Reflexões técnicas sobre o futuro da Eletrobrás: Água, Energia e Economia

O Senado Federal aprovou no dia 17/06 a medida provisória MP 1.031/2021 que permite a privatização da Eletrobras. A aprovação desta medida significa na prática que o controle da Eletrobras pode ser transferido a iniciativa privada. O objetivo deste documento é proporcionar reflexões acerca desta privatização, destacando aspectos fundamentais da relação entre água, energia elétrica e desenvolvimento econômico. Cabe salientar que este documento não expressa uma opinião automática acerca de privatizações, mas propõe sim uma análise mais fundamental sobre a empresa Eletrobras, e não apenas sobre a natureza de seu controle. É de amplo conhecimento público que as secas têm se intensificado no Brasil nas últimas décadas [1–3] e que isso tem interferido com geração de energia em nossas hidrelétricas. Além disso, o mundo como um todo tem vivenciado um processo de transição tecnológica de mobilidade baseada em combustíveis fósseis para eletromobilidade, onde uma empresa como a Eletrobras tem um potencial imensurável para contribuir com esta transição. O objetivo principal deste texto é então refletir e buscar trazer respostas para a pergunta: **quanto vale a Eletrobras?** Para introduzir a resposta a esta pergunta foram pesquisados dados sobre o montante de energia elétrica gerada pelas usinas hidrelétricas da Eletrobras em 2020, linhas de transmissão de energia elétrica e serão encaminhadas também reflexões sobre as relações entre água, energia, economia e desenvolvimento científico/tecnológico. É importante saber que o sistema elétrico brasileiro é extremamente complexo, compreendendo diversos tipos de contratação de energia e legislações onde destacam-se a Lei 12.783/2013 e a Lei 13.203/2015. Neste sentido, pretende-se estabelecer neste documento um padrão de comparação em termos de fluxos de energia e fluxos financeiros, deixando a análise detalhada de legislações para um próximo trabalho. A figura 1 mostra o fluxograma simplificado que servirá como arcabouço para as análises deste documento.

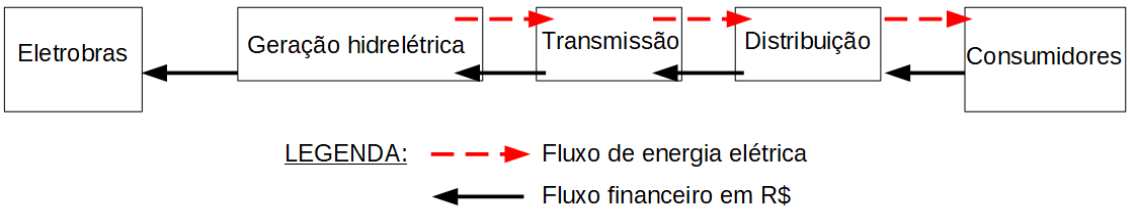

Figura 1 - Fluxograma base para análise de fluxos e projeções de arrecadação da Eletrobras.

Geração de Energia Elétrica - Hidrelétricas Eletrobras

O texto da MP 1.031/2021 aprovado no Senado Federal prevê que a Itaipu Binacional e a Eletronuclear estão fora do processo de privatização. Sendo assim, para os cálculos deste texto foram inicialmente analisadas as próximas usinas em capacidade de geração de energia, depois de Itaipu Binacional: usinas de Tucuruí e Belo Monte, ambas no estado do Pará. A figura 2 mostra o mapa com as usinas hidrelétricas do Sistema Eletrobras.

Figura 2 – Usinas Sistema Eletrobras. Adaptado de https://eletrobras.com/pt/Paginas/usinas.aspx

O cálculo para avaliação do valor atual das usinas foi feito com base em dados da quantidade de energia comercializada por cada usina no ano de 2020. Utilizou-se como valor de referência para energia elétrica 100,00 R$/MWh, que é um valor conservativo, uma vez que a energia elétrica de fonte hídrica chega a ser comercializada com preços mais elevados. Foi considerado um período de 30 anos, conforme a MP aprovada. A projeção do valor total arrecadado para 30 anos foi então calculada através do produto entre o valor arrecadado em 2020 multiplicado por 30 anos, não houve cálculo de valor presente com base na taxa de inflação. A tabela 1 resume os principais resultados encontrados para as usinas de Tucuruí e Belo Monte.

Tabela 1 – Dados de potência, produção de energia e arrecadação das usinas hidrelétricas de Tucuruí e Belo Monte. Adaptado de [4–6].

	Tucuruí	**Belo Monte**
Potência instalada [MW]	8.370	11.233
Energia despachada em 2020 [MWh]	29.000.000	25.000.000

Arrecadação em 2020 [Bilhões R$/ano]	2,9	2,5
Arrecadação futuro [**Bilhões** R$/30 anos]	**87**	**75**
Área do reservatório [km²]	2.850	Usina de fio d'água

Chama a atenção que as duas usinas somadas têm projeção de arrecadação de **162 bilhões de reais** com a venda de energia elétrica para os próximos 30 anos. É importante lembrar que este é um valor conservativo uma vez que considerou-se o preço da energia elétrica a 100 R$/MWh, preço que na prática hoje já é maior. Além disso, a energia vendida pela Eletrobras tem mercado garantido, o que deveria ser considerado para avaliar o seu valor intrínseco: mercado garantido é o sonho de qualquer empresa.

