

ANÁLISE DE PADRÕES DE VARIAÇÃO E TENDÊNCIAS DE ENERGIA NATURAL AFLUENTE (ENA) NO PERÍODO DE 1931 A 2008

Francisco Wellington Martins da Silva¹, Cleiton da Silva Silveira², Antônio Duarte Marcos Junior³.

Resumo: A variabilidade climática está diretamente relacionada à disponibilidade de água para os reservatórios e conseqüentemente para a produção de energia elétrica. Com base nessa temática o presente trabalho tem por objetivo analisar padrões de variação e tendências da série de Energia Natural Afluyente (ENA) por Subsistema hidroelétrico brasileiro. Com dados de vazões e produtividade dos anos de 1931 a 2008 disponibilizado no Operador Nacional de Sistema (ONS), fez-se o cálculo da ENA: a partir do produto entre essas duas variáveis. A ENA foi obtida para os Postos que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN). As ENAs calculadas foram reagrupadas em bacias hidrográficas e em seguida subdivididas nos quatro subsistemas. Com a série fez-se alguns testes estatísticos, como Médias Móveis, Teste de Regressão Linear, Ondeletas e o teste de Mann-Kedall. Os testes apontaram tendência não significativa para os Subsistemas Norte, Nordeste e Sudeste, indicando uma possível variabilidade de baixa frequência. O Subsistema Sul apresentou tendência positiva com variabilidade de alta frequência. A análise criteriosa do comportamento da ENA faz-se necessário para que medidas preventivas possam ser tomadas a fim de sanar/diminuir perdas na produção de Energia.

Palavras-chave: Energia Natural Afluyente (ENA). Subsistemas. Testes estatísticos.

INTRODUÇÃO

São visíveis as mudanças no clima devido à interferência do homem. O clima condiciona as variáveis do ciclo hidrológico em uma dada região e conseqüentemente a disponibilidade de água para os reservatórios do setor elétrico brasileiro, portanto, influencia a produção de energia hidroelétrica do país. A variabilidade do clima em múltiplas escalas temporais (longo, médio, curto e curtíssimo prazo) pode condicionar o risco associado à ocorrência de eventos extremos hidrológicos (cheias e secas) para um local ou região (SILVEIRA, 2014) com isso o uso da água fica ameaçado.

As condições climáticas de um conjunto de anos ou décadas depende tanto de variações climáticas naturais como das forças antrópicas. Controles de baixa frequência, associados aos lentos processos oceânicos, que podem conferir certa previsibilidade ao clima na escala decadal, principalmente na região tropical um exemplo disso é a relação com a PDO (sigla para

¹ Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentáveis, e-mail: martinswellington29@yahoo.com.br

² Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentáveis, e-mail: cleitonsilveira@unilab.edu.br

³ Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentáveis, e-mail: duarte.jr@hotmail.com.br

Oscilação Decadal do Pacífico, em inglês) que pode ser definida como a componente principal da variabilidade da temperatura na superfície do mar.

Segundo o Relatório Anual de Avaliação das Previsões de Vazão é importante que se tenha planejamento no setor energético brasileiro para evitar problemas com a produção de energia elétrica. A análise do comportamento energético de médio e longo prazo do Sistema Interligado Nacional (SIN) é fundamental para minimizar os impactos de eventos extremos e evitar crises energéticas graves no país. Assim a Energia Natural Afluente (ENA) é um importante parâmetro de observação.

O objetivo deste estudo é analisar os padrões de variação e tendências das séries de ENA no decorrer dos anos de 1931 a 2008 por subsistema hidroelétrico e verificar sua relação com alguns fenômenos físicos que condicionam a variabilidade do clima.

METODOLOGIA

Foram obtidos do Operador Nacional de Sistema (ONS) dados da série histórica correspondente aos anos de 1931 a 2008 de vazões mensais naturalizadas (m^3/s) e produtividade ($MW_{med} / m^3/s$) dos aproveitamentos hidroelétricos do SIN. Em seguida calculou-se o produto entre essas duas variáveis, no qual obteve-se o valor de ENA, somou-se todos esses valores, agrupando-os por Subsistema Norte, Nordeste, Sul e Sudeste.

