

A FORÇA MAREMOTRIZ: UMA ALTERNATIVA PARA A CAPTAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL PERANTE AS AMEAÇAS DE CRISES HÍDRICAS

YAGO MAGALHÃES FONTES¹

1Licenciatura em Geografia pelo Centro Universitário ETEP (2022), Tecnólogo em Comércio Exterior pelo Centro Paula Souza FATEC-PG (2020). Experiência em Comércio Exterior e Pesquisas. Voluntário pelas causas ambientais junto da organização Greenpeace Brasil (2020). Voluntário em Pesquisas sobre o COVID19 pela Fold At Home (2020). yago251715mgf@gmail.com.

RESUMO

O cenário atual de captação de energia no Brasil possui uma grande dependência da fonte de energia hidrelétrica, sendo um país tão extenso e podendo explorar diversas formas de energia alternativa, é visível a possibilidade de mudança desse cenário tornando o país mais autossustentável. Tal fragilidade e dependência de somente uma forma de captação de energia demonstra riscos graves que podem afetar tanto a qualidade de vida dos cidadãos quanto a própria economia do país somente com uma crise hídrica. Por essa razão, o atual estudo propõe uma conjuntura hipotética do uso da energia maremotriz para que seja diminuída a dependência do uso da energia hidrelétrica para o sustento do país, onde primeiramente serão apresentados as qualidades e defeitos do uso dessa forma de energia, como ela ocorre, e posteriormente como poderia ser aplicada com maior relevância no cenário elétrico do Brasil.

Palavras-chave: Energia; Maremotriz; Hidrelétrica; Economia.

TIDAL ENERGY FORCE: AN ALTERNATIVE ROUTE FOR ENERGY CAPTURE IN BRAZIL

ABSTRACT

The current scenario of energy capture in Brazil has a great dependence on the source of hydroelectric energy, as country so extensive and being able to explore different forms of alternative energy, there is a visible possibility of changing this scenario making the country more self-sustainable. Such fragility and dependence on only one form of energy capture demonstrates serious risks that can affect both the quality of life of citizens and the country's own economy only with a water crisis. The current study proposes a vision of how the use of tidal energy would reduce the dependence on the use of hydroelectric energy for the livelihood of the country, where first the qualities and defects of the use of this form of energy will be presented, how it occurs, and later how it could be applied with greater relevance in the Brazilian electricity scenario.

Keywords: Energy; Tidal energy; Hydroelectric; Economy.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil sendo um país de proporções continentais e de inúmeros recursos naturais é considerado um dos países mais propícios para a prática de diversos tipos de energia alternativa em relação a energia hidrelétrica, e adotando métodos como a energia termoelétrica, tendo como exemplo as termoelétricas de Piratininga, Cubatão e Ibitiré, potências respectivas de até 190, 219 e 226 megawatts (MW) (PETROBRÁS, 2022). Também energia nuclear, como as

usinas de Angra dos Reis, sendo elas Angra 1, Angra 2 e futuramente Angra 3, tendo suas potências com média de 640 MW até 1350 MW (ELETROBRÁS, 2022).

No entanto, a fonte de energia que ainda corresponde à maior parcela de produção elétrica no país é a energia hidrelétrica, com participação de 63,8%, seguida da energia eólica em 9,3%, biomassa e biogás 8,9% e solar em 1,4% (PORTAL OFICIAL DO GOVERNO BRASILEIRO, 2020).