É importante saber que a Eletrobras tem um total de 48 usinas hidrelétricas, algumas de propriedade total e outras de propriedade compartilhada, conforme mostrado na figura 1. É importante saber também que 13 destas usinas operam sob o regime de cotas [7,8] e já foram amortizadas, o que significa que podem vender a energia elétrica mais barata. A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) fez um estudo sobre os impactos tarifários da MP 1.031/2021 [8] e para isso listou o preço da energia elétrica comercializada pelas 13 usinas sob regime de cotas da Eletrobras. A usina de Xingó é que consegue comercializar a energia elétrica com menor preço, 48,89 R$/MWh. No mesmo estudo da FIESP mostrou-se que todas as usinas no regime de cota comercializam energia elétrica com preço menor do que o preço médio do *mix* de mercado no Brasil, que é de 214,06 R$/MWh. Outro preço importante de referência é o preço de comercialização da energia de Itaipu, que ficou em 337,20 R$/MWh. Embora hajam diversos preços listados no estudo da FIESP, fica claro que se a privatização da Eletrobras ocorrer conforme a MP 1.031/2021, os novos controladores da Eletrobras poderão comercializar a energia elétrica com preços muito superiores aos atuais valores da Eletrobras, aumentando assim seus ganhos. Com isso, os lucros potenciais dos novos controladores da Eletrobras poderão ser elevados, o que permite que se possa obter um melhor preço de venda para a Eletrobras, melhorando assim o resultado financeiro para o Tesouro Nacional.

Com o objetivo de se balizar as projeções de arrecadação com as usinas hidrelétricas da Eletrobras para os próximos 30 anos, realizou-se cálculos de arrecadação considerando 4 cenários de preço de energia elétrica: cenário 1 com o preço da usina de Xingó 48,89 R$/MWh, cenário 2 com preço de 100,00 R$/MWh, cenário 3 com preço médio do *mix* Brasileiro 214,06 R$/MWh e cenário 4 com preço de 300 R$/MWh (valor próximo ao de Itaipu). Para realização dos cálculos foi utilizado o valor de geração de energia hidrelétrica da Eletrobras em 2020 conforme seu relatório gerencial [9], descontada a energia gerada por Itaipu que não está no escopo da MP 1.031/2021. Este valor de geração de energia elétrica foi de 133.883 MWh. A figura 3 mostra os resultados da projeção de arrecadação para os 4 cenários analisados.

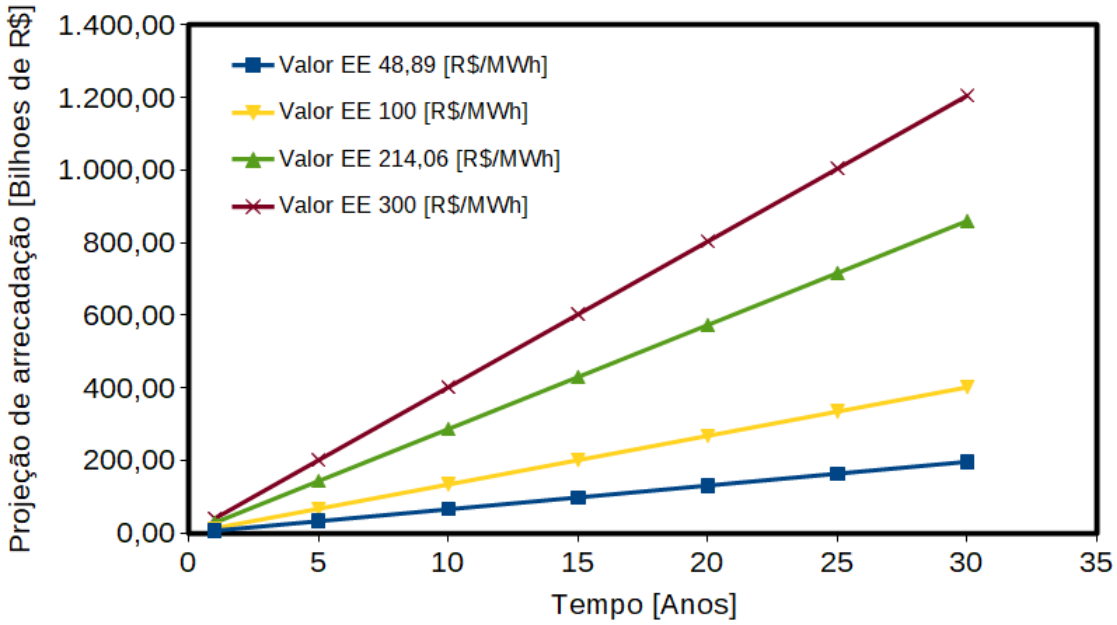

Figura 3 – Projeção de arrecadação da Eletrobras com comercialização de energia elétrica (EE) para diferentes preços de comercialização.

