

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

INFLUÊNCIA DO FENÔMENO EL NIÑO – OSCILAÇÃO SUL NAS VAZÕES NATURAIS AFLUENTES ÀS USINAS HIDROELÉTRICAS BRASILEIRAS

Felipe Treistman¹; Maria Elvira Piñeiro Maceira² & Débora Dias Jardim Penna³; Otto Corrêa Rotunno Filho⁴

RESUMO – O planejamento da operação energética do Sistema Interligado Nacional brasileiro (SIN) é um complexo problema de otimização de recursos devido às suas proporções continentais e a seu sistema hidrotérmico de geração de energia. O fenômeno climático El Niño - Oscilação Sul (ENOS) é capaz de alterar os regimes hidrológicos brasileiros através da redução ou aumento da precipitação em diversas regiões, impactando, assim, a geração de energia. O artigo busca analisar o impacto do ENOS nas vazões naturais afluentes mensais das usinas hidroelétricas (UHEs) do SIN. Para esse fim, desenvolve-se um procedimento com a aplicação do teste de aderência não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Com a abordagem proposta, mediante análise de médias e desvios padrão das séries de vazão natural divididas entre os três estados de ENOS, identifica-se, em base mensal a influência dos eventos de ENOS. Os resultados demonstram que as UHEs das regiões norte e sul são as que sofrem uma maior influência do ENOS. Ressalta-se que os efeitos do ENOS influenciam tanto na vazão média das UHEs quanto no desvio padrão, o que denota uma alteração da probabilidade na ocorrência de secas ou cheias dada a existência de um evento de ENOS.

ABSTRACT– The energy operation planning of the Brazilian National Interconnected System (NIS) is a complex problem of resources optimization, due to its continental proportions and its hydrothermal energy generation system. It is known that the climate phenomenon El Niño - Southern Oscillation (ENSO) is capable of changing the Brazilian hydrological regimes through the reduction or increase of rainfall in several regions. This paper aims to analyze the impacts of ENSO on the monthly natural streamflow of the hydroelectric powerplants (HPPs) of the SIN. A procedure is developed with the application of the Kolmogorov-Smirnov test. Based on such approach and with the support of the analysis of means and standard deviations of the natural streamflow series divided among the three ENSO states, the influence of the ENSO events is identified on a monthly basis. The results show that the HPPs of the north and south regions are those that suffer a greater influence of the ENSO. It should be emphasized that the effects of ENSO influence both the mean inflow and the standard deviation, which indicates a change in the probability of occurrence of droughts or floods due to the existence of an ENSO event.

Palavras-Chave – El Niño - Oscilação Sul; Vazões Naturais Afluentes; Hidroeletricidade

1) Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, Av. Horácio de Macedo, 354, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, +552125986059 / Programa de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ (Mestrando), Av. Horácio Macedo, 2030 - Centro de Tecnologia – Bloco B - Sala 101, felipe_contrato.puc@cepel.br

2) Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, Av. Horácio de Macedo, 354, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, +552125986059 / Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rua São Francisco Xavier 354, elvira@cepel.br

3) Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, Av. Horácio de Macedo, 354, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, +552125986454 / debora@cepel.br

4) Programa de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ, Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (LABH2O), Av. Horácio Macedo, 2030 - Centro de Tecnologia - Bloco B – Sala 101, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, +552139388462, otto@coc.ufrj.br

1. INTRODUÇÃO

O sistema de geração elétrica e transmissão de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) brasileiro é caracterizado por ser um sistema hidrotérmico de grande porte. Atualmente, as usinas hidroelétricas (UHEs) representam cerca de 67,8% da potência total instalada do Brasil e, em alguns períodos, são capazes de prover mais de 90% da geração de energia elétrica (ONS, 2018).

Entre os diversos fenômenos climáticos relevantes aos ciclos hidrológicos brasileiros, o El Niño - Oscilação Sul (ENOS) (Rasmusson e Carpenter, 1982; Timmermann, *et al.*, 2018) tem sido apontado, ao longo de décadas de pesquisa, como um dos mais importantes em escala mundial (Aceituno, 1988; Marengo *et al.*, 1998; Grimm e Tedeschi, 2009). Normalmente, em eventos de El Niño e de La Niña, a região sul do Brasil sofre com precipitação e vazão acima e abaixo da média, respectivamente, enquanto o oposto tende a ocorrer em partes de regiões norte e nordeste. Outras regiões do Brasil não têm um padrão bem estabelecido durante os eventos ENOS. Dado que a maior parte da energia gerada no Brasil é proveniente das UHEs que compõe o SIN, o ENOS possui um efeito direto na produção de energia elétrica.