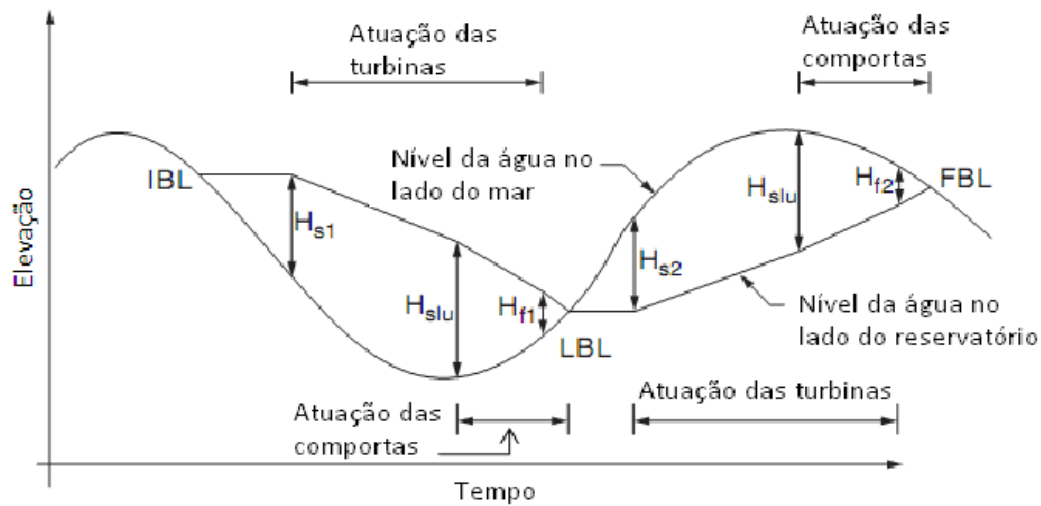
A energia hidrelétrica, apesar de possuir por meio do senso comum o rótulo energia limpa e sustentável, não desempenha esse papel na prática, pois para sua implantação é preciso desmatar a área de construção, causando perda da biodiversidade, como também controlar e alterar o volume dos rios prevendo diminuição da oferta de água (JORNAL DA UNICAMP, 2018).

Estando ciente de que a energia hidrelétrica age de forma extremamente danosa ao meio ambiente, porém a mais utilizada pelo país por conta da abundância de acesso fluvial, esse estudo de abordagem bibliográfica e qualitativa apresenta o uso da energia maremotriz como fonte alternativa, primeiramente apresentando essa forma de energia, ainda como demonstrando as consequências de seu uso para que posteriormente seja analisada a problemática de sua capacidade de diminuir a dependência do uso de energia hidrelétrica e sua viabilidade.

2 ENERGIA MAREMOTRIZ

Energia Maremotriz, também conhecida como energia das marés, consiste em uma forma de captação de energia realizada através do aproveitamento da movimentação das marés e sua energia cinética. A energia maremotriz poderia ser facilmente aproveitada no Brasil por conta da extensa faixa litorânea que cerca o país, mesmo que necessite de condições geográficas específicas para sua implantação e da criação de uma barragem resistente as alterações de marés (NETO *et al*, 2011).

Existem três tipos de usinas para o aproveitamento da energia maremotriz, a usina de maré vazante, a usina de maré enchente e a usina híbrida, que engloba as duas operações. A usina de maré vazante é a mais simples, ela aproveita a maré cheia e a maré vazante (quando a maré baixa) fazendo com que a queda da água reservada durante a maré alta no momento de maré vazante seja suficiente para a movimentação das turbinas. Referente à maré enchente, esse método utiliza o aumento do nível do mar criando uma forma de represa, porém com uma curta passagem por baixo com turbinas geradoras de energia que irão se movimentar com o escoamento da água. (NETO *et al*, 2011)

Figura 1: Parâmetros de otimização para operação de duplo efeito

Fonte: SAAVEDRA (2016).

Durante o método híbrido, ou como também é conhecido o método duplo efeito, a geração de energia é realizada das duas formas podendo empregar turbinas reversíveis e não reversíveis, assim facilitando a forma de captação da energia das marés adotando dois métodos que aproveitam a maré de forma diferente (SAAVEDRA, 2016).

A atuação das turbinas ocorre de forma constante durante a movimentação das marés, atuando de forma mais flexível do que da forma maré vazante ou maré enchente, tendo um maior proveito, é claro que sua construção possui uma maior dificuldade, no entanto seria uma melhor forma de adoção do método de captação de energia maremotriz.

Existem alguns exemplos de implantação de usinas de energia maremotriz tanto nacional quanto internacional. Com relação aos exemplos de energia maremotriz sendo usadas internacionalmente, pode ser citada a usina LIMPED 500, localizada na costa da ilha de Islay na Escócia, sendo capaz de gerar até 500KW, através de seu mecanismo que movimenta as turbinas conforme a mudança de nível do mar e força de suas ondas. (OECD, 2022). Também pode ser citada a usina maremotriz *offshore* Mighty Whale, localizada no Japão, que age como um conversor de energia das ondas se aproveitando da oscilação das ondas para movimentar suas turbinas ainda no mar, sendo essa capaz de gerar até 50KW (GOVERNAMENTAL ORGANIZATION TETHYS, 2021).

