



JOÃO PEDRO PEREIRA DA SILVA

**A CORRELAÇÃO ENTRE OS EVENTOS CLIMÁTICOS E A PRECIFICAÇÃO NO
MERCADO LIVRE DE ENERGIA**

Rosana - SP
2023

João Pedro Pereira da Silva

A correlação entre os eventos climáticos e a precificação no mercado livre de energia.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria de Curso de Engenharia de
Energia do Campus Experimental de Rosana,
Universidade Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia de Energia.

Orientador(a): Prof. Dra. Maria Claudia Costa
de Oliveira Botan

Rosana - SP
2023

| | |
|-------|--|
| S586c | <p>Silva, João Pedro Pereira da</p> <p>A correlação entre os eventos climáticos e a precificação no mercado livre de energia / João Pedro Pereira da Silva. -- Rosana, 2023</p> <p>36 p.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana</p> <p>Orientadora: Maria Cláudia Costa de Oliveira Botan</p> <p>1. Eventos climáticos. 2. Preços de energia. 3. Mercado livre de energia. 4. Crise hídrica. 5. Reservatórios. I.</p> <p>Título.</p> |
|-------|--|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

NOME COMPLETO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. Leandro F. Pinto
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Maria Claudia C. O. Botan
Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Kleber Rocha de Oliveira
UNESP-Rosana

Novembro, 2023

Dedico este trabalho aos meus pais, Pedro e Maria Luiza, a minha namorada Stefany e claro, minha avó Anna que já não está mais aqui, foram meus pilares em toda minha graduação, sem vocês isso não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter guiado os meus passos e pela força de vontade absurda que ele me concedeu, em segundo gostaria de agradecer minha namorada Stefany que sempre esteve do meu lado, todos os dias durante meus anos de graduação, por me incentivar e cuidar de mim mesmo a 600 km de distância, me dando luz e conselhos sempre. Meu pai Pedro, que sempre fez de tudo para que eu estudasse, me incentivou e orientou para que eu passasse longe de todo mal que o mundo me ofereceu, a minha mãe Maria Luiza por ter sido a mãe que ela é, também sempre fazendo de tudo por mim, me incentivando sempre e estando do meu lado até nos meus erros e momentos de desespero, por acreditar em mim até mesmo quando eu não acreditei e me estender a mão todos os minutos da minha vida. A minha avó Anna que assim como meus pais tinha o sonho de me ver formado, mas infelizmente não pode estar aqui hoje, mas espero que de algum lugar ela esteja me olhando e se orgulhando, obrigado vó, por tudo.

Agradeço aos meus irmãos da república Theta Lambda e a todos os meus amigos que estiveram comigo nestes anos. Claro que não poderia esquecer de agradecer a minha orientadora, a Professora Doutora Maria Claudia Botan.

Neste trabalho não está simplesmente palavras e pesquisas, está toda a dedicação de 5 anos de curso, está o meu sonho e hoje finalmente posso dizer aos meus pais que conseguimos!

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.”

Walter S. Landor

RESUMO

Com o crescimento acelerado do número de CNPJ's ativos no país, a necessidade de produzir energia de forma limpa aumenta paralelamente, deste modo empresas buscam maximizar seus lucros e reduzir seus custos principalmente com energia elétrica, surge então o mercado livre de energia, mercado em que as empresas tem liberdade de escolher o seu fornecedor de energia, o tipo de energia e negociar o preço para ter mais economia, porém, nem mesmo o ambiente livre escapa dos impactos causados pelos eventos climáticos, tais como longos períodos de estiagem, um exemplo recente é a seca de 2021 durante a pandemia da COVID-19 onde o país teve seus reservatórios em níveis historicamente críticos, influenciando o PLD e a Tarifa de Energia a saltarem em patamares históricos afetando os preços de comercialização de energia no mercado regulado e no mercado livre. Portanto os eventos climáticos apresentam fortemente influência nos preços da energia comercializada e a responsabilidade disso está na dependência do Brasil em fontes hídricas para geração de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Mercado Livre de Energia. Eventos Climáticos. Reservatórios.

ABSTRACT

With the accelerated growth in the number of active CNPJ's in the country, the need to produce energy in a clean way increases in parallel, thus companies seek to maximize their profits and reduce their costs mainly with electricity, then the free energy market emerges, a market in which Companies have the freedom to choose their energy supplier, the type of energy and negotiate the price to achieve more savings, however, not even a free environment escapes the impacts caused by climate events, such as long periods of drought, a recent example is the 2021 drought during the COVID-19 pandemic where the country had its reservoirs at historically critical levels, influencing the PLD and the Energy Tariff to jump to historic levels, affecting energy sales prices in the regulated and free markets . Therefore, climate events have a strong influence on the prices of commercialized energy and the responsibility for this lies in Brazil's dependence on water sources for energy generation.

KEYWORDS: : Free Energy Market. Climate Events. Reservoirs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Comparação das causas Humanas vs Naturais do aquecimento global | 16 |
| Figura 2 - Divisão dos subsistemas de energia elétrica no Brasil | 18 |
| Figura 3 - Comparação dos níveis dos reservatórios em 2020 vs 2021 vs 2023..... | 20 |
| Figura 4 - Fluxograma de um estudo no modelo NEWAVE | 22 |
| Figura 5 - Fluxograma de um estudo no modelo DECOM | 23 |
| Figura 6 - Fluxograma de um estudo no modelo DESSEM | 24 |
| Figura 7 - Níveis dos reservatórios em 2020 vs 2021 vs 2023..... | 26 |
| Figura 8 - PLD Submercado Sudeste/Centro-oeste - julho/2020 a julho/2023 (R\$/MWh) | 27 |
| Figura 9 - Reajuste tarifário - Elektro, 2020 a 2022 (%). | 28 |
| Figura 10 - Reajuste tarifário - ENEL SP, 2020 a 2022 (%). | 28 |

LISTA DE SÍGLAS

| | |
|---------|---|
| ACL | Ambiente de Contratação Livre |
| ACR | Ambiente de Contratação Regulado |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| CCEAR | Contrato de Compra de Energia no Ambiente Regulado |
| CCEE | Câmara de Comercialização de Energia Elétrica |
| CMO | Custo Marginal de Operação |
| CNPJ | Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas |
| EAR | Energia Armazenada nos Reservatórios |
| EIA | Administração de Informações Sobre Energia dos EUA |
| ENA | Energia Natural Afluente |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energéticas |
| FENABRE | Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| IPCC | Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas |
| MCP | Mercado de Curto Prazo |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| ONS | Operador Nacional do Sistema Elétrico |
| PDDE | Programação Dual Linguística |
| PLD | Preço de Liquidação das Diferenças |
| SIN | Sistema Interligado Nacional |
| T.E. | Tarifa de Energia |
| TUSD | Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição |
| UNDESA | Departamento das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais |

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1. A Influência dos impactos ambientais causados pela sociedade nas mudanças climáticas. | 15 |
| 2.2. Aquecimento global e sua influência nas mudanças climáticas no Brasil. | 17 |
| 2.3. Precificação da energia elétrica brasileira..... | 17 |
| 2.4. A previsibilidade das mudanças climáticas e do preço da energia no ACL. | 20 |
| 2.4.1. Modelos computacionais para a previsibilidade do PLD | 21 |
| 2.4.1.1. Modelo NEWAVE..... | 22 |
| 2.4.1.2. Modelo DECOMP..... | 22 |
| 2.4.1.3. Modelo DESSEM | 23 |
| 3. METODOLOGIA | 25 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 26 |
| 5. CONCLUSÃO | 30 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 31 |

1. INTRODUÇÃO

Em decorrer do aumento do número de empresas no Brasil, é necessário elevar o nível de produção energética para que o aumento de demanda seja suprido e não haja racionamento de energia. Segundo o Ministério do Desenvolvimento (2023) o Brasil registrou mais de 357 mil novas empresas abertas somente no mês de janeiro, uma alta que representa 68,4% sobre dezembro de 2022 quando 212 mil novas empresas foram abertas, hoje totaliza mais de 21 milhões de CNPJ's ativos segundo o Ministério do Desenvolvimento (2023).

A elevação na produção energética depende dos recursos ofertados pelo território, o Brasil se destaca em termos de energia renovável, segundo a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE, 2022) as fontes renováveis aumentaram rapidamente devido a expansão acelerada do setor sucroalcooleiro e também a necessidade da exploração de outras fontes renováveis como a eólica, solar e biodiesel, porém cerca de 64,9% da matriz energética brasileira é de fonte hídrica (OLIVEIRA, 2022).