O trabalho propõe-se a avaliar a influência do ENOS nas vazões naturais afluentes mensais das UHEs do SIN. Para atingir esse objetivo, concebe-se um procedimento de identificação da influência do ENOS nas séries de vazões naturais afluentes mensais com base no teste de aderência não paramétrico de Kolmogorv-Smirnov (Pinto *et al.*, 1976).

2. METODOLOGIA

2.1. Dados de vazão natural afluyente

As séries de vazão natural afluyente de 141 UHEs no Brasil foram obtidas no portal do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2019). Cabe observar que vazão natural é aquela que ocorreria em uma seção de um rio caso fossem removidos os efeitos antropogênicos, como regulação e desvios, bem como a evaporação do reservatório. Serão utilizados apenas dados referentes ao período entre 1950 e 2017, que corresponde ao mesmo período dos dados do ENOS.

2.2. Dados do El Niño – Oscilação Sul

2.2.1. Dados históricos do El Niño – Oscilação Sul

Os eventos de ENOS são classificados mensalmente em três estados possíveis, La Niña (LN), Neutro (N) e El Niño (EN) usando o índice ONI (Huang, 2017). O ONI é construído como uma média mensal de três meses entre as anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) da região NINO 3.4 do oceano Pacífico, de modo que cada valor corresponda a um período de três

meses. A região NINO 3.4 é considerada a mais importante para a medição, classificação e previsão do ENOS (Barnston *et al.*, 1997; Kousky & Higgins, 2007). O critério de classificação dos estados de ENOS é o mesmo que o utilizado no monitoramento operacional da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), ou seja, com base na ONI:

- I. caso ocorram cinco trimestres seguidos em que o ONI seja menor ou igual a -0,5 (condição de LN), o estado desse período é classificado como LN;
- II. caso ocorram cinco trimestres seguidos em que o ONI seja maior ou igual a +0,5 (condição de EN), o estado desse período é classificado como EN;
- III. qualquer outra combinação resulta na classificação de estado N.

Neste trabalho, utiliza-se o mês central de cada trimestre para fazer a classificação do ENOS em base mensal. Por exemplo, o índice do trimestre janeiro/fevereiro/março (JFM) será utilizado para classificar o mês de fevereiro; o mês de março será classificado segundo o índice do período fevereiro/março/abril (FMA); e assim sucessivamente. A Tabela 1 traz a quantidade de meses classificados entre os três estados de ENOS, segundo o critério baseado no índice ONI.

Tabela 1 – Quantidade de meses classificados entre os três estados de ENOS

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
La Niña	21	18	17	13	16	15	18	18	18	19	21	21
Neutro	23	29	37	43	37	38	35	35	30	27	23	23
El Niño	24	21	14	12	15	15	15	15	20	22	24	24

2.3. Procedimento de Identificação da Influência do Fenômeno El Niño – Oscilação Sul nas Vazões Naturais Afluentes Mensais

A identificação da influência do ENOS é verificada nas distribuições de frequências acumuladas obtidas através da segmentação do histórico de vazões naturais afluentes mensais entre os diferentes estados de ENOS. Para tanto, realiza-se o teste não-paramétrico de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS). Sob a hipótese nula da igualdade entre duas distribuições, verifica-se a máxima diferença absoluta $W = \text{Max}, x |S_1(x) - S_2(x)|$, onde $S_1(x)$ e $S_2(x)$ são as distribuições de frequências acumuladas. Para amostras de tamanho suficientemente grande, o valor crítico do teste no nível de significância de 10% é aproximadamente dado por:

$$W_{\text{crítico}} = 1,22 \sqrt{\frac{n_1+n_2}{n_1n_2}} \quad (1)$$

Quando $W > W_{\text{crítico}}$, a hipótese de igualdade entre as distribuições é rejeitada. O teste de aderência KS é sensível a diferenças na média e no desvio padrão entre as distribuições. O teste KS

é realizado em cada mês para todas as combinações possíveis de estados, e em todas as UHEs, por meio do procedimento exemplificado na Figura 1.