Aplicou-se nas séries históricas: O Método de Mann-Kendall para verificar se a ENA apresentava tendência de variabilidade positiva ou negativa; as médias móveis foram utilizadas para suavizar o comportamento da série e torná-la fácil de interpretar de modo a identificar o comportamento interanual/decadal. A média aritmética é formada através do somatório de um conjunto de valores numéricos dividido pela quantidade de elementos somados. O conceito de Média Móvel é entendido porque entra um novo valor para o cálculo, o primeiro da série anterior é retirado e assim sucessivamente. Utilizou-se média móvel de 10 anos; Foi usado também nesse estudo, a Transformada em Ondeletas (TO) ou Transformada de Wavelets para a análise de variações de energia dentro da série, pela decomposição da mesma em tempo-frequência-espaco. Com ela pode-se determinar modos significativos de variabilidade e, como eles variam no decorrer do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Tendências, Médias móveis, Man Kendall Sen

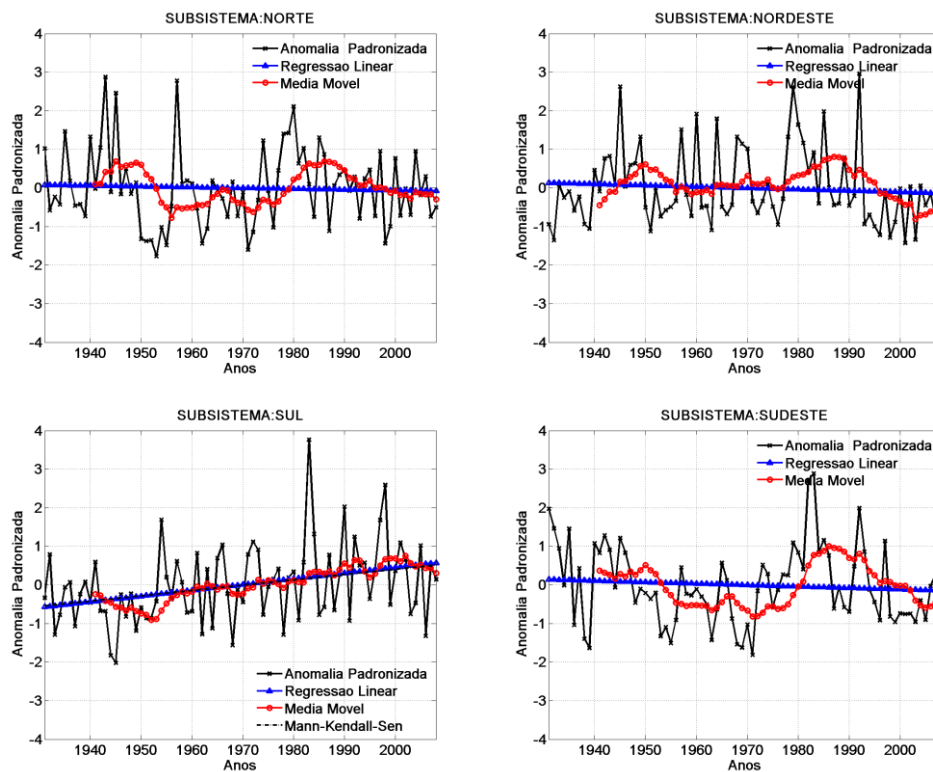


Figura 2: Resultados dos testes Estatísticos

FONTE: Próprio Autor

O Subsistema Norte apresentou anomalia, na sua maioria, entre -1 a 1. As médias móveis apresentaram uma variabilidade decadal de baixa frequência.

No Subsistema Nordeste observa-se, por meio das médias móveis, uma variabilidade decadal nos anos de 1940 a 1950 e 1980 a 1990. Dos anos de 1940 a 1980 a série apresentou um comportamento interanual. Nos períodos em que houve comportamento decadal a série apresentou uma variabilidade de baixa frequência. Não apresentou tendência significativa.

O Subsistema Sul apresentou tendência significativa com comportamento interanual, na maior parte da série. O resultado para as médias móveis não apresentou variabilidade de alta frequência. O resultado para a análise de tendências utilizando o método de Mann-Kendall Sen mostra uma tendência de aumento da ENA.

As médias móveis do Subsistema Sudeste demonstra uma variabilidade de baixa frequência com períodos longos de três décadas. O teste de Mann-Kendall Sen não apresentou tendência na séries de ENA mas é possível observar uma possibilidade de redução.