O relatório da Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA, 2021) diz que a energia renovável tem um custo menor que a não renovável, de toda forma a geração tem sempre como prioridades o baixo custo de operação na geração e distribuição de energia, estas operações que incidem nas tarifas empregadas pelas concessionárias no ambiente de contratação regulado (ACR), sendo elas a Tarifa de Uso e Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Energia (TE), considerando as tarifas ocorre a comercialização de energia por meio dos leilões com critério de menor preço empregado pela Câmara de Comercialização de Energia elétrica (CCEE), desta forma é firmado um acordo entre as empresas distribuidoras e as usinas geradoras que é chamado de Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), assim são estabelecidas as tarifas vigentes que são inseridas nos preços das faturas (SILVA, 2016).

Diante da grande dependência da matriz energética brasileira em fontes hídricas, é importante mitigar os riscos de uma crise energética por um período de seca e para isso foi criado o Leilão de Energia Reserva, que ocorre com regras estabelecidas e regidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (CALDAS, 2020). Todos esses processos tem como finalidade evitar os problemas que uma seca traria para o sistema interligado nacional (SIN).

Como dito anteriormente a Tarifa de Energia (TE) é composta por energia, encargos, transportes e perdas, sendo resultado dos custos de compra de energia elétrica e seu repasse

para os consumidores tendo estes contratos regidos pela CCEE em que as distribuidoras e usinas tem seu preço determinado por leilões garantindo a modicidade das tarifas (SILVA, 2016).

Contudo, por mais que o Brasil detenha cerca de 12% de toda água doce do planeta e 53% dos recursos hídricos da América do Sul segundo o Ministério das Relações Exteriores (MRE, 2014) o país vivenciou nos últimos 10 anos algumas crises hídricas como em 2014, 2015 e 2021 durante a pandemia e as condições hidrológicas vivenciadas nesses anos acarretaram na falta de abastecimento de água para a população e também na geração de energia do país sendo necessário a utilização das termoelétricas devido a redução dos níveis de precipitação juntamente com a redução das aflúências naturais dos reservatórios (FALCÃO *et al.*, 2019).

Para garantir a segurança energética do Brasil, a utilização das termoelétricas torna-se necessária o que impacta diretamente no aumento do preço da energia e também no meio ambiente pois trata-se de uma fonte não renovável prejudicial ao planeta. A questão do preço afeta diretamente a distribuição e transmissão de energia, elevando o valor de repasse para o consumidor final (FALCÃO *et al.*, 2019).

Com o aumento das empresas brasileiras, todas buscam ter uma maior economia em um dos seus principais sumos que é a energia, surge em 1995 o mercado livre de energia, um ambiente que por seu próprio nome se diz, possibilita a contratação livre de energia ou seja, o comprador pode escolher de quem quer comprar energia, o tipo de energia e a fonte, deixando de comprar a energia de sua distribuidora que impõe suas tarifas e passando a comprar diretamente de usinas e comercializadoras de energia a preços mais baixos (GAO *et al.*, 2023).

Até dezembro de 2023 somente podem migrar para o Ambiente de Contratação Livre (ACL) unidades consumidoras que estejam em alta tensão e tenham uma demanda contratada superior a 500 kW (*kilowatt*) de forma unitária ou somando unidades de mesma raiz CNPJ, porém com a publicação da portaria normativa 50/2022 do Ministério de Minas e Energia (2022) a partir de 1 de janeiro de 2024 os consumidores que estão classificados como Grupo A (média ou alta tensão) poderão optar pela contratação de energia pelo ambiente livre sem a necessidade de ter uma demanda contratada superior a 500 kW, abrindo ainda mais o mercado livre de energia, estima-se que tenham mais de 100 mil novas unidades consumidoras neste mercado, segundo a COMERC (2023).

Independente do ambiente de contratação de energia, seja ele o ACR ou ACL, os preços de energia são influenciados pelos eventos climáticos, uma vez que as fontes renováveis são diretamente dependentes das condições climáticas.

Como forma de reduzir os riscos causados pelas variações de clima, hoje o Brasil opera os preços de energia com base em modelos matemáticos para realizar o Preço de Liquidação

das Diferenças (PLD), o NEWAVE que é utilizado para o mercado de médio prazo, o modelo DECOMP para o mercado de curto prazo e o DESSEM para o mercado em tempo real, desse modo as métricas são diretamente interligadas com as condições meteorológicas que podem ou não favorecer a Energia Natural Afluyente (ENA) e também a Energia Armazenada nos Reservatórios (EAR) das hidrelétricas (ROQUE DOS SANTOS *et al.*, 2022), (CCEE, 2023).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como finalidade realizar um estudo sobre a influência dos eventos climáticos extremos em cima do preço da energia no ambiente de contratação livre no mercado spot, sendo utilizado esta energia para a comercialização, abrangendo o histórico nos períodos de secas e nos períodos de cheia dos reservatórios.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A Influência dos impactos ambientais causados pela sociedade nas mudanças climáticas

Uma simples mudança climática é resultado de décadas de transformações no estado do clima através de suas propriedades e essas alterações resultam em eventos naturais extremos, que de certa forma afetam a saúde do planeta, bem como alterações de forma indireta na atmosfera, fatores que promovem as mudanças meteorológicas e afetam todo o ciclo climático do planeta, ao relatar sobre mudança climática, abrange todos os fenômenos naturais que são influenciados pelos processos de mudança do clima (COSTA, 2023; IPCC, 2022).

Mudanças climáticas recentes e o aumento da emissão de carbono em todo o planeta mostram que mesmo com o aumento da geração de energia limpa e sua oferta os países tendem a subir sua produção visando o bem estar do meio ambiente e elevam seus esforços para um futuro descarbonizado. Nas últimas décadas foram registrados os anos mais quentes segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), deste modo os eventos climáticos estão cada vez mais extremos e preocupa a população mundial, pois os resultados dessas alterações são as secas, tempestades, incêndios, aumento do nível do mar, entre outros. A temperatura do planeta aumentou 0,5 °C nos últimos 100 anos e estima-se que deva aumentar em 4 °C até o fim do século (EPE, 2022), fruto do aquecimento global que tem como sua principal causa a utilização de combustíveis fósseis que são utilizados para cobrir a necessidade energética, tendo uma grande parcela ligada a sociedade que cada vez mais vem sendo dependente de combustíveis fósseis, um exemplo dessa utilização é dos veículos automotores que só no primeiro trimestre de 2023 acumulou uma alta de 21% em relação ao primeiro trimestre de 2022 segundo a Federação Nacional da Distribuição de veículos Automotores (FENABRE, 2023).

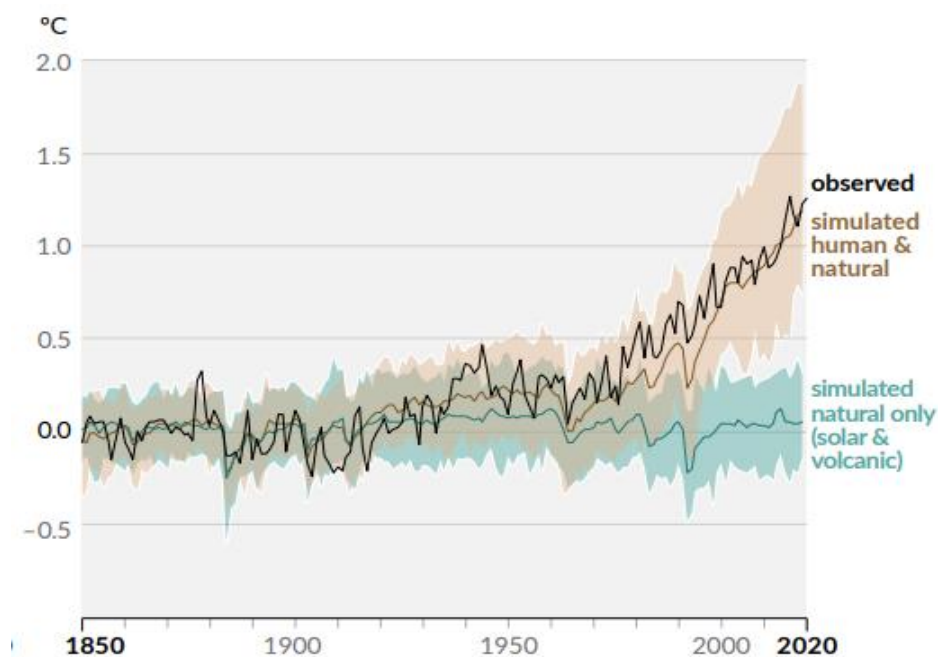
A maioria dos impactos causados pelas mudanças climáticas foi visto como problemas em horizontes futuros, devido ao aumento da emissão de carbono. De acordo com o relatório do IPCC sobre o Aquecimento Global, se ultrapassarmos o aumento de temperatura desejável que é de 1,5 °C a 2,0 °C haverá eventos climáticos extremos com mais frequência, tendo o aumento de chuvas e do nível do mar de forma acelerada (IPCC, 2019). Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2015 em Paris foi estabelecido um limite aceitável para o aumento da temperatura terrestre como já citado acima, não podendo ultrapassar dos 2 °C, deste modo é possível fortalecer todos os países e reforçar suas

capacidades com o objetivo de lidar com os impactos causados com as mudanças climáticas (MMA, 2015).