Para cada mês, o procedimento de identificação é inicializado realizando teste KS entre a amostra da série de EN e a amostra dos outros dois estados em conjunto (LN e N). Caso a hipótese nula não seja rejeitada (as duas distribuições são iguais), testa-se a amostra da série de LN contra os outros dois estados em conjunto (EN e N); caso a primeira hipótese nula seja rejeitada (as duas distribuições são diferentes), testa-se a separação da amostra restante entre LN e N. Em seguida, o procedimento de identificação é novamente realizado, porém tendo, para o primeiro teste KS, a amostra da série LN contra a amostra dos outros dois estados em conjunto (EN e N). Caso o resultado do primeiro procedimento indique apenas a influência do EN e o segundo procedimento sinalize apenas a influência da LN, não se rejeita a hipótese que ambas as fases do ENOS são influentes.

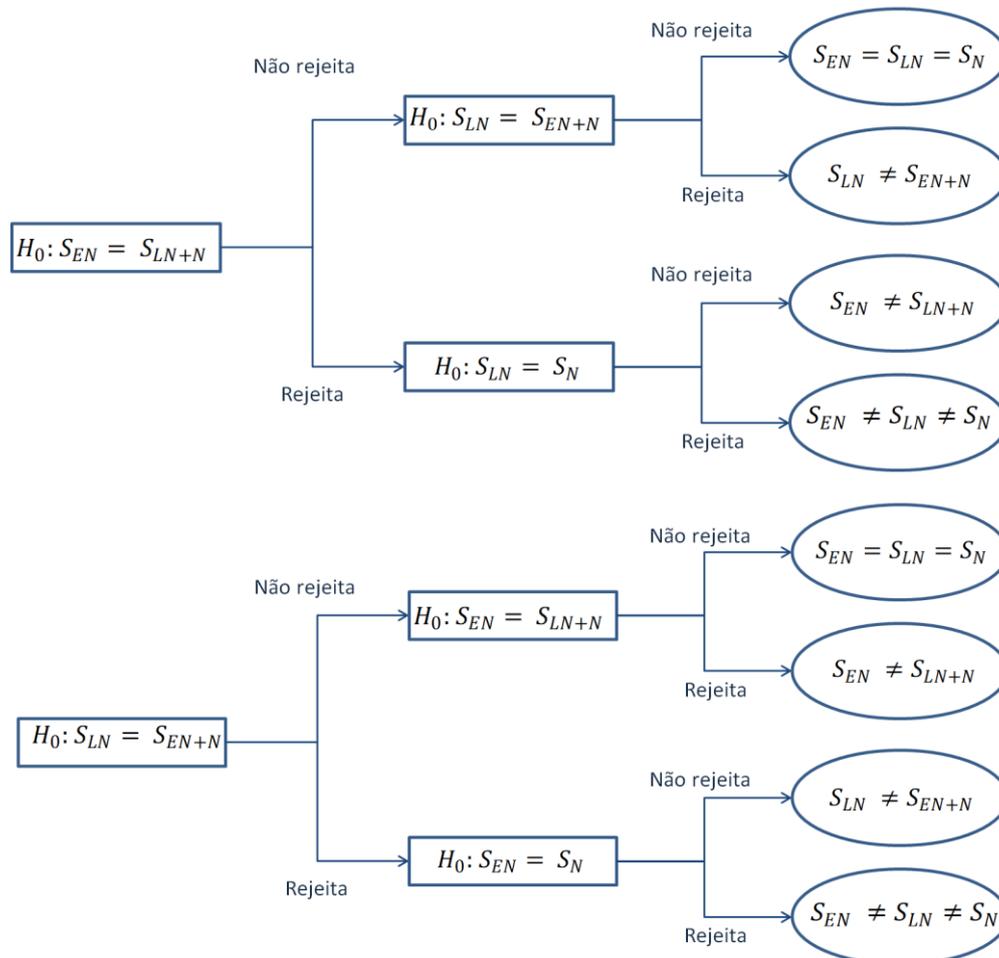


Figura 1 – Procedimento de identificação de influência do ENOS nas vazões naturais afluentes às UHEs