No Brasil o mais perto que temos de uma usina que utiliza a movimentação oceânica é a usina ondomotriz de Pecém, localizada no estado do Ceará, capaz de atingir até 50KW, sendo essa uma usina pioneira no Brasil no aproveitamento do oceano como produtor de energia.

O diferencial da tecnologia brasileira é o uso de sistema de alta pressão para movimentar a turbina e o gerador, um conceito desenvolvido e patenteado pela Coppe. O conjunto completo é formado por um flutuador e um braço mecânico que, ao serem movimentados pelas ondas, acionam uma bomba para pressurizar água doce e armazená-la num acumulador conectado a uma câmara hiperbárica. A pressão na câmara equivale à das colunas d'água das usinas hidrelétricas (ASSOCIAÇÃO DOS SERVIDORES DO INMETRO-SI, 2020).

A aplicação dessa usina inovadora e funcional demonstra que sistemas similares como a maremotriz que já possuem modos de operação poderiam ser também adotados no Brasil.

Tendo ciência de que a aplicação de energia maremotriz é possível no Brasil é preciso entender até onde esse tipo de captação de energia é eficiente, assim como nos possíveis danos ambientais que podem ser causados, seu custo e também como sua forma de operação pode mudar a realidade social daqueles que poderiam ser afetados por sua constante atividade.

3 O USO DE ENERGIA MAREMOTRIZ EM COMPARAÇÃO COM A ENERGIA HIDRELÉTRICA.

Sabendo que o Brasil tem sua maior parcela de geração de energia através de hidrelétricas, e entendendo que o país é tão dependente desse método, criou-se a necessidade de tentar compreender até onde essa forma de energia poderia ser substituída por formas menos danosas ao meio ambiente. Atualmente, existem cerca de 1.342 hidrelétricas no país, sendo elas 699 micros hidrelétricas, 426 pequenas hidrelétricas e 217 hidrelétricas comuns, representando respectivamente o total de 712 MW, 5.184 MW e 98.581 MW de potência, resultando em 104.477 MW (CBIE - CENTRO BRASILEIRO DE INFRA ESTRUTURA, 2019).

É notável que o Brasil é um país muito propício para a adoção do método de geração de energia através de hidrelétricas, pois de acordo com o IBGE (2022) é o país que possui a maior reserva de água doce do planeta. Porém, o método de energia maremotriz também seria proveitoso, pois o país possui cerca de 7.491 km de extensão costeira.

Em questão de comparação de produção elétrica, de acordo com Neto et al (2011) as usinas de energia maremotriz podem gerar dentre 10 MW à 240 MW, considerando como 240 MW a grande usina maremotriz de La Rance na França. Referente à energia hidrelétrica, teriam que ser instaladas pelo menos 436 grandes usinas de energia maremotriz para atingir a mesma quantidade de energia que todas as 1.342 usinas hidrelétricas.

Analisando a questão de capacidade de geração de energia, as hidrelétricas comuns que possuem uma extensão similar às usinas grandes maremotrizes, geram 98.581 MW enquanto na mesma quantidade de 217 usinas, o método de energia maremotriz iria gerar 52.080 MW, tendo uma diferença de 46.501 MW. Em suma, uma grande usina maremotriz teria o potencial de

gerar até 240 MW, enquanto uma hidrelétrica, considerando a média de 98.581 MW dividido por 217 usinas comuns, possui o potencial de 454,29 MW.

Em frente aos dados analisados tendo como fonte o CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA (2019), cabe findar que as usinas hidrelétricas de grande porte conseguem produzir em maior escala do que as usinas de energia maremotriz sendo quase o dobro da capacidade, porém, vale ressaltar que, se tratando de danos ambientais as usinas de energia maremotriz apesar de sua instalação sendo potencialmente poluidora por conta de que, apesar de necessitar também de uma mudança na topografia e no habitat local, podendo interferir na biodiversidade e pesca próxima mudar todo um espaço marítimo, não possui resíduos, não afeta o volume de água (por ser marítima e não fluvial).