Além dos efeitos ocasionados pelas mudanças climáticas já citados é válido falar também do aumento da acidificação dos oceanos que ocorre quando há um maior acúmulo de CO₂ na atmosfera, sendo absorvido pelos oceanos, o derretimento do volume de gelo marinho no Ártico e derretimento de geleiras em todo o mundo (FLEURY *et al.*, 2019). A emissão de gases do efeito estufa é reconhecida como a principal causa das mudanças climáticas. As ações antrópicas, ou seja, as ações do homem, correspondem a aproximadamente 75% da geração dos gases e majoritariamente em atividades urbanas (ESPÍNDOLA; RIBEIRO, 2015). As ações oriundas da urbanização como já citado representa a maior parcela, segundo o Departamento das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais (UNDESA), em 2019 55% da população mundial já reside em cidades e a estimativa é que até 2050 esse número suba para 68% (UNDESA, 2019).

Com isso, a urbanização traz o aumento da emissão dos gases causadores do efeito estufa e é de caráter científico que o efeito estufa é um dos principais motivos do aquecimento global, todavia se deve levar em consideração as ações antrópicas do homem na natureza como já citado. Na Figura 1 é possível ver o aumento do aquecimento global comparando as causas humanas e naturais no decorrer dos anos:

Figura 1 - Comparação das causas Humanas vs Naturais do aquecimento global



2.2. Aquecimento global e sua influência nas mudanças climáticas no Brasil

O termo aquecimento global refere-se ao aumento na temperatura da superfície global de forma gradual devido a emissão de gases poluentes como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e outros, fazendo com que seja mantido na atmosfera simulando uma estufa e causando alterações climáticas gerando os chamados eventos climáticos extremos (MOREIRA *et al.*, 2022).

Os eventos climáticos extremos presentes e futuros implicam em impactos adversos em todo o sistema natural e humano, de modo que afete de forma negativa os ciclos climáticos e deixem cada vez mais intensos os desastres causados. Os estragos que os eventos climáticos causam são grandes desafios sociais e econômicos (IPCC, 2012). Devido ao aquecimento global, esses eventos extremos têm ocorrido com mais frequência, e são distribuídos de forma desigual entre as regiões brasileiras, afetando fortemente as regiões com menor renda (PANDEY *et al.*, 2022).

Nos anos de 2014 e 2015 o estado de São Paulo vivenciou uma severa escassez de água devido a um período de seca fora do normal (MOMM *et al.*, 2021), mas por outro lado na região sul do país as chuvas foram intensas causando inundações, desabamentos, destruição de plantações e residências (SILVA NETO; SALES, 2020).

Para o segmento energético, as mudanças climáticas geram grandes preocupações quando se fala em geração de energia principalmente por fontes hídricas, levando em conta que majoritariamente a matriz energética brasileira é de energia hídrica (EPE, 2022), uma vez que em determinados períodos dos últimos anos o país vivenciou crises de falta de água em seus reservatórios, obrigando a aumentar a produção de energia proveniente de termelétricas e encarecendo o preço de repasse para o consumidor final, dado que esses períodos de seca se caracterizam como seca socioeconômica, impactando diversos setores (FERNANDES *et al.*, 2021).

2.3. Precificação da energia elétrica brasileira

As operações de geração e transmissão de energia no Brasil são coordenadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), no âmbito do Sistema Nacional Interligado (SIN) que é composto por quatro subsistemas de geração e consumo interligados, sendo o Nordeste, Norte, Sul e Sudeste/Centro-Oeste (BEZERRA, 2023). Na Figura 2 é possível observar a divisão de todos os 4 subsistemas de energia do Brasil:

Figura 2 - Divisão dos subsistemas de energia elétrica no Brasil



Fonte: Mercado Livre de Energia. (2023).

Atualmente no Brasil sua matriz elétrica tem mais de 64% da geração de energia oriunda de fonte hídrica (EPE, 2023), sendo esta uma marcante característica no setor elétrico do país, mas por outro lado causa uma enorme dependência dos recursos hídricos de tal forma que as variações meteorológicas ligados aos períodos de chuvas ao longo dos anos tem impactado diretamente nas vazões dos reservatórios das usinas hidrelétricas e com certeza, com forte influência na produção energética em todos os subsistemas que por mais que sejam interligados têm seus períodos de chuvas em épocas diferentes (BRITO, 2021).

Devido às mudanças climáticas que vem ocorrendo nos últimos anos é necessário que haja um planejamento e uma previsibilidade dos períodos de seca e períodos úmidos, para isso hoje o Brasil conta com um monitoramento para obter informações e características como o tempo de duração dos períodos, intensidade e severidade dos climas atuantes permitindo que sejam tomadas as determinadas medidas protetivas (GUDIÑO LEÓN. *et al.*, 2021). São adotados métodos de otimização pela ONS partindo de programação dinâmica dual estocástica tratando das afluências aos aproveitamentos hídricos com cenários hidrológicos de curto prazo, visando um horizonte de 1 mês e um estudo de probabilidades para os próximos meses, finalizando em um horizonte de 5 anos (VILAR, 2020).

Com essa visão futura é possível realizar as operações financeiras do setor energético, então a precificação de energia é dirigida pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que tem como objetivo um ambiente de negociações competitivo, justo e seguro,

realizando e tratando dos contratos de comercialização de energia registrados por ela e as medições dos pontos de geração e de consumo da rede de energia. As exposições a operações negativas ou positivas de energia são liquidadas no Mercado de Curto Prazo (MCP) ao Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), que atualmente é calculado com modelos computacionais de lógica matemática para otimização do despacho energético, sendo o NEWAVE para médio prazo e o DECOMP para curto prazo (CAPELETTI, 2019).

O objetivo dos dois modelos é ajudar a ONS a operar o SIN, minimizando os custos de operação e seguindo os critérios de garantia de suprimento e também de toda a segurança energética, deste modo a finalidade é encontrar um equilíbrio entre o uso da água para geração de energia elétrica no presente e o seu armazenamento para geração futura. Porém, desde 2021 o mercado de curtíssimo prazo é regido pelo modelo DESSEM que atualmente também fornece os valores do PLD.

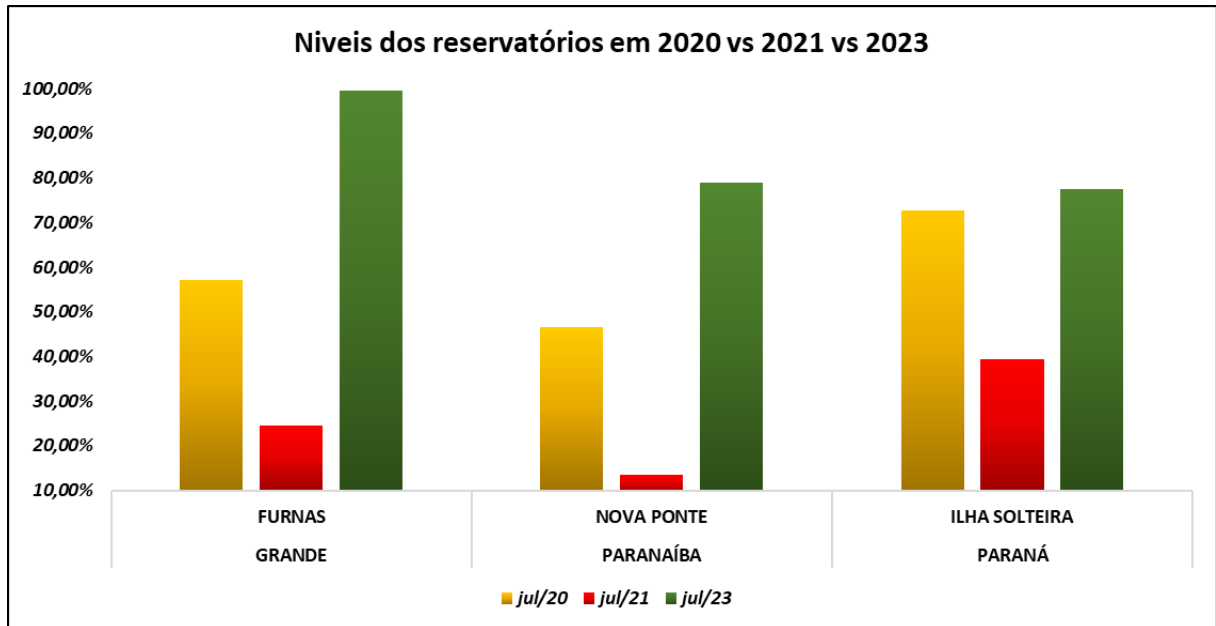
O PLD é determinado de maneira antecipada a semana de operação e sua publicação virou diária com a mudança para o modelo DESSEM com carga dividida em três patamares, a pesada, média e leve e também pelos submercados Norte, Nordeste, Sul e Centro-Oeste/Sudeste segundo o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL, 2022). O memorial de cálculo do PLD é o Custo Marginal da Operação (CMO) que é resultante da programação de operação do SIN e por definição é o custo por unidade de energia gerada para suprir um acréscimo de carga no sistema de energia.