É possível observar na figura 3 que para comercialização com preço médio do *mix* Brasileiro (214,06 R$/MWh) a arrecadação potencial da Eletrobras chega próximo a **1 trilhão de Reais** para os próximos 30 anos. É bom salientar que conforme discutido no estudo da FIESP [8] não há na MP 1.031/2021 nenhum impeditivo para que os novos controladores aumente o preço conforme sua vontade. Assim, aqui cabe novamente a pergunta, **quanto valem as usinas hidrelétricas da Eletrobras**? É claro que poderia se argumentar que os valores indicados na figura 3 não levaram em consideração os custos operacionais e de manutenção, o que deve ser detalhado. No entanto, os valores mostrados na figura 3 servem para indicar o valor potencial da Eletrobras, isto calculando somente geração hidrelétrica, sem contar outras fontes, linhas de transmissão, fibras óticas, capacidade de armazenamento hidrelétrico, influência no mercado, portabilidade de futuro através de P&D&I.

Para se aprofundar o processo de valoração da Eletrobras, propõe-se um estudo colaborativo que seja realizado inicialmente com cálculos similares aos mostrados na tabela 1 e figura 3 para as 48 usinas hidrelétricas da Eletrobras e que os resultados sejam publicados em um ambiente de código livre e aberto para a inserção de camadas vetoriais na plataforma WebMap do Geonode, por exemplo. Propõe-se que cada pesquisador cadastre os dados de arrecadação da usina da sua região bem como os dados sobre custos de manutenção. Assim, o somatório das contribuições individuais fornecerá uma referência para o valor da Eletrobras considerando a projeção de arrecadação de energia elétrica e custos operacionais, conforme o fluxograma da figura 1. O trabalho colaborativo neste formato ajuda também na difusão dos resultados encontrados. Nosso grupo de pesquisa fez um trabalho inicial neste sentido, que pode ser encontrado aqui.

Transmissão de Energia Elétrica - Sistema Eletrobras

A Eletrobras conta com aproximadamente 66,4 mil km de linhas de transmissão de propriedade integral [9], que são suficientes para dar uma volta e meia ao redor da Terra. A figura 4 mostra as linhas de transmissão do Sistema Integrado Nacional, das quais aproximadamente 49% são propriedade da Eletrobras.

Figura 4 – Mapa de linhas de transmissão Sistema Eletrobras (2018). Adaptado de Eletrobras.

O sistema de transmissão de energia elétrica integrado no Brasil é um dos mais sofisticados do mundo e foi fruto de décadas de investimento em pesquisa & desenvolvimento em engenharia, realizados pelo estado brasileiro e operacionalizado

principalmente pela Eletrobras. Somente este conhecimento tecnológico acumulado por décadas tem um **valor inestimável.**

Em termos de operação, as linhas de transmissão são mantidas através do pagamento de uma taxa proporcional a energia elétrica transportada. Considere como exemplo a linha de transmissão que leva a energia elétrica da usina de Itaipu para o estado de São Paulo. Esta linha é operada pela empresa Furnas, opera com linhas sob tensão elétrica de 600 mil e 750 mil Volts e tem uma extensão aproximada de 900 km. A remuneração das linhas de transmissão varia entre 10% e 25% de acordo com o contrato, vamos considerar aqui um valor conservativo de 10%. Sabendo que Itaipu produziu 93 milhões de MWh em 2019, a um valor de 100,00 R$/MWh, 10% disso significa que o linhão de Itaipu tem um potencial de arrecadação de **930 milhões** de reais por ano. Este valor pode variar para cada trecho de transmissão, mas o valor total de arrecadação dos 66,4 mil km de linhas de transmissão também deve ser somado a projeção de preço da Eletrobras. A ANEEL publica anualmente dados mais exatos sobre os custos de transmissão, que são contabilizados através da sigla TUST - Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão. Para o período 2020/2021, a ANEEL informou [10] o valor de 27,9 Bilhões de Reais a título de TUST. Se multiplicarmos este valor por 30 anos (período de privatização) e por 0,49 (49% das linhas de transmissão são de propriedades da Eletrobras) chega-se ao montante de projeção de arrecadação total de **396,6 Bilhões de Reais** para 30 anos com TUST, sem contar atualização monetária ou cálculo de valor futuro. Para se obter um melhor detalhamento das projeções de arrecadação da Eletrobras com linhas de transmissão, sugere-se um trabalho colaborativo similar ao que foi sugerido para as usinas, utilizando o ambiente Geonode.

Reservatórios de hidrelétricas: a temática da água e a Eletrobras como bateria do sistema elétrico Brasileiro

Dentre as 48 usinas hidrelétricas da Eletrobras, a usina de Sobradinho se destaca pelo tamanho do seu reservatório. Instalada no Rio São Francisco a usina de Sobradinho tem potência instalada de 1.050 MW, aproximadamente 1/8 da potência da usina de Tucuruí, mas tem um reservatório com 4.214 km², que é aproximadamente 3,5 vezes maior do que o reservatório de Tucuruí. O reservatório da usina de Sobradinho tem um volume total de 34.116 Hm³, o que representa um potencial para garantir o consumo de uma população de 322 mil pessoas por um ano, considerando um consumo médio de água de 25 litros/pessoa-dia.