Outro fator que pode ser levantado é o preço de instalação das usinas, enquanto uma usina de grande porte hidrelétrica como a Usina Monte Claro necessita do investimento de 14 bilhões de reais segundo PORTAL GOVERNAMENTAL DO RIO GRANDE DO SUL (2005), uma usina maremotriz grande chegaria a atingir um investimento de até 1,77 bilhões de reais no mínimo, assim considerando os dados do jornal digital de bioenergia O CANAL (2016), onde o investimento para construção seria de 1,5 milhões de dólares por MW, sendo assim, convertidos para o valor de 4,93 reais por dólar e multiplicado por 240MW.

4 VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA MAREMOTRIZ PARA DIMINUIÇÃO DA DEPENDÊNCIA DAS HIDRELÉTRICAS E ENFRAQUECIMENTO DAS CRISES HÍDRICAS E ELÉTRICAS.

O Brasil por ser um país fortemente dependente das usinas hidrelétricas, essas compondo mais de 60% da captação de energia no país, possui um grave risco de sofrer crises elétricas sempre que ocorre uma forte crise hídrica. Em 2001 houve uma forte crise hídrica que abalou todo o país, demonstrando a necessidade de mudança na captação de energia e a fragilidade da captação das usinas hidrelétricas.

O Rio São Francisco sofreu com a pior falta de chuvas de sua história, causando uma diminuição drástica do volume de suas águas. A seca de 2001 teve uma particularidade em relação às anteriores: ocorreu no momento em que não só o Nordeste, mas todo o Brasil vivia uma crise de energia elétrica sem precedentes em toda a história do País, provocada por falta de investimentos no setor e pela escassez de chuvas (ARAÚJO, 2016).

As consequências econômicas de uma crise hídrica e elétrica são danosas tanto para a qualidade de vida, segurança e saúde dos cidadãos, quanto para a economia do país. De acordo com Filho *et al* (2001) os impactos econômicos no setor público perante a uma crise como em

2001 poderia resultar em redução da porcentagem de superávit de PIB em até 0,19% podendo compor R\$ 2,3 bilhões.

Conhecendo os riscos de uma crise hídrica e elétrica, é notável a necessidade de uma maior exploração e aprimoramento de novas formas de captação de energia, pois o país ainda se encontra dependente das usinas hidrelétricas e casos como em 2001 ainda são um risco. No ano de 2021, o presidente da Câmara de Deputados Arthur Lira (PP-AL) Em audiência pública na Câmara dos Deputados com os diretores da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) afirmaram medidas para o fornecimento de energia, entre essas medidas uma maior atividade das usinas termelétricas e aumento da importação de energia de países vizinhos como Argentina e Uruguai (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS, 2021). Tais audiências foram impulsionadas pela crise elétrica do Amapá em novembro de 2020, onde segundo Frabetti (2020), a crise chegou a afetar 13 municípios do estado, resultando em um colapso populacional generalizado.

A interrupção do fornecimento de energia elétrica provocou a queda do abastecimento hídrico, comprometeu o funcionamento das agências bancárias, impediu quase por inteiro as formas de pagamento eletrônico no comércio, cortou redes de comunicação e escasseou os estoques dos postos de combustíveis. Alimentos congelados ou perecíveis armazenados nos mercados e nas residências rapidamente tornaram-se impróprios para o consumo humano. O preço de mercadorias como água mineral e velas disparou. A impossibilidade de se contar com qualquer sistema de refrigeração de ambientes obrigou as pessoas a dormirem com as janelas de suas residências abertas, colocando em risco sua segurança pessoal e física. Já sob o aspecto da segurança sanitária, especialmente em meio à atual pandemia de Covid19, o crescimento das ocorrências de aglomeração de pessoas em torno dos poucos serviços que ainda funcionavam expôs a população toda ao perigo de um aumento no ritmo de propagação da doença (Frabetti, 2020).