Dado que o PLD está atrelado diretamente ao sistema hidrológico e a oferta hídrica do país para que seu preço suba ou diminua, qualquer oscilação causada por qualquer que seja o motivo, fará com que o PLD oscile junto (LOPES, 2022), um exemplo disso foi a crise hídrica de 2021 durante a pandemia do COVID-19 em que devido às medidas de saúde da Organização Mundial de Saúde (OMS) o isolamento social tornou-se a realidade para todos o que gerou um aumento gigantesco no consumo de energia e juntamente com isso a pior seca dos últimos 91 anos segundo o site da UOL (UOL, 2021), fazendo com que os reservatórios ficassem em níveis críticos obrigando o país a utilizar energia oriunda das termelétricas, encarecendo o preço da energia e criando a bandeira tarifária de escassez hídrica, um exemplo disso é que em novembro de 2021 a vazão afluyente do Sistema Cantareira, principal sistema de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo foi de 64% da média histórica do mês, fechando o reservatório com apenas 26% do volume, entrando na faixa de restrição segundo o centro Nacional de Monitoramento de Alertas e Desastres Naturais (CEMADEN, 2021).

Na Figura 3 é possível analisar o nível dos reservatórios durante diferentes anos, porém do mesmo mês. No ano de 2021 o Brasil enfrentou uma crise hídrica severa, e pode se perceber

pelos níveis dos reservatórios em algumas usinas do país, ilustrado em vermelho, durante um dos picos da seca no mês de julho os reservatórios enfrentaram seus piores níveis em comparação ao ano anterior (jul/2020) quando o isolamento social era realidade, já em jul/2023 corresponde a níveis históricos de cheia nos reservatórios, favorecendo para a geração de energia e barateando a mesma.

Figura 3 - Comparação dos níveis dos reservatórios em 2020 vs 2021 vs 2023.



Fonte: Próprio autor. Com base nos dados do ONS (2023).

2.4. A previsibilidade das mudanças climáticas e do preço da energia no ACL

Uma vez que as variações climáticas influenciam diretamente o preço da energia praticada no mercado, obter formas de prever e acompanhar essas mudanças são de suma importância, permitindo ações que antecipem momentos críticos, evitando surpresas.

Deste modo a utilização das previsões climáticas na escala temporal sazonal até a interanual torna-se um enorme desafio para que haja a gestão dos recursos hídricos, com intuito de gerar energia e o abastecimento urbano, agrícola e industrial.

A previsão abrange na capacidade de prever as precipitações para que seja transformada a água da chuva em uma bacia hidrográfica ou abasteça uma já existente. Com isso a previsão é tratada diante de modelos dinâmicos usando os princípios de conservação de energia, massa e momento, todas as variáveis interligadas em equações e também é utilizado para as previsões, modelagem baseada no histórico, denomina-se modelagem empírica, essa modelagem observa

os dados passados e através de inteligência artificial traça novos cenários possíveis (PEREIRA E SILVA *et al.*, 2019).

Diante das possibilidades de previsão de eventos climáticos, foi possível a modelagem mais completa do Ambiente de Contratação Livre (ACL) gerando novas oportunidades de investimentos não só nesse segmento, mas em todo o setor elétrico, com a comercialização de contratos de curto, médio e longo prazo, com a comercialização da energia no mercado *spot*.

Com a dependência do Sistema Elétrico Brasileiro nas fontes hídricas, é gerado preocupação mesmo com as previsões de chuvas. Em períodos de secas o país sofreu com aumentos no preço da energia no ACL e no ACR devido ao baixo nível dos reservatórios, essa alta impacta não somente as indústrias que estão migradas no mercado livre, mas também as famílias que necessitavam dispor mais dinheiro para não sofrerem com a falta de energia, além disso, uma elevação nos custos da produção industrial e também de prestações de serviços, cenários que também afetam o aumento do preço da energia (MAIA, 2016).

Deste modo, o preço de comercialização da energia é basicamente dependente do PLD, calculado a partir das condições hidrológicas, acionamento das termelétricas, custo de déficit, disponibilidade de geração e transmissão de energia, com isso, o modelo de precificação dentro os já expostos no trabalho calcula o despacho ótimo e assim definindo a geração hidráulica e térmica para cada um dos submercados. Além disso, o CMO também é calculado a partir dessas informações (TORRES, 2010).

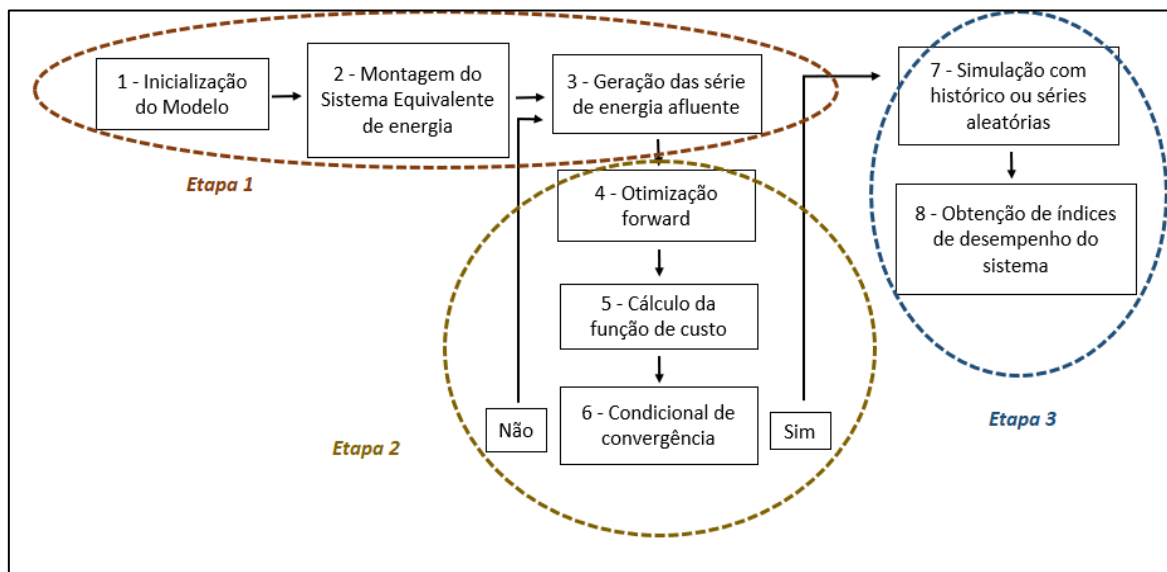
2.4.1. Modelos computacionais para a previsibilidade do PLD

O PLD é calculado a partir de modelos computacionais, o NEWAVE, DECOMP e o DESSEM, e que cada um é para determinado período de previsão e a execução destes modelos para a formação do despacho hidrotérmico da CCEE ou da ONS originam os custos marginais utilizados pelas mesmas entidades, porém com diferentes objetivos. Para a ONS esse valor serve para realização de suas operações visando quais usinas térmicas devem ser despachadas em um certo momento baseado no custo de operação desta usina por exemplo, já para a CCEE é para formação do PLD visando a liquidação financeira dos saldos positivos ou negativos dos balanços energéticos de todos os seus agentes cadastrados no MCP.