Nesse sentido, a propriedade de usinas hidrelétricas tem importância no que diz respeito a segurança hídrica e isto deve ser somado também ao valor da empresa. Além do valor da água em R$/m³, deve-se também valorar a importância estratégica do controle de reservatórios de água em um contexto onde as secas se aprofundam com o tempo e a população brasileira continua a crescer, aumentando assim a pressão por fontes de água limpa.

O controle dos reservatórios das hidrelétricas tem também um valor estratégico e operacional para o sistema elétrico Brasileiro. Com o aumento da fração de novas fontes renováveis de energia como eólica e solar foto voltaica, que são fontes **intermitentes**, é

imprescindível em termos de dinâmica do sistema elétrico bem como de qualidade de energia elétrica que exista uma fração considerável de fontes de energia que possam garantir a confiabilidade na geração de energia elétrica. Estas fontes confiáveis podem ser de geração termoelétrica, nuclear ou hidrelétrica. No caso do Brasil, a geração hidroelétrica é hoje, e pode se consolidar ainda mais, como a bateria do sistema elétrico Brasileiro, garantindo o fornecimento de energia elétrica quando não há disponibilidade de sol ou vento. Pode-se também armazenar energia no reservatório quando há abundância de sol e/ou vento, invertendo o sentido do fluxo de energia.

Um exemplo da utilização de reservatórios como bateria de sistemas elétricos são as hidrelétricas reversíveis, em inglês PSH - *Pumped-storage Hydropower*. A figura 5 mostra o esquema comparativo entre duas usinas do tipo PSH, no lado esquerdo com ciclo aberto (*open-loop*) onde há contato dos reservatórios com cursos d'água e no lado direito está mostrada a usina com ciclo fechado (*closed-loop*), onde não contato com cursos de água.

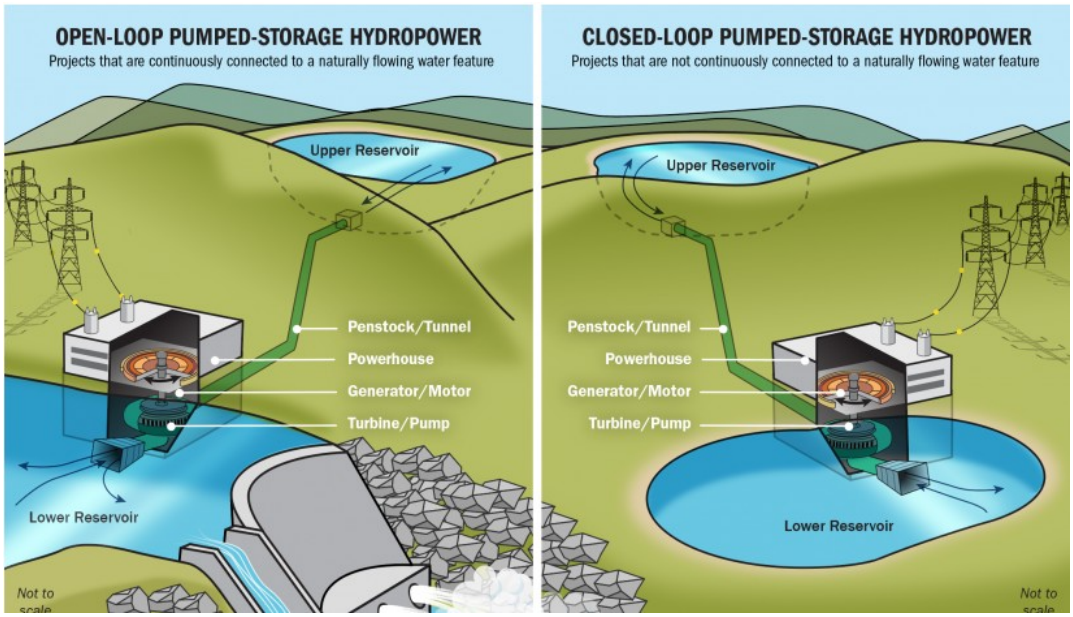

Figura 5 – Esquema comparativo entre duas usinas do tipo PSH, no lado esquerdo usina de ciclo aberto e no lado direito usina de ciclo fechado. Adaptado do Departamento de Energia dos EUA [11].

É interessante notar na figura 5 que tanto para as usinas PSH de ciclo fechado como de ciclo aberto a infraestrutura de geração de energia é bem parecida. É importante saber também que a energia gasta para se bombear a água reservatório acima é sempre maior do que a energia gerada pelo fluxo da água reservatório abaixo. Assim, as usinas do tipo PSH tiram vantagem da diferença das tarifas de energia elétrica no horário de pico e fora de pico. Atualmente nos EUA existem em construção 67 usinas do tipo PSH [12], que aproveitarão a diferença de preços da energia elétrica no horário de pico. É importante lembrar que nos EUA grande parte da energia elétrica é produzida de fontes não renováveis, como carvão, gás natural e fissão nuclear. Aplicando estratégia de mercado similar no Brasil, as usinas hidrelétricas da **Eletrobras poderiam ser também a bateria do sistema elétrico Brasileiro**, utilizando uma composição complementar com a geração

eólica, solar e outras renováveis. Assim, a matriz energética Brasileira se consolidaria como a matriz mais limpa do mundo, muito a frente dos EUA por exemplo.