Adicionalmente, são apresentadas as médias e desvios padrão para uma UHE selecionada de cada região do Brasil, de forma segmentada entre os três estados de ENOS. O cálculo dessas estatísticas pode ser realizado através das Equações (2) e (3) na forma

$$\mu_m^r = E(Z_t | \epsilon_t = r) = \sum_{t=1}^N \mathbf{1}_{(\epsilon_t=r)} \frac{Z_t}{N_m^r} \quad r = 1,2,3 \quad (2)$$

$$\sigma_m^r = \sqrt{\text{Var}(Z_t | \epsilon_t = r)} = \sqrt{\sum_{t=1}^N \mathbf{1}_{(\epsilon_t=r)} \frac{(Z_t - \mu_m^r)^2}{N_m^r}} \quad (3)$$

onde: Z_t é a série mensal de vazões naturais afluentes; N é o número de anos; t é o índice do tempo, $t = 1, 2, \dots, 12 \times N$, função do ano T ($T = 1, 2, \dots, N$) e do mês m ; ϵ_t é a série mensal discreta de ENOS, com espaço-estado $r = 1, 2, 3$, representando, respectivamente, o estado de La Niña (LN), Neutro (N) e El Niño (EN); $\mu_m^{\epsilon_t}$ é a média do mês m para o estado ϵ_t ; $\sigma_m^{\epsilon_t}$ é o desvio padrão do mês m para o estado ϵ_t ; $\mathbf{1}_{(\epsilon_t=r)}$ denota a função indicadora, assumindo o valor unitário quando $\epsilon_t = r$ e zero para qualquer outro valor, e N_m^r é o número de ocorrências do estado r no mês m .

3. RESULTADOS

Para facilitar a visualização dos resultados, optou-se por dividir as UHEs entre as bacias hidrográficas as quais pertencem e, posteriormente, apresentá-los separadamente nos quatro submercados do SIN (sul, sudeste/centro-oeste, nordeste, norte). A Tabela 2 apresenta o resultado do procedimento apresentado na Figura 1, realizado para todos os meses, em UHEs localizadas na região sul do Brasil, que é uma das regiões mais afetadas pelo ENOS. As células em vermelho indicam a influência do EN, azul da LN, lilás de ambos os estados, e branca sem influência. Observa-se um padrão bem definido de identificação dos efeitos do EN entre novembro e março para a maioria das UHEs. Destaca-se que, para a bacia do rio Iguaçu, que se encontra na parte mais ao norte da região sul, em geral, apenas em novembro e em dezembro, o EN é identificado. Nas regiões hidrográficas em latitudes mais elevadas, ambas as fases do ENOS produzem alterações em novembro e dezembro, e somente o EN entre janeiro a março. Em algumas UHEs das outras bacias hidrográficas, é identificada, também, a influência da LN entre os meses de maio e julho. Destaca-se que a maior parte dos meses que sofrem influência do ENOS (de novembro a março) são meses em que as vazões médias na região sul se encontram mais baixas.

Apresentam-se, em seguida, na Figura 2, as estatísticas históricas da UHE Itá, localizada na região sul. Foram calculados a média e o desvio padrão segundo as Equações (2) e (3) para cada um dos estados de ENOS e para o histórico completo na região sul. A região sul do Brasil é caracterizada por não ter uma sazonalidade bem definida de suas vazões fluviais, conforme pode ser observado. Em relação às médias, observa-se que o fenômeno EN produz um aumento da vazão afluente em relação aos outros estados e ao histórico completo, e o inverso ocorre no estado de LN (quando os estados são influentes). É interessante ressaltar que, em geral, o aumento da média é também acompanhado pelo acréscimo do desvio padrão, e o contrário ocorre nos períodos de LN.

Em outras palavras, há uma variabilidade maior associada quando se encontra em um EN, porém menor em LN ou N. Maio é único mês que foge ao padrão descrito, tendo a LN uma média maior, porém um desvio padrão menor. Para a UHE Itá, o teste KS indica a influência de ambas as fases do ENOS em novembro e dezembro, do EN em janeiro e março e da LN em maio e outubro.

Tabela 2 – Teste KS para a região sul do Brasil. Células em branco vermelho, azul e lilás indicam a influência de nenhum dos estados, EN, LN, e todos os estados, respectivamente.

UHE	BACIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
FUNDÃO	IGUAÇU												
G.B. MUNHOZ	IGUAÇU												
JORDÃO	IGUAÇU												
MAUÁ	IGUAÇU												
SALTO CAXIAS	IGUAÇU												
SALTO OSÓRIO	IGUAÇU												
SEGREDO	IGUAÇU												
SLT.SANTIAGO	IGUAÇU												
STA CLARA PR	IGUAÇU												
ITAIPU	ITAIPU												
14 DE JULHO	SUL												
CASTRO ALVES	SUL												
D. FRANCISCA	SUL												
ERNESTINA	SUL												
G.P. SOUZA	SUL												
ITAUBA	SUL												
JACUÍ	SUL												
MONTE CLARO	SUL												
PASSO REAL	SUL												
QUEBRA QUEIXO	SUL												
SALTO PILÃO	SUL												
BARRA GRANDE	URUGUAI												
CAMPOS NOVOS	URUGUAI												
FOZ CHAPECÓ	URUGUAI												
GARIBALDI	URUGUAI												
ITÁ	URUGUAI												
MACHADINHO	URUGUAI												
MONJOLINHO	URUGUAI												
PASSO FUNDO	URUGUAI												
PASSO S JOÃO	URUGUAI												
SÃO JOSÉ	URUGUAI												