2.4.1.1. Modelo NEWAVE

Com isso, o primeiro modelo a ser apresentado é o NEWAVE, este apresenta o maior horizonte de todos os modelos, visando geralmente 5 anos de forma mensal funcionando com a Programação Dinâmica Dual Estocástica (PDDE), gerando múltiplos cenários estocásticos hídricos de forma aleatória com interações de simulações de operações realizadas. Deste modo, o objetivo é minimizar o custo total da operação por todo o horizonte de estudo, este custo é formado pelas parcelas de custo futuro e imediato (ROQUE DOS SANTOS *et al.*, 2022). O modelo NEWAVE na prática é separado por 3 etapas, a de obtenção, geração e tratamento dos dados para o modelo estocástico sendo a primeira, a segunda é a obtenção da estratégia da operação a partir de uma convergência condicional e a terceira é a obtenção dos índices de desempenho conforme mostra a Figura 4:

Figura 4 - Fluxograma de um estudo no modelo NEWAVE



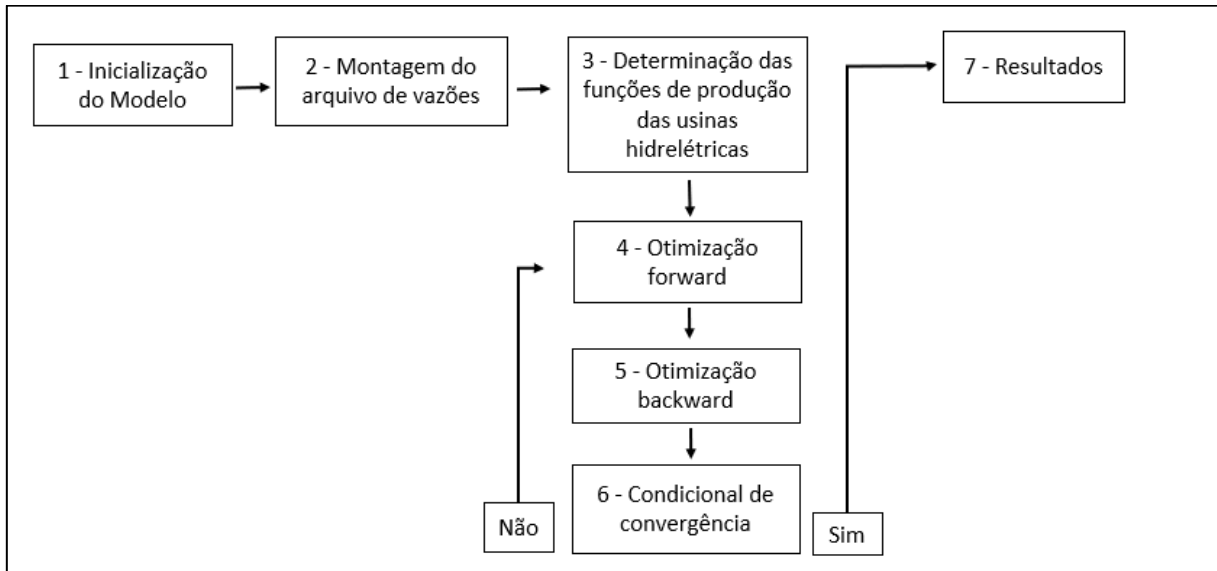
Fonte: Próprio Autor. Com base nos dados da ANEEL, (2023).

2.4.1.2. Modelo DECOMP

O modelo DECOMP é encadeado com o NEWAVE e o encadeamento é feito por arquivos de custo futuro, utilizados como os dados de entrada, neste modelo o horizonte é menor em relação ao modelo anterior, sendo de dois meses e considerado curto prazo. O primeiro mês é separado por semanas tendo seu tratamento de forma determinística considerando as previsões de cargas, vazões e outro parâmetros de entrada, o segundo mês do

modelo utiliza cenários probabilísticos que são utilizados no processamento da PDDE (YUJI TAKANO; NOBUHIRO ASADA, 2021). As etapas do modelo DECOMP relativamente são mais curtas que o do modelo NEWAVE conforme ilustra a Figura 5:

Figura 5 - Fluxograma de um estudo no modelo DECOM



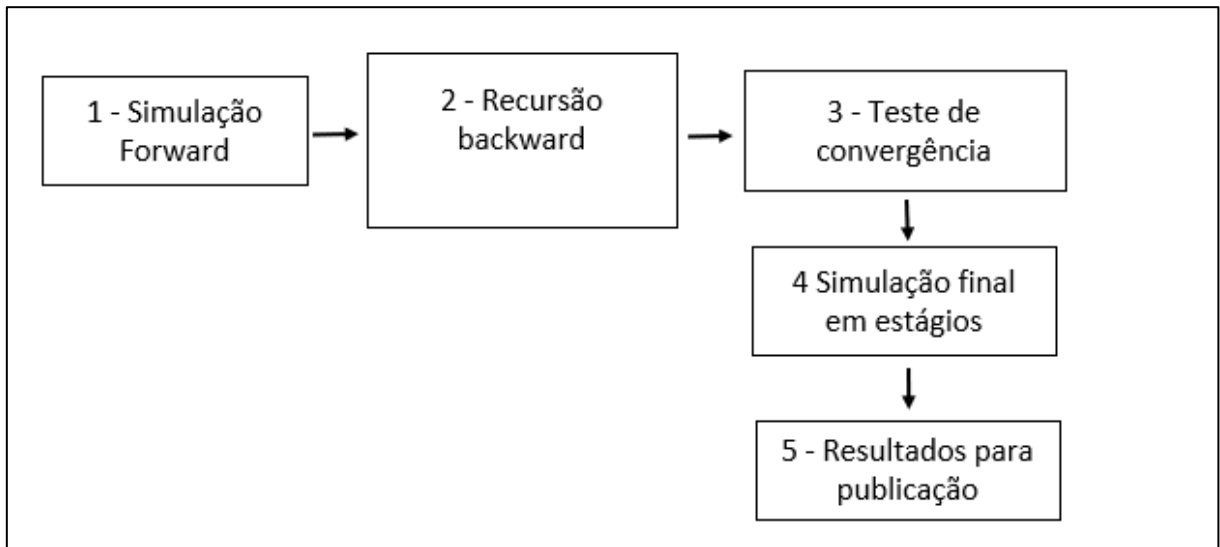
Fonte: Próprio Autor. Com base nos dados da ANEEL (2023).

No quadrante 3 é onde ocorre o cálculo das funções de produção de energia das usinas hidrelétricas, já nos quadrantes 4, 5 e 6 ocorre o cálculo da política de risco de toda a operação.

2.4.1.3. Modelo DESSEM

O modelo DESSEM é interligado ao DECOMP através da função de custo futuro. O DESSEM possui o menor prazo de estudo atuando no curtíssimo prazo, tendo um horizonte de até 2 semanas estando segmentado em períodos de trinta minutos no decorrer do primeiro dia e em períodos correspondentes aos patamares de carga nos dias subsequentes (ONS, 2020). O objetivo ainda é o despacho hidrotérmico visando a diminuição do custo total de operação, porém não se utiliza PDDE neste modelo, mas sim Programação Linear Inteira-Mista. Não só a definição do despacho hidrotérmico, há também o custo marginal de operação por submercado para todo o horizonte analisado, sendo o valor adotado pela CCEE no âmbito financeiro (CEPEL, 2022). A Figura 6 mostra um fluxograma resumido do modelo DESSEM, nota-se que ele é mais curto que os demais.

Figura 6 - Fluxograma de um estudo no modelo DESSEM



Fonte: Próprio Autor. Com base nos dados da ANEEL (2023).

3. METODOLOGIA

Este trabalho parte de uma revisão bibliográfica, pesquisou-se principalmente em sites governamentais como os sites da Câmara Comercializadora de Energia Elétrica (CCEE) de onde retirou-se os valores do PLD nos períodos de estudo, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) onde foi encontrado informações e regras de comercialização de energia, Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) retirando informações dos reservatórios nos períodos de estudo e também do site do Ministério de Minas e Energia, servido para recolhimento de notícias e dados dos períodos de secas e eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil.

No site da ANEEL também foram obtidas as tarifas das distribuidoras de energia para o cálculo do reajuste tarifário nos períodos de seca do país, utilizando as tarifas da Elektro como base por se tratar de ser a distribuidora do município de Rosana – SP, trazendo para o cotidiano sofrido nos períodos de seca.

Também, utilizando os modelos computacionais citados anteriormente, o NEWAVE, DECOMP e DESSEM foi possível trazer uma curva de preço para os próximos 5 anos em um cenário conservador, dado que a tendência é os preços subirem devido a decorrência dos eventos climáticos extremos.

Utilizou-se a ferramenta Microsoft Excel para a plotagem dos gráficos dos níveis dos reservatórios, da curva de preço do PLD, a curva de preço de comercialização de energia no mercado livre e para o diagrama dos modelos computacionais.