A Eletrobras como empresa indutora de desenvolvimento tecnológico de relevância para o Brasil

Um dos principais processos de mudança de paradigma tecnológico na atualidade é a transição da mobilidade baseada em motores a combustão interna alimentados com combustíveis fósseis para eletromobilidade. A utilização de veículos elétricos é muito atraente do ponto de vista de emissões locais, pois os motores elétricos não geram emissões onde estão circulando. Mas, a energia elétrica deve vir de algum lugar. A energia para movimentar os veículos elétricos pode então ser gerada com usinas hidrelétricas, térmicas, de fissão nuclear, solar fotovoltaica ou eólicas. No entanto, um dos aspectos que pouco vem sendo discutido é a quantidade de energia envolvida neste processo de transição. Atualmente, a logística para produção, transporte e comercialização de combustíveis derivados do petróleo como gasolina e óleo Diesel já está muito bem configurada. Se houver substituição por veículos elétricos, esta logística energética deverá ser alterada.

Considere como exemplo a cidade de São Paulo. Segundo a ANP [13], Em 2019 foram vendidos 2.096.762.117 (dois bilhões noventa e seis milhões setecentos e sessenta e dois mil cento e dezessete) litros de gasolina do tipo C, o que representa um montante de energia de aproximadamente 16,104 milhões de MWh. Este consumo de energia química da gasolina equivale a 55% da produção de energia elétrica da usina de Tucuruí em 2019, conforme mostrado na tabela 1. Agora some-se a São Paulo o restante das capitais e principais cidades brasileiras e pode-se obter o tamanho da demanda elétrica adicional que se avizinha. A tabela 2 mostra o consumo de gasolina do tipo C das 10 maiores cidades Brasileiras em 2019, época pré pandemia de COVID-19, bem como os cálculos de energia relacionada com o consumo deste montante. Os dados de consumo de gasolina foram obtidos no site da ANP [13]. Para facilitar os cálculos, o poder calorífico da gasolina foi considerado em unidades de MWh por litro e vale 0,00768 MWh/litro.

Tabela 2 – Dados de população [14], consumo de gasolina tipo C [13] e respectivo consumo energético para as 10 maiores cidades Brasileiras.

Cidade	**População [milhões]**	**Consumo gasolina [litros]**	**Energia gasolina [MWh]**
São Paulo	12.2	2.096.762.117	16.104.297.93
Rio de Janeiro	6.7	795.799.343	6.112.181.06
Brasília	3	1.123.114.420	8.626.142.70
Salvador	2.8	387.496.488	2.976.188.30
Fortaleza	2.7	509.434.150	3.912.737.29
Belo Horizonte	2.5	479.153.021	3.680.161.40
Manaus	2.1	483.810.514	3.715.933.53
Curitiba	1.9	595.600.024	4.574.539.07
Recife	1.6	347.306.358	2.667.505.78
Goiania	1.5	262.889.858	2.019.140.16
TOTAL	37	7.081.366.293	54.388.827,22

É interessante notar na tabela 2 que o consumo energético relacionado com a combustão da gasolina foi de **54,388 milhões de MWh em 2019, o que representa aproximadamente 68% dos 79,445 milhões de MWh gerados pela usina de Itaipu Binacional em 2019**. Isso indica que caso a eletrificação da frota veicular no Brasil continue avançando, precisaremos de uma nova Itaipu Binacional por ano. Mesmo que haja ganhos de eficiência com os motores elétricos, a popularização de veículos elétricos vai representar um aumento gigantesco na demanda por energia elétrica. E a pergunta é, quem vai garantir esta oferta de energia elétrica? O que aconteceria se houver no futuro um pico de demanda de eletricidade para indústrias, residências e veículos, em paralelo com uma forte seca? O nosso sistema elétrico que já está no limite, na iminência de um novo racionamento [15], poderia chegar ao colapso operacional.

É importante lembrar que mesmo utilizando energia solar ou eólica estas fontes são intermitentes, ou seja, se não houver sol ou ventos suficientes, não há energia elétrica. Por isso um sistema energético do porte do sistema brasileiro precisa de grandes usinas, sejam elas hidrelétricas ou térmicas. Mas se forem utilizadas usinas térmicas, que emitem CO_2 pela queima de combustível, a utilização de veículos elétricos perde a sua grande vantagem ambiental de não emitir poluentes locais. Por isso é importante se investir em hidrelétricas. A grande pergunta é, se a Eletrobras for privatizada, os novos donos irão investir em novas usinas? Há garantia contratual disso? Assim, caso a privatização não seja bem feita, pode-se estar plantando uma grande crise energética no futuro, devido também a crescente popularização de veículos elétricos, que deveriam ser uma solução sustentável. Esta discussão precisa então, ser realizada em conjunto entre a Eletrobras, as concessionárias locais de energia e fabricantes de veículos elétricos.

