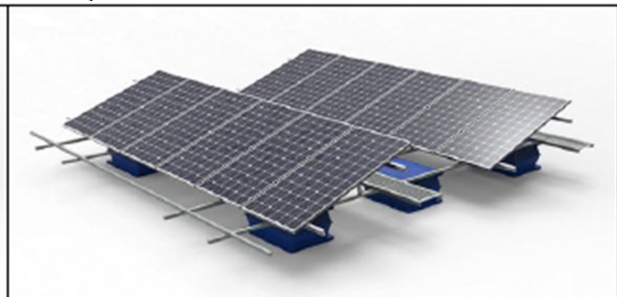
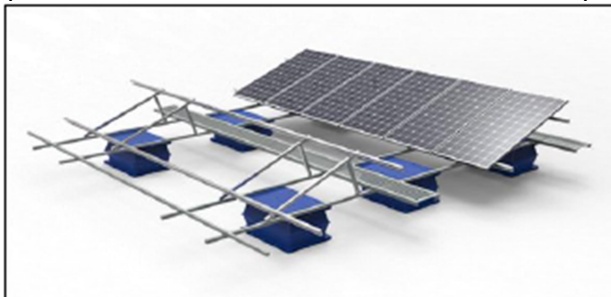
Através do comparativo considerando os modelos de usinas flutuantes verificando os tipos de barragem, encontrou-se os seguintes modelos apresentados a seguir.

Sunlution (2019), apresenta, conforme figura 3 e 4, flutuadores para suporte e fixação direta dos módulos fotovoltaicos. Este tipo de flutuador permite mais fácil acesso aos módulos instalados por possuir passagens de superfícies não escorregadia e requer pouca profundidade para a ancoragem. Logo uma barragem não tão profunda possivelmente se adequaria ao sistema.



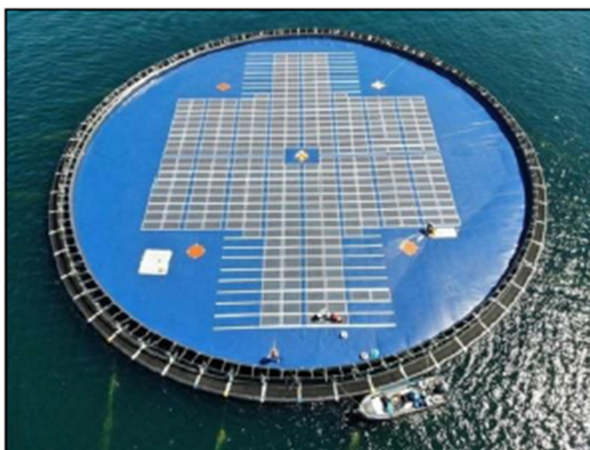
**Figuras 3 e 4: Flutuadores do tipo fixação direta dos módulos. Fonte: Sunlution (2019).**

Scotra (2019), traz os flutuadores adicionados de estruturas metálicas para apoiar os módulos fotovoltaicos, conforme figuras 5 e 6 a seguir. Os flutuadores fornecem a flutuabilidade necessária para manter o sistema na superfície da água, enquanto as estruturas metálicas servem como uma base para a fixação dos módulos.



**Figuras 5 e 6: Flutuadores adicionados estruturas metálicas. Fonte: Scotra (2019).**

Ocean Sun (2019) vem com proposta de membranas e tapetes projetados para suportar o estresse mecânico e a exposição ao sol, cobrindo a superfície da água e criando uma base para a instalação dos módulos, apresentados nas figuras 7 e 8.



**Figuras 7 e 8: Flutuadores membranas e tapetes. Fonte: Ocean Sun (2019).**

Os três flutuantes têm características específicas e podem ser comparados com a tabela elaborada pelo grupo de pesquisa, onde encontram-se dados de 46 barragens, para verificar a profundidade. Dentre as barragens, as maiores atividades identificadas foram: o uso para abastecimento; cultura de vazante; e atividade pesqueira.

## CONCLUSÕES

As barragens estão mais concentradas no centro do estado e não no litoral, sendo possíveis locais de fixação das usinas flutuantes e podendo beneficiar a qualidade da água com a diminuição na produção de plânctons.