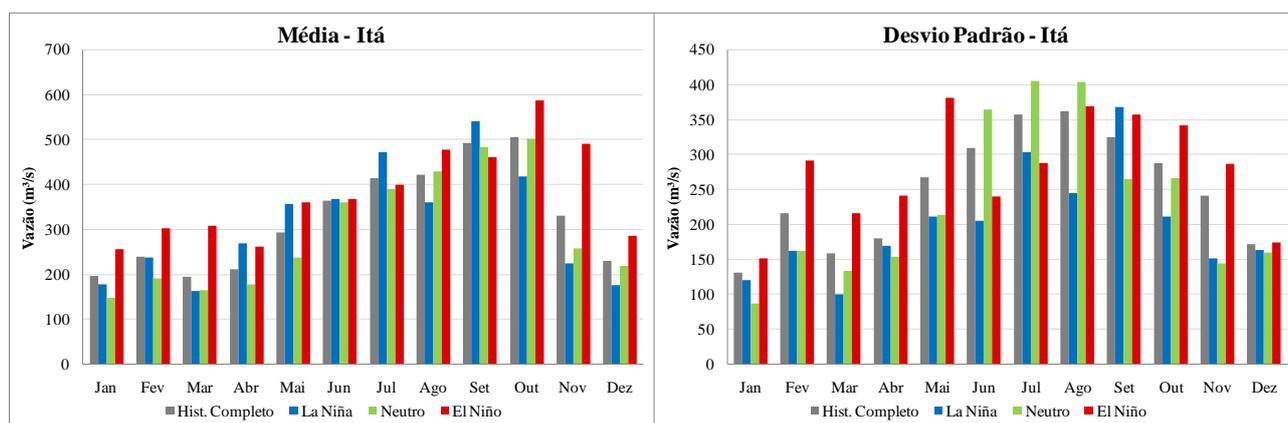


Figura 2 – Estatísticas históricas da UHE Itá segundo o estado ENOS. As estatísticas obtidas para o histórico completo, e segmentado para o estado LN, N e EN, são representadas pelas barras de cor cinza, azul, verde e vermelho, respectivamente. Dados correspondentes ao período entre 1950 e 2017.

Esses padrões são observados na maioria das UHEs localizadas na região sul do Brasil. Quanto mais ao sul, maior é a influência do ENOS, sendo o estado EN responsável, muitas vezes, por um aumento na vazão afluente, e a LN por uma diminuição. Porém, observa-se, também, que não há uma relação direta entre o fenômeno ENOS e as vazões, o que explica a maior incerteza nos

eventos de EN, representada pelo crescimento do desvio padrão. Existe uma tendência de ocorrência de mais eventos de cheias durante esse período. Todavia, durante a LN, uma vazão média abaixo da MLT é mais provável.

A seguir, são investigadas UHEs localizadas em bacias hidrográficas da região sudeste/centro-oeste. Para a bacia hidrográfica do rio Paranapanema, que se localiza na porção mais ao sul da região, o procedimento de identificação indica, de forma geral, uma influência marcante do EN, principalmente em novembro e em dezembro, e entre maio e agosto. As vazões afluentes das UHEs da bacia do Paranapanema possuem um comportamento de transição entre as regiões sul e sudeste, evidenciado pela similaridade de seu resultado no teste KS comparado ao de UHEs na região sul. Os resultados obtidos para a bacia do rio Tietê não apresentam um padrão bem definido, sendo identificado, entre os meses de abril a julho, em algumas de suas UHEs, a influência de um dos estados de ENOS. Para a bacia do rio Grande e do Atlântico sudeste, que englobam as bacias hidrográficas costeiras, em grande parte das UHEs, é identificado um padrão consistente de influência do EN entre maio e julho (em alguns casos, a LN também é relevante) e da LN entre agosto e setembro. Nas UHEs localizadas a montante da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, é identificada a distinção da LN entre janeiro e setembro.