Água, Energia e Economia: um trinômio que deve ser pensado em conjunto

Os sinais das mudanças climáticas antropogênicas já estão cada vez mais claros, seja em estações do ano desregulares, temperaturas médias mais elevadas, secas recorrentes, avanço do nível do mar no litoral, etc. Este ano de 2021 em especial, a ocorrência do fenômeno *La Niña* intensificou ainda mais a secas nas regiões Centro-Sul do país [16,17]. A figura 6 mostra uma foto das Cataratas do Iguaçu ilustrando a seca do rio Iguaçu em 2021 [17].

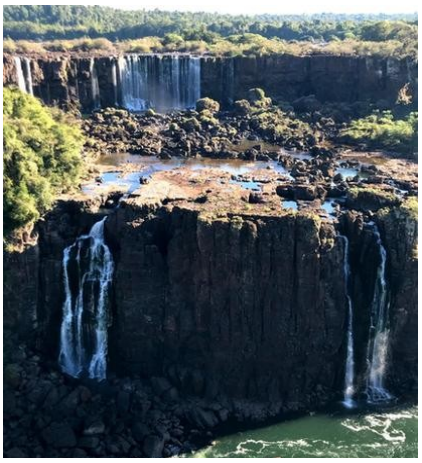

Figura 6 - Foto de uma queda das Cataratas do Iguaçu em Junho de 2021. Adaptado de [17].

Soma-se ainda a este evento climático, o grau de desmatamento que cabeceiras dos rios, áreas de preservação permanente e mananciais têm sofrido, dificultando a manutenção de umidade nos solos e nascentes que abastecem grandes rios conectados as usinas geradoras de energia elétrica. O desmatamento reduz o teor de água no solo e de águas subterrâneas, além da umidade atmosférica. A redução da coesão do solo, também passa ser um fator preocupante, pois com o aumento da erosão, inundações e movimentos de massa como escorregamentos passam a ser mais frequentes. A redução da cobertura florestal reduz a capacidade da paisagem de reter a chuva [18,19].

Estas mudanças climáticas são comumente relacionadas com as emissões de CO_2, e de fato houve um aumento na concentração de CO_2 na atmosfera passando de cerca de 180 ppm em 1800 para 320 ppm em 2010. O IPCC publicou relatório [20] em 09/08/2021 com dados alarmantes sobre mudanças climáticas, indicando fortemente que estamos chegando a um ponto de não retorno. Neste sentido, os biomas brasileiros como a Amazônia tem sido muito afetados, mas ao mesmo tempo tem capacidade de ajudar a frear os efeitos das mudanças climáticas. É importante dizer que a expansão da fronteira agrícola brasileira rumo a Amazônia colabora com o desmatamento, afetando o regime de chuvas e impactando negativamente a produção hidrelétrica da Eletrobras. A figura 7 mostra um mapa publicado em um estudo do INPE [21] onde é possível detectar claramente a expansão da fronteira agrícola Brasileira rumo a Amazônia.

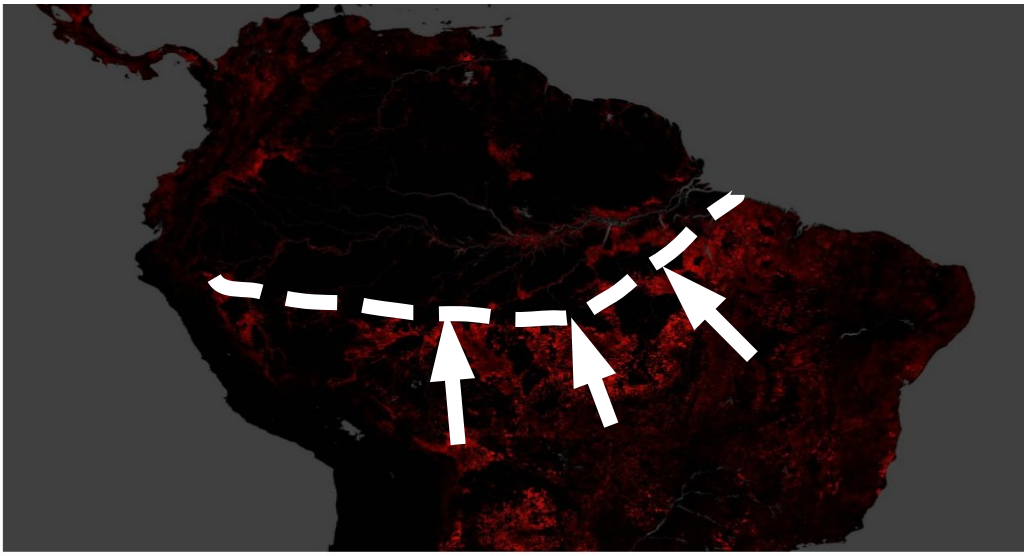

Figura 1 *Desmatamento acumulado de 2000 até 2010 (vermelho forte) e anterior (vermelho mais fraco) na América do Sul*[a].