Foram encontrados três principais tipos: flutuadores para suporte e fixação direta dos módulos fotovoltaicos, flutuadores adicionados de estruturas metálicas para apoiar os módulos fotovoltaicos, e membranas e tapetes projetados.

Foram encontrados dados de 46 barragens. Dentre as barragens, as maiores atividades identificadas foram: o uso para abastecimento; cultura de vazante; e atividade pesqueira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEZERRA, M. B. **A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta.** *Revista de Geociências do Nordeste*, [S. l.], v. 2, p. 623–632, 2016. DOI: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10509. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadogregne/article/view/10509>. Acesso em: 23 fev. 2023.
2. CONEJERO, M. C., CALIA, R. C., & SAUAIA, A. C. A. (2015). **Redes de inovação e a difusão da tecnologia solar no Brasil.** *INMR - Innovation & Management Review*, 12(2), 90-109. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/100334>
3. DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Fichas técnicas dos reservatórios - Estado: RN.** Disponível em: [https://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos\\_hidricos/fic\\_tec\\_estado.php?sigla\\_estado=RN](https://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_estado.php?sigla_estado=RN). Acesso em: 21 fev. 2023.
4. R.R. HERNANDEZ, S.B. EASTER, M.L. MURPHY-MARISCAL, F.T. MAESTRE M. TAVASSOLI, E.B. ALLEN, C.W. BARROWS, J. BELNAP, R. OCHOA-HUESO, S. RAVI, M.F. ALLEN. **Environmental impacts of utility-scale solar energy.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29 (2014) 766–779. DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.041. Disponível em: <https://escholarship.org/content/qt62w112cg/qt62w112cg.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2023.
5. LOPES, Mariana Padilha Campos. **Usinas fotovoltaicas flutuantes como alternativa para a geração de energia e redução da evaporação em açudes do semiárido brasileiro / Mariana Padilha Campos Lopes – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2020.** Tese (Doutorado) – UFRJ/COPPE Programa de Planejamento Energético.
6. MORELLI, F. S. **Panorama geral da energia eólica no Brasil.** 2012. 77f. Monografia (Graduação em Engenharia) - Universidade de São Paulo - USP, São Carlos – SP. Disponível em: [http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-04022013-101829/publico/Morelli\\_Francis\\_de\\_Souza.pdf](http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-04022013-101829/publico/Morelli_Francis_de_Souza.pdf). Acesso em: 01 mar. 2023.
7. MOSCA, Vanessa Pereira. **Eutrofização do reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte: implicações para o abastecimento público e para a piscicultura intensiva em tanques-rede.** 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
8. OCEAN SUN. **Ocean Sun**, 2019. Disponível em: <https://oceansun.no/>. Acesso em: 01 ago. 2023.
9. REGO, Erik Eduardo et al. **Aspectos Tecnológicos e Ambientais relevantes ao Planejamento.** GOVERNO FEDERAL MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA MME/SPE. No. EPE-DEE-NT-016/2020-r0 Data: 19 de Fevereiro de 2020. Rio de Janeiro.
10. SCOTRA. **Floating PV System**, 2019. Disponível em: <http://scotra.co.kr>. Acesso em: 01 ago. 2023.
11. SERHID/RN. **Rio Grande do Norte. Secretaria de Recursos Hídricos.** Águas Potiguares - Açudes Públicos. 2006. Natal/RN. Volume 1.
12. SILVA, J. F., & NOBRE, F. W. (2016). **Drought discourse and water crisis:: an analysis the "Ceará Water Belt".** *Sustainability in Debate*, 7, 22–37. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v7n0.2016.18756>
13. SILVA FARIAS, Márcia Regina Farias da; SILVA, Ítalo Henrique Monteiro da; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de (2021). **Energias Renováveis: O Parque Eólico De São Cristóvão, Município De Areia Branca (RN) – BRASIL.** *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, nº 22 (Dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 111 - 139, dx.doi.org/10.17127/got/2021.22.005 Acesso em: 01 mar. 2023.
14. SUNLUTION, 2019. Disponível em: <https://www.sunlution.com.br/>. Acesso em: 01 ago. 2023.