São apresentados, na Figura 3, os resultados para a UHE Furnas, que pertence à bacia hidrográfica do rio Grande em Minas Gerais. É possível verificar que, entre janeiro e julho, excetuando-se março, as aflúências médias no período de EN são maiores que nas outras fases. O desvio padrão de janeiro a junho é maior para a fase quente do ENOS, enquanto que, em setembro e outubro, são apresentados valores maiores em períodos de LN. Segundo o teste KS, a LN é influente em fevereiro e entre maio e setembro (maior parte do período seco nessa região) e o estado EN responsável por variações entre maio e julho. Esse padrão pode ser estendido para grande parte das UHEs na bacia do Grande.

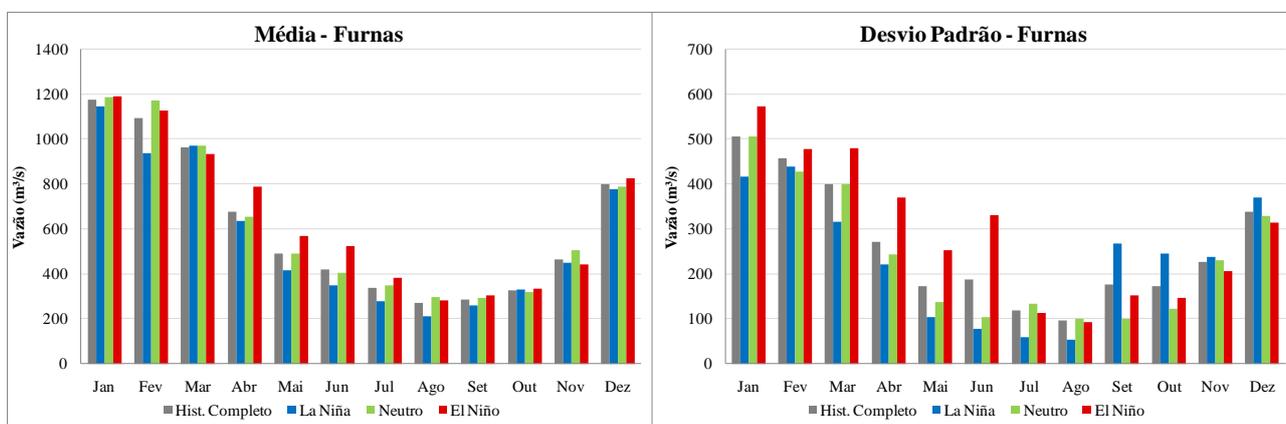


Figura 3 – Estatísticas históricas da UHE Furnas segundo o estado ENOS

O resultado do procedimento de identificação de influência do ENOS para as UHEs pertencentes à região nordeste apresenta, em sua maioria, a LN como uma influente em janeiro e fevereiro e em agosto e setembro. As UHEs localizadas nas bacias do Atlântico nordeste e leste apresentam alguma influência do ENOS em novembro e dezembro.

A Figura 4 traz os resultados para a UHE Sobradinho, localizada na região nordeste do Brasil, pertencente à bacia do rio São Francisco. Nota-se que as vazões médias são menores em quase todos os meses do ano durante eventos de LN, excetuando-se os meses de novembro e dezembro. Em fevereiro e março, meses com as maiores afluências, é possível observar que o efeito da LN é mais intenso e possui uma variabilidade menor, principalmente em março.