Figura 7 – Adaptação de mapa de desmatamento da Amazônia destacando a expansão da fronteira agrícola Brasileira (linha tracejada em branco). Adaptado de [21].

Além das mudanças climáticas e aumento da temperatura média do planeta, a interferência humana no clima do planeta é bem mais ampla, e pode ser medida também através do consumo global de energia da humanidade. Kleidon [22] apresentou um dos mais completos trabalhos sobre análise termodinâmica dos ciclos de massa e de energia na Terra. Kleidon propôs uma metodologia utilizando analogia com máquinas térmicas para correlacionar tais ciclos. Com este tipo de análise foi possível calcular a quantidade de energia consumida no planeta bem como calcular a eficiência de cada ciclo. A figura 8

mostra um esquema do maquinário termodinâmico proposto por Kleidon, onde é possível observar que o motor térmico atmosférico (*atmospheric heat engine*) na parte superior da figura recebe energia radiativa do espaço e depois alimenta desumidificador atmosférico (*atmospheric dehumidifier*) que por sua vez alimenta o transportador continental (*continental transporter*). A figura 8 exemplifica a interralação dos ciclos termodinâmicos do planeta proposto por Kleidon.

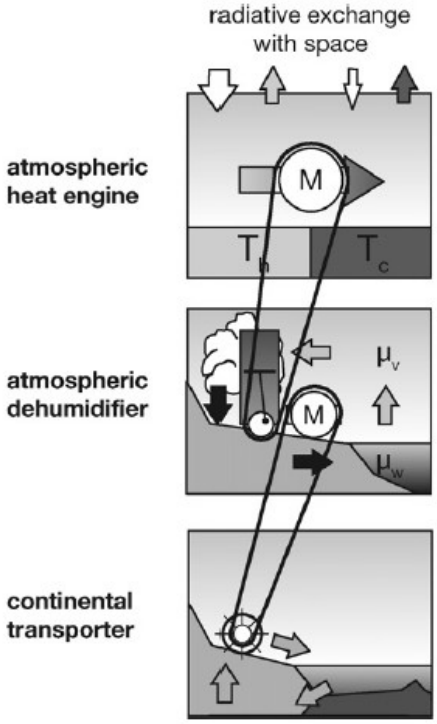

Figura 8 – Esquema de máquinas térmicas proposto por Kleidon [22].

A tabela 3 mostra os resultados obtidos por Kleidon com magnitude de potência energética em TW, lembrando que 1 TW = 1 milhão de MW, para os principais processos terrestres, marinhos, no interior da Terra e antropogênicos.

Tabela 3 – Levantamento de magnitude energética de fenômenos terrestres, marinhos, no interior da Terra e antropogênicos. Adaptado de Kleidon [22].

Nr.	Processo	Magnitude (TW)	Tipo de energia
	Superfície-atmosfera		
1	Movimento atmosférico	900	Energia cinética
2	Movimento oceânico	1	Energia cinética
3	Ciclo hidrológico	558	Energia potencial
4	Dessalinização	27	Energia química

5	Movimento continental	13	Energia cinética
6	Erosão continental	< 1	Energia potencial
	Interior da Terra		
7	Convecção do manto terrestre	12	Energia cinética
8	Ciclo na crosta oceânica	28	Energia cinética
9	Ciclo na crosta terrestre	< 1	Energia potencial
	Biosfera		
10	Produtividade terrestre	152	Energia química
11	Produtividade marinha	63	Energia química
	Processos antropogênicos		
12	Apropriação humana de produtividade	30	Energia química
13	Consumo primário de energia	17	Energia química

O principal objetivo da tabela 3 é mostrar a magnitude energética da presença humana. Os itens 12 e 13 são relacionados ao consumo instantâneo humano de energia e somam 47 TW. Se compararmos com os parâmetros 7, 8 e 9 que ocorrem no interior da Terra e estão relacionados a terremotos, vulcões e movimentos de placas tectônicas, estes somam 41 TW. Isso significa que a presença humana no planeta tem a magnitude energética maior do que os eventos geofísicos que moldaram o planeta nos últimos milhões de anos. Em resumo, **os humanos se configuram como uma força geológica em termos de energia**, e isso está também interferindo fortemente com o nosso planeta.

Como conclusão principal, indicamos que é necessário repensar a nossa relação com a energia. A crise ambiental não é somente relacionada com emissões de CO_2 e sim com a forma como produzimos e consumimos energia. É importante também entender que energia é fundamental para o desenvolvimento econômico, e por isso ambas devem ser trabalhadas em conjunto. Por exemplo, atividades que incentivam o desmatamento e prejudicam a segurança hídrica podem representar problemas futuros que serão mais custosos do que os resultados financeiros imediatos. Como conclusão final, propomos o inicio de um novo paradigma de discussão, onde o trinômio água, energia e economia sejam pensados de forma conjunta, promovendo prosperidade econômica através da mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, aumento da eficiência energética da

sociedade Brasileira e pela sustentabilidade ambiental principalmente no que tange à segurança hídrica. Nas décadas de 1990, 2000 e 2010 era muito comum se referenciar [23] os modelos energéticos Norteamericano, Inglês, Francês, Europeu em geral. Mas neste momento, devido a nossa crise ambiental e energética, precisamos desenvolver o **modelo Brasileiro** conjuntamente entre universidade, centros de pesquisa, agentes governamentais e empresas do setor. E nesse sentido, uma empresa como a Eletrobras tem um valor inestimável.