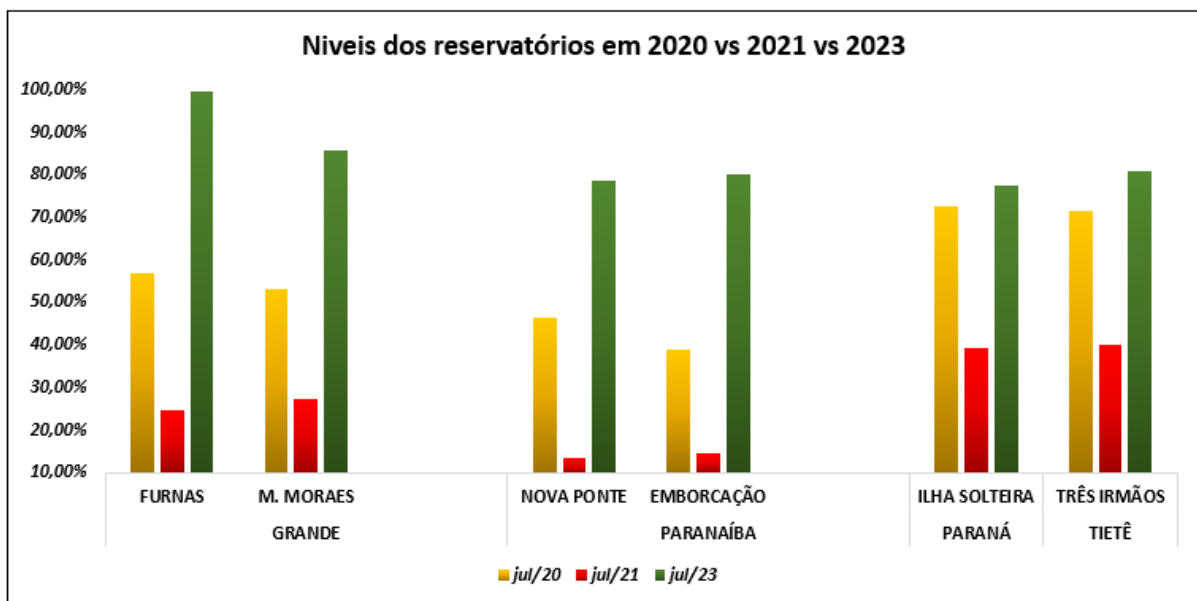
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O país possuiu por uma crise hídrica severa no ano de 2021, impactando diretamente nos níveis dos reservatórios, deixando-os em níveis críticos e obrigando a ligar as usinas termelétricas.

Deste modo, de acordo com a análise realizada utilizando dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) foi possível plotar um gráfico de colunas intuitivo comparando alguns dos reservatórios de importantes bacias da região sudeste do Brasil nos anos de 2020, 2021 e 2023, o mês escolhido para as comparações foi o mês de julho pois foi o pico da seca de 2021 no país.

A Figura 7 traz então um comparativo e é possível notar o quão crítico ficou os reservatórios durante o período deste evento climático em 2021:

Figura 7 - Níveis dos reservatórios em 2020 vs 2021 vs 2023



Fonte: Próprio Autor. Com base nos dados da ONS (2023).

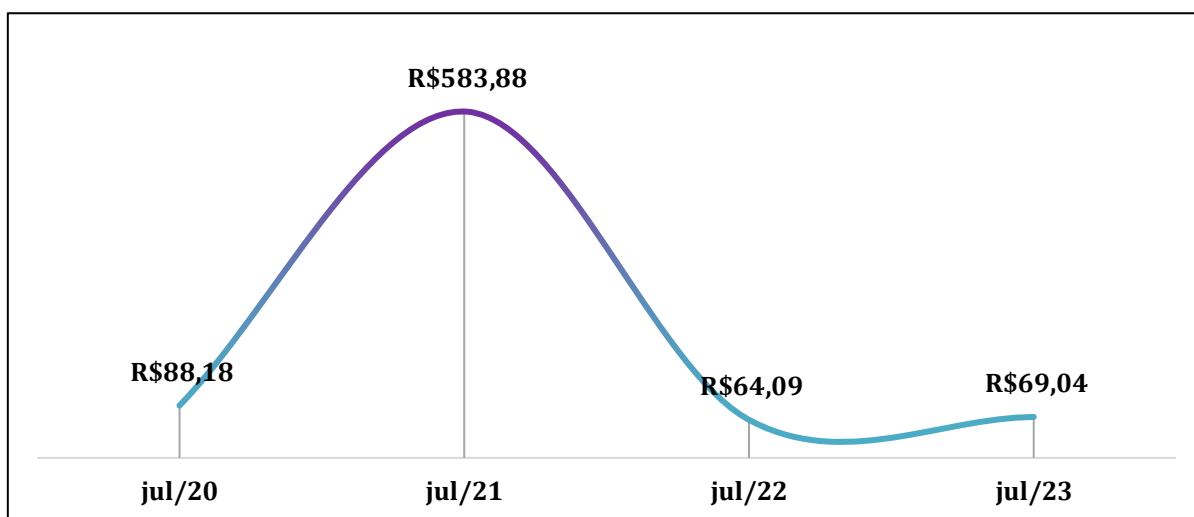
Foi escolhido 6 reservatórios de diferentes bacias hidrográficas para que fosse possível uma melhor visão sobre a crise hídrica no país como um todo.

Assim como os anos de 2005, 2010, 2015 e 2016, aconteceram secas extremas associadas nas altas temperaturas da faixa tropical do oceano Atlântico, em 2021 não foi diferente, tendo também forte influência do El Niño segundo o site da National Geographic em 2021.

Diante da análise da Figura 7, para realizar as comparações e estudos para que sejam associados os eventos climáticos e o preço da energia, foi coletado o histórico do PLD entre os

períodos de 2020 a 2023, deste modo foi possível observar de forma clara a relação entre os níveis críticos dos reservatórios em jul/21 e o elevado preço do PLD no mesmo mês e ano, atingindo uma alta histórica e de grande diferença dos demais anos conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - PLD Submercado Sudeste/Centro-oeste - julho/2020 a julho/2023 (R\$/MWh)



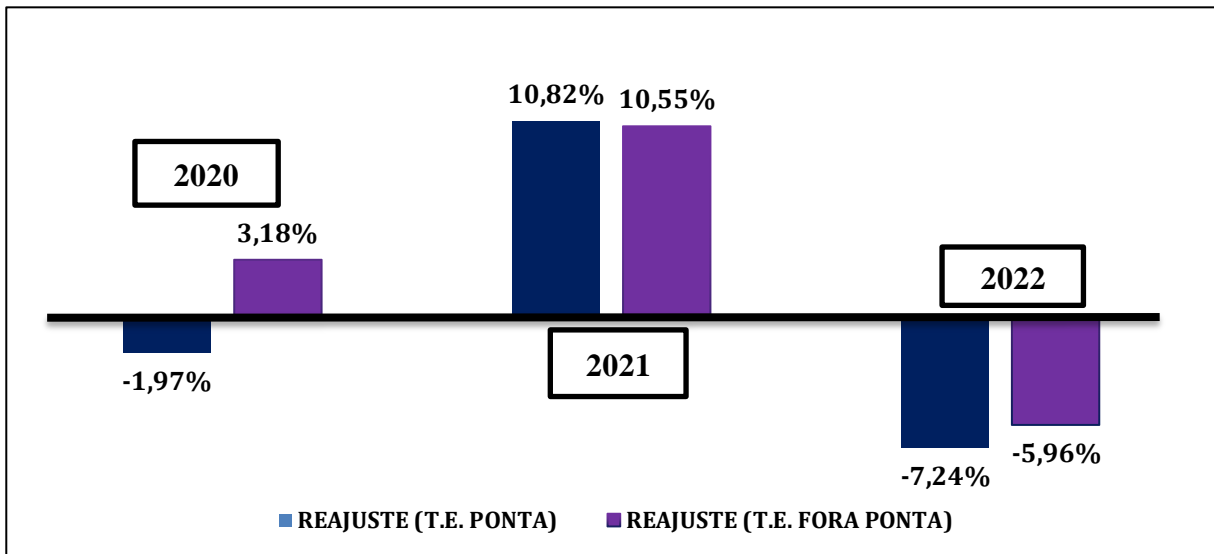
Fonte: Próprio Autor. Com base nos dados da CCEE (2023).

Na Figura 8 observa-se o comportamento do PLD do submercado Sudeste/Centro-Oeste nos períodos considerados normais nos reservatórios e o seu salto no período de seca, sendo o mesmo mês e ano dos níveis críticos dos reservatórios causados pela seca.

Além da interligação dos dados históricos presentes nas Figuras 7 e 8, outro indicativo da correlação entre os preços de energia e os eventos climáticos está presente não só no mercado livre de energia, mas também no mercado cativo, o reajuste tarifário das distribuidoras de energia se detém a partir da situação da carga energética do país, ou seja, é dependente dos níveis dos reservatórios.