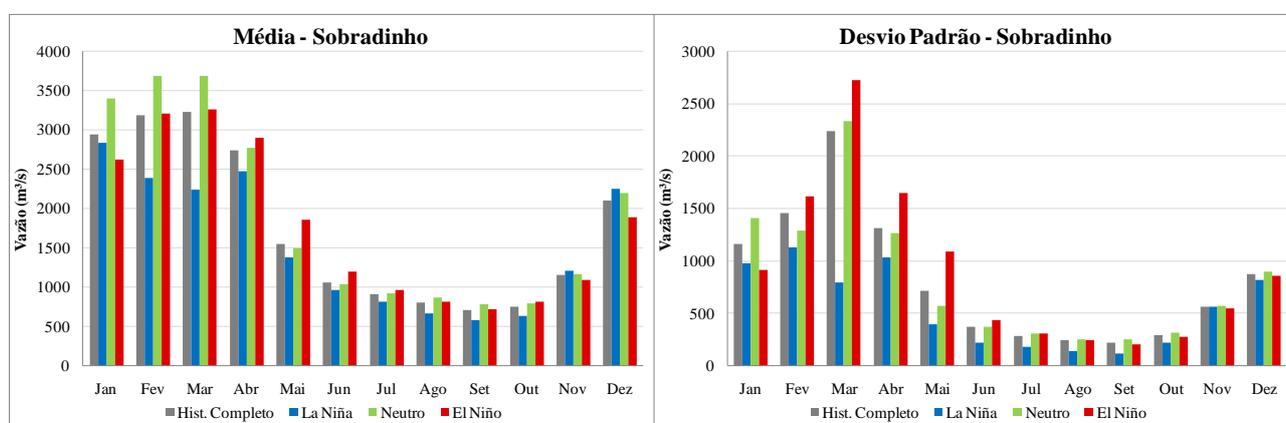


Figura 4 – Estatísticas históricas da UHE Sobradinho segundo o estado ENOS

Por fim, a região norte do Brasil possui alguns padrões bastante distintos entre as diversas bacias que a compõe. Na bacia hidrográfica do rio Teles Pires e do rio Madeira, as UHEs não possuem uma influência bem demarcada do ENOS. Já nas outras, o contrário ocorre, principalmente da bacia do Xingu e nas UHEs pertencentes à margem esquerda do rio Amazonas, denotadas como Amazonas. A região norte do Brasil sofre grande influência do fenômeno ENOS, e, quanto maiores as latitudes, maiores são os efeitos. De maneira geral, as duas fases do ENOS são identificadas como influentes na bacia do Amazonas em quase todos os meses, o que configura essa bacia como uma das que sofrem efeitos do ENOS de maneira mais bem marcada.

Na Figura 5, são apresentadas as estatísticas calculadas para UHE Santo Antônio Jari, que se encontra região norte do Brasil, especificamente na margem esquerda do rio Amazonas. De janeiro a julho, pode ser observado que há uma alteração importante no comportamento das afluências entre os diferentes estados, principalmente nos meses mais úmidos. Os períodos de LN apresentam média e desvio padrão maiores que os demais estados, enquanto o inverso ocorre nos períodos de EN. Já os meses Neutros apresentam médias próximas aos valores encontrados no histórico sem a

classificação. Entre fevereiro e julho, e em novembro, ambos os estados de ENOS são identificados como influentes, enquanto que em dezembro apenas o EN.

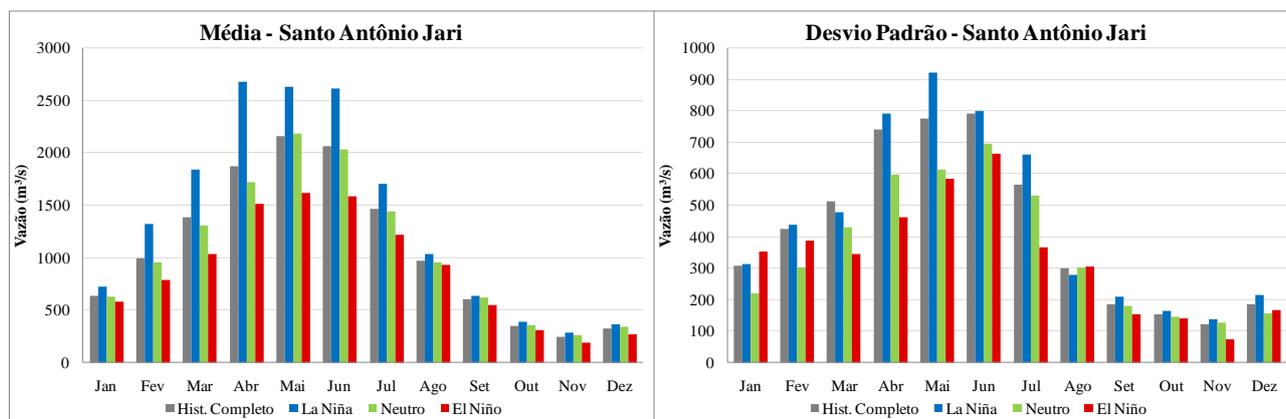


Figura 5 – Estatísticas históricas da UHE Santo Antônio Jari segundo o estado ENOS

Do total de 141 UHEs analisadas, apenas 19 não apresentam diferenças significativas entre os estados de ENOS em pelo menos um mês. Conforme exposto, o ENOS não provoca alterações apenas nas vazões médias, mas também no desvio padrão. Essa constatação indica que, em determinados estados de ENOS, há uma previsibilidade maior do que ocorrerá, enquanto outros possuem uma variabilidade associada muito grande. A Tabela 3 traz um resumo dos efeitos do fenômeno ENOS nos quatro submercados brasileiros.