Por último, é importante dizer que a MP 1.031/2021 garante a existência do centro de Pesquisas da Eletrobras (CEPEL) somente pelos próximos quatro anos. Isso vai totalmente na contramão do que foi exposto neste texto, e vai desfalcar ainda mais o já combalido sistema de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil.

Foz do Iguaçu, 12 de agosto de 2021.

Grupo de Pesquisa em Mobilidade e Matriz Energética – ILATIT/UNILA
http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/3588622365308450

Referências

[1] Imagens da Nasa mostram antes e depois da maior seca no Brasil em quase um século - BBC News Brasil n.d. https://www.bbc.com/portuguese/geral-57581390 (accessed June 23, 2021).

[2] MONITORAMENTO DE SECAS E IMPACTOS NO BRASIL – MARÇO/2021 – Cemaden n.d. http://www2.cemaden.gov.br/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-marco2021/ (accessed June 23, 2021).

[3] Artigo - Lições de estiagens - Portal Embrapa n.d. https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51030545/artigo---licoes-de-estiagens (accessed June 23, 2021).

[4] Tucuruí – Eletronorte n.d. https://www.eletronorte.gov.br/tucurui/ (accessed June 21, 2021).

[5] UHE Belo Monte, a maior usina hidrelétrica 100% brasileira - NorteEnergia n.d. https://www.norteenergiasa.com.br/pt-br/uhe-belo-monte/a-usina (accessed June 21, 2021).

[6] Itaipu chega a 50 milhões de MWh na sexta e bate recorde de produção | CanalEnergia n.d. https://canalenergia.com.br/noticias/53145181/itaipu-chega-a-50-milhoes-de-mwh-na-sexta-e-bate-recorde-de-producao (accessed June 21, 2021).

[7] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2.746, DE 28 DE JULHO DE 2020 n.d.

[8] Abertura do mercado livre de energia é positiva, diz Fiesp – FIESP n.d. https://www.fiesp.com.br/noticias/abertura-do-mercado-livre-de-energia-e-positiva-diz-fiesp/ (accessed August 6, 2021).

[9] Relatório Anual n.d. https://eletrobras.com/pt/Paginas/Relatorio-Anual.aspx (accessed August 6, 2021).

[10] Tarifas de Uso do Sistema de Transmissão e RAP são aprovadas para o ciclo 2020/2021 - Sala de Imprensa - ANEEL n.d. https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVlZ6/content/tarifas-de-uso-do-sistema-de-transmissao-e-rap-sao-aprovadas-para-o-ciclo-2020-2021/656877?inheritRedirect=false (accessed July 14, 2021).

[11] Pumped-Storage Hydropower | Department of Energy n.d. https://www.energy.gov/eere/water/pumped-storage-hydropower (accessed August 9, 2021).

[12] U.S. Hydropower Market Report | Department of Energy n.d. https://www.energy.gov/eere/water/downloads/us-hydropower-market-report (accessed August 11, 2021).

[13] Brazilian Energy Outlook. Brazilian Pet Agency n.d. http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos (accessed July 17, 2020).

[14] IBGE. Brazilian Social Indicators 2018. Rio de Janeiro: 2018.

[15] Governo trabalha para evitar racionamento de energia | Brasil em Dia | TV Brasil | Notícias n.d. https://tvbrasil.ebc.com.br/brasil-em-dia/2021/06/governo-trabalha-para-evitar-racionamento-de-energia (accessed June 22, 2021).

[16] SIMEPAR - Simepar em Tempo n.d. http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/timeline/simepar_em_tempo (accessed June 23, 2021).

[17] Com cataratas irreconhecíveis, rio Iguaçu está "doente" e vê mata nativa minguar - BBC News Brasil n.d. https://www.bbc.com/portuguese/brasil-57492800 (accessed June 23, 2021).

[18] Desmatamento avança no Cerrado e faz crescer risco de apagão elétrico no Brasil - BBC News Brasil n.d. https://www.bbc.com/portuguese/brasil-57507268 (accessed June 23, 2021).

[19] O Retrato da Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas da Mata Atlântica Observando os Rios 2021. n.d.

[20] Sixth Assessment Report n.d. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (accessed August 9, 2021).

[21] INPE / Notícias - Novo estudo analisa o futuro climático da Amazônia n.d. http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3749 (accessed August 11, 2021).

[22] Kleidon A. Life, hierarchy, and the thermodynamic machinery of planet Earth. Phys Life Rev 2010;7:424–60. https://doi.org/10.1016/j.plrev.2010.10.002.

[23] Fugimoto SK. ESTRUTURA DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSIÇÕES METODOLÓGICAS. Universidade de São Paulo, 2010.