Analisando o reajuste tarifário da Elektro, distribuidora responsável por diversos municípios, dentre eles os de Rosana e Porto Primavera, foi possível ver que no ano de 2021 devido aos acontecimentos já citados anteriormente, houve o seu maior reajuste em um período de 3 anos como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Reajuste tarifário - Elektro, 2020 a 2022 (%).

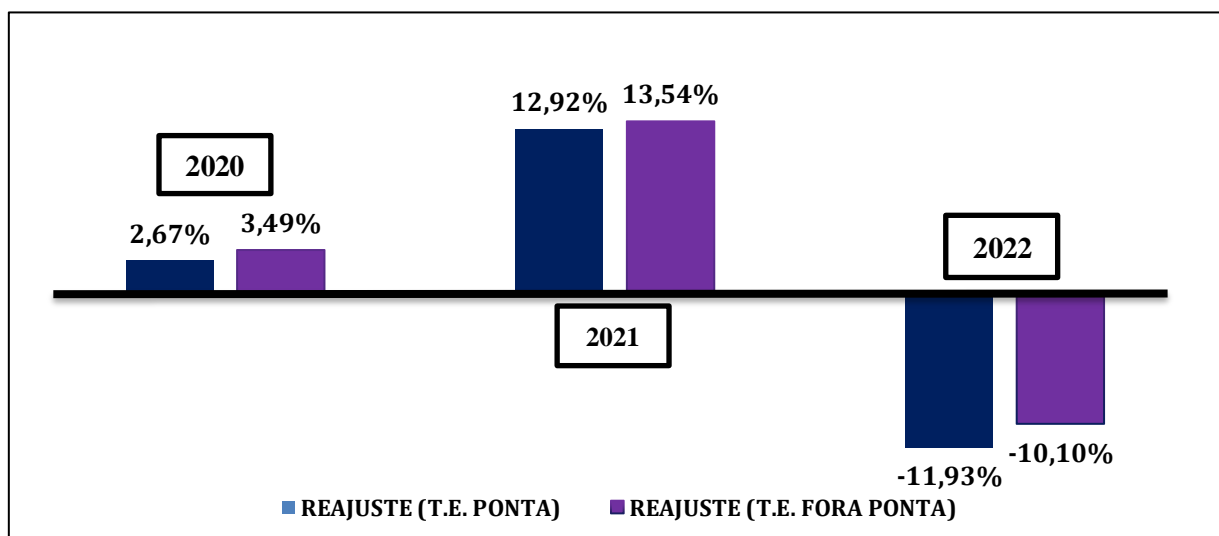


Fonte: Próprio autor. Com base nos dados da ANEEL, (2023).

Na Figura 9 é possível ver o reajuste da tarifa de energia empregada pela Elektro durante o ano de 2021. Diferente dos anos de 2020 que teve um reajuste mínimo na T.E (tarifa de energia) fora ponta e em 2022 onde houve um reajuste reduzindo o valor da tarifa, em 2021 teve um aumento da tarifa extremamente significativo, afetando diretamente o consumidor final.

Pode-se afirmar que os eventos climáticos afetam diversas regiões do país, elevando não somente os preços de energia de uma distribuidora, mas sim de várias, outro exemplo é o reajuste tarifário da atual ENEL SP conforme mostra a Figura 10:

Figura 10 - Reajuste tarifário - ENEL SP, 2020 a 2022 (%)



Fonte: Próprio autor. Com base nos dados da ANEEL, (2023).

Tendo em vista o aumento do preço da energia o acesso adequado a energia torna-se também um desafio não só em alguns estados brasileiros mas em vários locais do planeta, interrupções nas linhas de transmissão devido a eventos climáticos acaba atrapalhando os consumidores em locais menos equipados devidamente e este fenômeno é chamado de insegurança energética sendo definido como a incapacidade de satisfazer adequadamente as necessidades energéticas das famílias (MEMMOTT *et al.*, 2021)

Sabendo de que esse aumento no preço da energia afeta diretamente o consumidor final, torna-se preocupante quaisquer eventos climáticos que traga um período de estiagem pois a energia está ligada ao bem-estar e a saúde populacional. O consumo energético mundial aumentou muito nos últimos anos e segundo a Administração de Informação sobre Energia dos EUA (EIA) até 2040 o consumo energético mundial terá cerca de 28% de aumento paralelamente a isso, as condições climáticas vêm piorando e afirmam-se que afetará cada vez mais os preços de comercialização de energia tanto no ambiente livre quanto no regulado (JESSEL *et al.*, 2019).

5. CONCLUSÃO

A matriz energética brasileira favorece o crescimento do mercado energético, quando se trata de geração de energia, transmissão e afins o país destaca-se mundialmente devido as suas condições naturais favorecidas para produção, deste modo o país destaca fortemente o mercado energético, envolvendo a comercialização de energia em ambientes livres das tarifas das distribuidoras, porém, ambos os mercados (ACR e ACL) são afetados em crises climáticas, principalmente em períodos de estiagem.

É extremamente nítido que qualquer variação climática afeta o setor energético de forma abrupta, deste modo, o mercado cativo e o mercado livre de energia sofrem mudanças em seus preços, uma vez que são atrelados principalmente pela disponibilidade de matérias primas para geração de energia, tendo em abundância os preços ficam baixos, caso contrário os saltos são gigantescos conforme mostra as Figuras 8, 9 e 10.

Lima et al. (2020) ressaltam que o Brasil tem alta participação na fonte hídrica, tendo mais da metade da matriz elétrica originária deste meio, porém sua participação foi reduzida devido ao histórico de crises no abastecimento (LIMA *et al.*, 2020), além disso, segundo Garlet e outros, o Brasil enfrenta barreiras entre sua sustentabilidade despreocupada e os eventos climáticos recorrentes devido a sua extrema dependência de fontes hídricas para gerar energia (GARLET *et al.*, 2019). Isso pode ser visto quando se assemelha os níveis dos reservatórios na Figura 7 e o aumento do PLD e da T.E nas Figuras 8, 9 e 10. nos mesmos anos e meses devido a crise hídrica enfrentada pelo país.

Levando em consideração os dados apresentados neste trabalho conclui-se que os eventos climáticos exercem grande influência nos preços de energia não só no ambiente regulado, mas também no ambiente livre, mudando totalmente a maneira como a energia é comercializada para os agentes livres. Olhando para o ano de 2021 durante o período de seca o ambiente livre mostrou seus maiores preços tendo como base o PLD, porém atualmente encontra-se quase próximo do piso histórico conforme mostra a Figura 8.

A partir deste trabalho pode-se obter ideias para dar sequência a novos artigos explorando o ambiente regulado e toda sua potência perante o forte cenário energético brasileiro, principalmente quando se trata do tema “Insuficiência energética” podendo ser estudada as barreiras que o país enfrenta atualmente na busca por soluções sustentáveis que reduziram os impactos causados pelos eventos climáticos extremos.

6. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA INTERNACIONAL PARA AS ENERGIAS RENOVÁVEIS (IRENA) 2022: Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2022/Jul/Costs2021_PT.pdf?la=en&hash=9B5F937BD3D2BAF4F702F7AF114397415AD39E02. Acessado em: 20 abr. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA: Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br>. Acessado em: 15 ago. 2023.
- BEZERRA, F. D. Energia Eólica. Banco do Nordeste, ano 8, n 288, maio. p. 1–13, 2023.
- BRITO, K. Impactos das mudanças climáticas no setor elétrico : O papel da geração distribuída e do armazenamento de energia. Grupo de Estudos do Setor Elétrico, p. 1–5, 2021.
- CALDAS, V. CONTRIBUIÇÃO AOS MÉTODOS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS: UMA AVALIAÇÃO DOS LEILÕES DE ENERGIA DE RESERVA DA ANEEL. Núcleo de Pós Graduação da Universidade Federal da Bahia. *Acta Botanica Brasilica*, v. 9, n. 2, p. 315–318, 2020.
- CÂMARA COMERCIALIZADORA DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acessado em: 15 maio 2023.
- CAPELETTI, M. B. ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PREÇO DE LIQUIDAÇÃO DAS DIFERENÇAS (PLD) HORÁRIO NO BRASIL E A RELAÇÃO COM VARIÁVEIS DE ENTRADA NO MODELO DE CÁLCULO NO HORIZONTE DE CURTO PRAZO. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Santa Maria, 2019.
- CEPEL. Modelo DESSEM Programação Diária da Operação e Formação de Preço Horário de Sistemas Hidrotérmicos com Representação Detalhada das Unidades Geradoras, Fontes Intermitentes, Consideração da Rede Elétrica e Restrições de Segurança. CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA, p. 1–148, 2022.
- CEMADEN. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-de-seca-para-o-brasil/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-2013-novembro-2021>. Acesso em: 29 jul 2023.
- COMERC. Disponível em: <https://panorama.comerc.com.br/>. Acessado em: 23 abr 2023.
- COSTA, M. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Santa Maria , RS. 2023.
- DEPARTAMENTO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ASSUNTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS (UNDESA). Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/84506-no-dia-mundial-das-cidades-onu-prop%C3%B5e-debate-acerca-dos-desafios-da-urbaniza%C3%A7%C3%A3o-global>. Acessado em: 12 jun 2023.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA . Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 08 abr 2023.