Tabela 3 – Resumo dos efeitos do ENOS nas vazões naturais afluentes às UHEs brasileiras, divididos por submercado.

Região	La Niña	El Niño
Sul	Anomalias negativas, restritas aos meses de novembro a março	Anomalias positivas, restritas aos meses de novembro a março
Sudeste / Centro-Oeste	Heterogeneidade de resultados; Anomalias negativas de pequena intensidade propagadas por todo o ano	Heterogeneidade de resultados; Anomalias positivas de pequena intensidade propagadas por todo o ano
Nordeste	Anomalias negativas de grande intensidade entre janeiro e março; Anomalias positivas de pequena intensidade em novembro e dezembro	Anomalias positivas de grande intensidade entre janeiro e março; Anomalias negativas de pequena intensidade em novembro e dezembro
Norte	Anomalias positivas de grande intensidade, propagadas por todo o ano	Anomalias negativas de grande intensidade propagadas por todo o ano

4. CONCLUSÕES

O trabalho objetivou produzir uma análise em escala da influência do fenômeno ENOS nas vazões naturais afluentes às UHEs brasileiras. Efetuou-se uma avaliação do registro histórico de vazões naturais mensais classificado entre os três estados de ENOS por meio da análise das médias e desvios padrão. Realizou-se, também, um procedimento de identificação da influência do ENOS, baseado na realização de testes KS nas distribuições de probabilidade do histórico de vazões

classificados entre os estados de ENOS. Conforme exposto, o ENOS não provoca alterações apenas nas vazões médias, mas também no desvio padrão. Essa constatação indica que, determinados estados de ENOS, há uma previsibilidade maior do que ocorrerá, enquanto outros possuem uma variabilidade associada muito grande. De maneira geral, as fases LN e EN possuem efeitos opostos, e tem uma influência maior nas UHEs localizadas nas regiões sul e norte e parte da região nordeste.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ e ao CEPEL pelo apoio ao trabalho. Agradecimentos são estendidos à FAPERJ, por meio dos projetos FAPERJ – Pensa Rio – Edital 34/2014 (2014-2017) – E-26/010.002980/2014, FAPERJ nº E_12/2015 e FAPERJ nº E_22/2016, bem como ao suporte oferecido pelo CNPq por meio do projeto Edital nº 12/2016 – Processo 306944/2016-2 e projetos Edital Universal nº 14/2013 – Processo 485136/2013-9 e nº 28/2018 – Processo 435714/2018-0 bem como pelo apoio da CAPES - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ACEITUNO, P., 1988, “*On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate*”, Monthly Weather Review, v. 116, n. 3 (mar), pp. 505-524.

BARNSTON, A. G., CHELLIAH, M., GOLDENBERG, S. B., (1997). “*Documentation of a highly ENSO-related sst region in the equatorial pacific: Research note*”, Atmosphere-Ocean, v. 35, n. 3 (set), pp. 367-383.

GRIMM, A. M., TEDESCHI, R. G. (2009). “*ENSO and Extreme Rainfall Events in South America*”, Journal of Climate, v. 22, n. 7 (abr), pp. 1589-1609.

HUANG, B., THORNE, P. W., BANZON V. F., et al.(2017) “*Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons*”, Journal of Climate, v. 30, n. 20, pp 8179 -8205.

KOUSKY, V. E., HIGGINS, R. W., (2007). “*An Alert Classification System for Monitoring and Assessing the ENSO Cycle*”, Weather and Forecasting, v. 22, n. 2, pp. 353-371

MARENGO, J. A., TOMASELLA, J., UVO, C. R., 1998, “*Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru*”, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 103, n. D2 (jan), pp. 1775-1783.

ONS, 2018. Planejamento da Operação Energética 2018/2022. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Rio de Janeiro. 2018.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J.(1976). Hidrologia básica. Edgard Blucher, 304p.

RASMUSSEN, E. M., CARPENTER, T. H., (1982). “*Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño*”, Monthly Weather Review, v. 110, n. 5 , pp. 354-384.

TIMMERMANN, A., AN, S.-I., KUG, J.-S., et al. (2018). “*El Niño-Southern Oscillation complexity*”, Nature, v. 559, n. 7715 , pp. 535-545.