Percebendo os riscos que uma crise hídrica e elétrica ainda pode causar para o país, e compreendendo que esses riscos são possíveis e que podem se agravar mediante a uma pandemia, é preciso se perguntar por quê ainda não houveram investimentos para que ações públicas sejam tomadas para evitar esses casos, e se uma via alternativa como energia maremotriz poderia ajudar a enfraquecer essas crises.

As usinas de energia maremotriz mesmo que em teoria possuam sua implantação R\$ 12,23 bilhões mais barata do que a implantação de uma hidrelétrica, são capazes de gerar em máximo potencial 240 MW, e em comparação com uma grande hidrelétrica capaz de gerar até 454,29 MW acaba sendo necessária a implantação de pelo menos 2 grandes usinas maremotriz para suprir a falta de uma grande usina hidrelétrica. A construção de pelo menos 2 usinas maremotrizes apesar de ser teoricamente menos custosa, necessitaria de um maior tempo de construção e afetaria a topografia litorânea e a pesca local.

5 RESULTADOS

Apesar dos esforços em questão de investimentos no setor de energia e importação de energia de outros países, a ameaça de crise elétrica no Brasil durante uma crise hídrica ainda é atual e uma crise como a ocorrida em 2001 ainda é possível, pois o país ainda se encontra dependente de hidrelétricas para geração de energia. Sabendo disso, esse artigo propôs a utilização de energia maremotriz para enfraquecer essa dependência e suprir crises elétricas durante falhas em usinas hidrelétricas ou escassez de água em caso de crises hídricas, considerando os menores riscos ambientais e também menores investimentos para implantação em teoria. O uso de energia maremotriz para suprir a falha ou escassez de uma usina hidrelétrica supriria apenas 1/2 de potência, ou totalmente caso sejam construídas 2 usinas de energia maremotriz. Em contrapartida, a construção de uma usina maremotriz poderia levar décadas e seus efeitos na topografia litorânea poderia mudar completamente a biodiversidade local, afetando a pesca e a qualidade de vida dos cidadãos. Vale ressaltar que, os dados relacionados à construção das usinas maremotrizes são até o momento teóricos, pois até o momento tal método de captação de energia não foi aplicado no Brasil.

6 CONCLUSÃO

As usinas de energia maremotriz, sendo essas as usinas que se aproveitam da movimentação das marés para geração de energia elétrica, possuem uma forma de atuação menos nociva ao meio ambiente em comparação com hidrelétricas e produz com mais constância que outras formas de energia alternativa, tais como eólica e solar que dependem de condições climáticas mais suscetíveis a mudanças. Por tal razão, é considerada uma via de forte investimento para suprir as necessidades energéticas do país.

É necessário pontuar que, sua atuação mesmo que não tão dependente de condições climáticas, ainda depende da movimentação das marés, que apesar de constantes não possuem uma força de movimentação constante, tornando sua potência apenas de apenas 1/2 em comparação às grandes hidrelétricas. É notável que, perante a uma crise hídrica e elétrica uma usina maremotriz gerando apenas 1/2 de potência de uma hidrelétrica ainda poderia suprir grande parte das necessidades elétricas da população, tendo assim o potencial de sanar as necessidades emergenciais de eletricidade.

7 AGRADECIMENTOS

O autor agradece fielmente aos amigos Daniel Rossmann Jacobsen, Trenton Wilkie, Matheus Secchi, Kira Luersen Sordi, e também a Kiel a pessoa mais especial.

8 REFERÊNCIAS

Agência Câmara de Notícias. **Lira vê risco de racionamento de energia semelhante ao de 2001.** Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/773014-lira-ve-risco-de-rationamento-de-energia-semelhante-ao-de-2001/>>. Acesso em 19 maio. 2022.

ARAÚJO, Luis E. S. **CRISE HÍDRICA E POTENCIAL ENERGÉTICO DA REGIÃO SUDESTE. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016433.pdf>>. Acesso em 19 maio. 2022.

ASSOCIAÇÃO DOS SERVIDORES DO INMETRO-SI. **Usina de ondas do porto do Pecém no Ceará.** Disponível em: <<https://asmetro.org.br/portalsn/2020/05/11/usina-de-ondas-do-porto-do-pecem-no-ceara/>>. Acesso em 17 maio. 2022.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA. **Quantas usinas geradoras de energia temos no Brasil.** Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/quantas-usinas-geradoras-de-energia-temos-no-brasil/>>. Acesso em 18 maio. 2022.