ESPÍNDOLA, I.; RIBEIRO, W. Cidades e mudanças climáticas : desafios para os planos diretores municipais brasileiros Introdução. *Cadernos Metr pole*, São Paulo, v. 22, n 48, pp. 365-395, 2015.

FALCÃO,  . W. D. S.; NUNES, R. V.; DE ASSIS, C. W. C.; ADRIANO, N. D. A.; SIEBRA, A. A. Os Reflexos Da Crise Hídrica Brasileira Na Estrutura De Custos Das Empresas Do Setor De Energia Elétrica. **ABCustos**, v. 14, n. 2, p. 1–36, 2019.

FEDERA O NACIONAL DA DISTRIBUI O DE VEÍCULOS AUTOMOTORES: Disponível em: <https://www.fenabreve.org.br/>. Acessado em 10 jun 2023.

FERNANDES, V. R.; CUNHA, A. P. M. do A.; PINEDA, L. A. C.; LEAL, K. R. D.; COSTA, L. C. O.; BROEDEL, E.; FRANÇA, D. D. A.; ALVALÁ, R. C. dos S.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. Secas E Os Impactos Na Região Sul Do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 561–584, 2021.

FLEURY, L. C.; CARLOS, J.; MIGUEL, H. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. *Sociologias*, Porto Alegre, p. 18–42, 2019.

GAO, Y.*et al.* TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DA UFSC ATRAVÉS DE BIODIGESTOR ANAERÓBICO. **Aleph**, [s. l.], v. 87, n. 1,2, p. 149–200, 2023.

Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/167638/341506.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8314/LOEBLEIN%2CLUCINEIA CARLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://antigo.mdr.gov.br/saneamento/proees>

GARLET, T. B.; RIBEIRO, J. L. D.; DE SOUZA SAVIAN, F.; MAIRESSE SILUK, J. C. Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, n. October 2018, p. 157–169, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.013>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA: Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/inmet-aponta-que-a-%C3%BAltima-d%C3%A9cada-foi-a-mais-quente-no-brasil>. Acessado em 30 maio 2023.

JESSEL, S.; SAWYER, S.; HERNÁNDEZ, D. Energy, Poverty, and Health in Climate Change: A Comprehensive Review of an Emerging Literature. **Frontiers in Public Health**, v. 7, n. December, 2019.

LIMA, M. A.; MENDES, L. F. R.; MOTHÉ, G. A.; LINHARES, F. G.; DE CASTRO, M. P. P.; DA SILVA, M. G.; STHEL, M. S. Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. **Environmental Development**, v. 33, n. December 2019, p. 100504, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100504>.

LOPES, G. c. PREDI O DO PREÇO DE LIQUIDA O DAS DIFERENÇAS DO SUBMERCADO SUL A PARTIR DE VARIAVÉIS HIDROLÓGICAS. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Santa Catarina, n. 8.5.2017, p. 2003–2005,

2022.

MAIA, Vinicius Mothé et al. Água: único fator a influenciar o preço da energia no mercado spot?. **Sociedade, contabilidade e gestão**, v. 11, n. 1, 2016.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/fevereiro/brasil-registrou-abertura-de-357-937-novas-empresas-em-janeiro-de-2023#:~:text=O%20Brasil%20registrou%20357.937%20novas,212.552%20novas%20empresas%20foram%20registradas>. Acessado em 01 abr 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/maio/brasil-teve-1-3-milhao-de-empresas-abertas-no-1o-quadrimestre-de-2023#:~:text=MAPA%20DE%20EMPRESAS-,Brasil%20teve%201%20C3%20milh%20C3%20A3o%20de%20empresas,no%201%20C2%20BA%20quadrimestre%20de%202023&text=De%20janeiro%20a%20abril%20deste,ou%20empresas%20de%20pequeno%20porte>. Acessado em 01 abr 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acessado em: 10 jun 2023.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/meio-ambiente-e-mudanca-do-clima/recursos-hidricos#:~:text=O%20Brasil%20det%20C3%20A9m%2012%25%20das,bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20e%20de%20aqu%C3%ADferos>. Acessado em: 04 abr 2023.

MEMMOTT, T.; CARLEY, S.; GRAFF, M.; KONISKY, D. M. Sociodemographic disparities in energy insecurity among low-income households before and during the COVID-19 pandemic. **Nature Energy**, v. 6, n. 2, p. 186–193, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41560-020-00763-9>.

M. E. P. Maceiral et al., Twenty Years of Application of Stochastic Dual Dynamic Programming in Official and Agent Studies in Brazil-Main Features and Improvements on the NEWAVE Model, **Power Systems Computation Conference (PSCC)**, Dublin, Ireland, 2018, pp. 1-7, doi: 10.23919/PSCC.2018.8442754.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA. Disponível em: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/consumidores-livres-e-especiais/conceito/>. Acesso em 27 jul 2023.

MOMM, S.; TRAVASSOS, L.; RAMALHO, P.; ZIONI, S. Permanência e transição no planejamento e a crise hídrica na região metropolitana de São Paulo. **Eure**, v. 47, n. 140, p. 199–219, 2021.

MOREIRA, A. T. R.; SANTOS, E. C.; NOBREGA, G. T.; CARVALHO, S. R. B. O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global. **Revista Educação em Foco**, v. 14, p. 22–27, 2022.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Disponível em:

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2021/10/por-que-o-brasil-vive-a-pior-seca-fenomenos-mudancas-do-clima-desmatamento-amazonia>. Acesso em: 11 set 2023.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO: Disponível em:

<https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/reservatorios>. Acessado em: 22 jul 2023.

OLIVEIRA, D. Daiane de Souza Oliveira Previsão horária para o consumo de energia elétrica no Brasil considerando a contribuição da geração distribuída. Dissertação de Mestrado da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2022.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC) 2012: Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>. Acessado em 15 jun 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC) 2012: Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf. Acessado em: 23 jul 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC) 2022: Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acessado em: 22 maio 2023.

PANDEY, N.; DE CONINCK, H.; SAGAR, A. D. Beyond technology transfer: Innovation cooperation to advance sustainable development in developing countries. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 11, n. 2, 2022.

PEREIRA E SILVA, L.; XAVIER, A. P. C.; DA SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. Modelagem Dinâmica da cobertura vegetal e mudanças climáticas na bacia do rio Taperoá para o ano de 2055. **Simpósio brasileiro de recursos hídricos**, December, p. 1–10, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Celso-Santos-5/publication/337655760_Modelagem_dinamica_da_cobertura_vegetal_e_mudancas_climaticas_na_bacia_do_Rio_Taperoa_para_o_ano_de_2055/links/5de33665299bf10bc334f864/Modelagem-dinamica-da-cobertura-vegetal-e-mud.

ROQUE DOS SANTOS, C. R.; PEREIRA DA SILVA, L. C.; CASTRO, R.; FRANCISCO MARQUES, R. Aplicação de aprendizado de máquina para projeção do preço horário de liquidação das diferenças como suporte às estratégias de comercialização de energia elétrica. **Revista Brasileira de Energia**, v. 28, n. 1, p. 243–279, 2022.

SILVA, P. Instituto latino-americano de tecnologia, infraestrutura e território (ilatit) engenharia de energia. Instituto Latino-americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, 2016.

SILVA NETO, J. A.; SALES, M. C. L. Índices de Concentração de Chuvas na Região Sul do Brasil, **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 833–853, 2020.

UOL. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/afp/2021/09/01/pior-seca-em-quase-um-seculo-aprofunda-crise-energetica-no-brasil.htm>. Acesso em: 27 jul 2023.

VILAR, R. Rafaella de Araújo Aires Vilar Análises Numéricas e Observacionais de Geração Hidrelétrica na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Campina Grande , Universidade Federal de Campina Grande , junho, 2020.

YUJI TAKANO, W.; NOBUHIRO ASADA, E. Previsão de Carga no Mercado de Energia. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2021.