ELETROBRAS. **Angra 1.** Disponível em: <<https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-1.aspx>>. Acesso em 14 maio. 2022.

ELETROBRAS. **Angra 2.** Disponível em: <<https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-2.aspx>>. Acesso em 15 maio. 2022.

FILHO, Bolívar P.; MOTA, José A.; CARVALHO, José C. J.; PINHEIRO, Mauricio M. S. **TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 816 IPEA IMPACTOS FISCAIS DA CRISE DE ENERGIA ELÉTRICA: 2001 E 2002.** Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1995/1/TD_816.pdf>. Acesso em 19 maio. 2022.

FRABETTI, Giancarlo. **Fluidez do capital, colapso nas cidades amazônicas: notas sobre a crise energética e humanitária no estado do Amapá. Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da Ufes.** Nº31, 2020. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/geografafares/pdf/872>>. Acesso em 20 maio. 2022.

GOVERNO BRASILEIRO. **Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira.** Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>>. Acesso em 14 maio. 2022.

IBGE. **Conheça o Brasil - Território RIOS DO BRASIL.** Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18305-rios-do-brasil.html#:~:text=O%20Brasil%20possui%20a%20maior,de%20energia%2C%20entre%20outros%20fins.>>. Acesso em 16 maio. 2022.

JORNAL DA UNICAMP. **Custos sociais e ambientais de usinas hidrelétricas são subestimados, aponta estudos.** Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/ju/noticias/2018/11/07/custos-sociais-e-ambientais-de-usinas-hidreletricas-sao-subestimados-aponta>>. Acesso em 15 maio. 2022.

NETO, Pedro B. L.; SAAVEDRA, Osvaldo R.; CAMELO, Nelson J.; RIBEIRO, Luiz A. S.; FERREIRA, Rafael M. **Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, vol. 19 N° 2, 2011, pp. 219-232. Disponível em: <https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052011000200007>. Acesso em 16 maio. 2022.

O CANAL. **Energia vinda dos oceanos é ambientalmente interessante e começa a ser explorada no Brasil**. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/energia-vinda-dos-oceanos-e-ambientalmente-interessante-e-comeca-a-ser-explorada-no-brasil/>>. Acesso em 17 maio. 2022.

O ECO. **No balanço do mar**. Disponível em: <<https://oeco.org.br/salada-verde/22644-no-balanco-do-mar/>>. Acesso em 16 maio. 2022.

PAULA, Guilherme V. **O TRANSPORTE DE CARGAS NO BRASIL: UM COMPARATIVO ENTRE OS MODAIS E AS SUAS ESTRUTURAS DE CUSTOS. UNESP. 1 ed. Campus de Guaratinguetá**. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155360/000882236.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 17 maio. 2022.

PETROBRAS. **Termelétrica Cubatão**. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/termeletricas/cubatao.htm>>. Acesso em 14 maio. 2022.

PETROBRAS. **Termelétrica Ibirite**. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/termeletricas/ibirite.htm>>. Acesso em 14 maio. 2022.

PETROBRAS. **Termelétrica Piratininga**. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/termeletricas/piratininga.htm>>. Acesso em 14 maio. 2022.

PORTAL GOVERNAMENTAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Rigotto inaugura usina monte claro, destacando investimentos de 14 bilhões no estado**. Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/rigotto-inaugura-usina-monte-claro-destacando-investimentos-de-r-14-bilhoes-no-estado>>. Acesso em 17 maio. 2022.

SAAVEDRA, Osvaldo R. **Potencial Energético do Maranhão: Energias Oceânicas. Doc. Instituto de Energia Elétrica & Renováveis da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). 1 ed. 2016**. Disponível em: <<https://seme.ma.gov.br/files/2016/11/Energias-de-Oce%C3%A2nicas-nov2016.pdf>>. Acesso em 16 maio. 2022.

TETHYS. **Mighty Whale**. Disponível em: <<https://tethys.pnnl.gov/project-sites/mighty-whale>>. Acesso em 17 maio. 2022.