Análise das Ondeletas/Wavelets

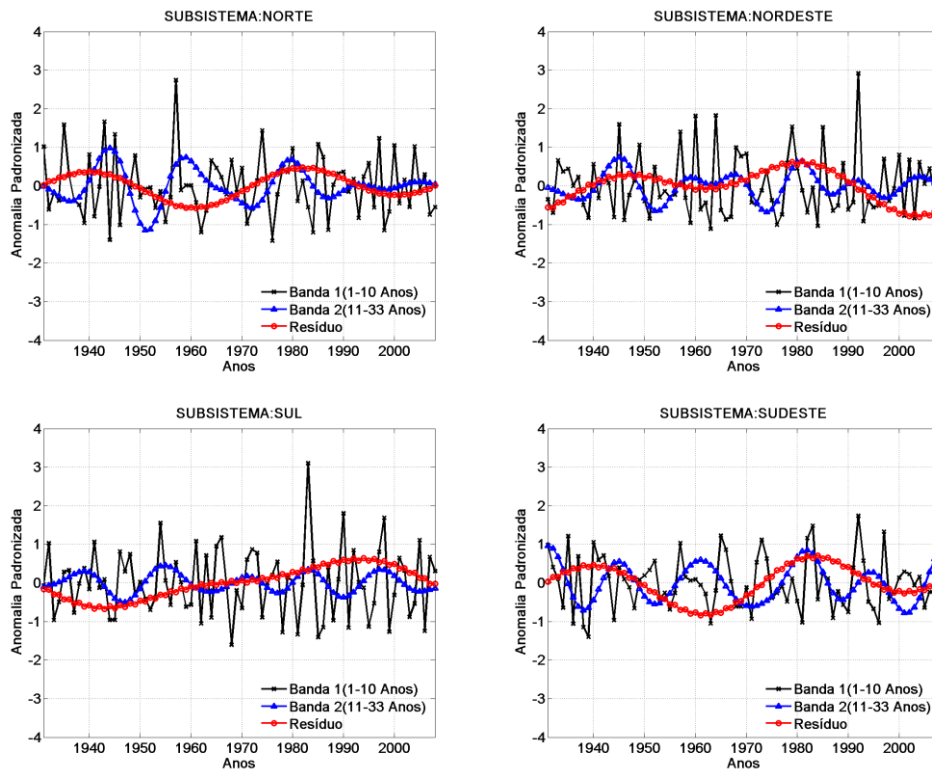


Figura 3: Ondeletas

FONTE: Próprio Autor

O Subsistema Norte apresentou variabilidade significativa em 1945 e 1980 nas bandas. A Banda 2 mostrou uma redução gradativa da amplitude de variação no decorrer da série.

O uso das ondeletas mostrou para o Subsistema Nordeste que os anos entre 1940 a 1950 e em aproximadamente 1980 são responsáveis por um valor significativo na variabilidade da ENA, são os períodos mais energéticos. Apresentou variação na banda de baixa frequência aproximadamente 30 anos.

No subsistema Sul, o resíduo apresentou uma frequência de grande comprimento de onda o que resulta em uma variabilidade de baixa frequência mudando de fase por volta de 1970, com um pico considerável na década de 80

O Subsistema Sudeste apresentou variabilidade significativa nos anos de 1945 e 1980.

Observa-se, ainda, nos quatro subsistemas, uma oscilação periódica na banda de média frequência com período entre 10 e 20 anos. No Subsistema Norte e Sudeste, observa-se uma oscilação periódica na banda de baixa frequência com período de aproximadamente 30 anos. A influência dessas bandas na série histórica e a sua possível inversão nos próximos anos pode demonstrar o comprometimento das vazões.

CONCLUSÕES

Foi possível estipular o comportamento da ENA por meio das análises observadas nos gráficos. O que implica em saber a situação do sistema hidroelétrico brasileiro.

O Subsistema Sul indicou tendência positiva e os demais apresentam sinais de variabilidade climática não significativa. Os testes estatísticos, especificamente a média móvel apresentaram, em geral, variabilidade interanual para as bacias do Subsistema Sul e decadal para as demais bacias. O teste de Man Kendall apontou tendência positiva para as séries de ENA do Subsistema Sul, ao passo que os Subsistemas Nordeste, Norte e Sudeste deram sinais de variabilidade do clima e tendência não significativa. Os padrões de variações identificados das ENAs sugerem forte dependência com fenômenos físicos que estar diretamente relacionados a variabilidade do clima como a Oscilação Decadal do Pacífico.

Medidas devem ser consideradas quando se fala no uso da água, como a combinação de tecnologias inovadoras e uma gestão efetiva. A sociedade em geral precisa de se adaptar e reavaliar suas abordagens quanto ao uso da água, tendo como critério a adaptação da variabilidade Climática.

AGRADECIMENTOS

A Deus. Ao professor Dr. Cleiton Silveira. Aos integrantes do grupo de pesquisa Clima e Planejamento Energético (CLIFE) da UNILAB. À PROPPG e a FUNCAP pelo de financiamento de bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. C. C. et al. **Análise de Tendências e Padrões de Variação das Séries Históricas de Vazões do Operador Nacional do Sistema (ONS)**. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=154&SUMARIO=2255>> . Acesso em 15 de maio de 2016.

OPERADOR NACIONAL DE SISTEMA. **RE 3/119/2011- Relatório Anual de Avaliação das Previsões de Vazões - 2010**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/pvannual_2010.pdf>. Acesso em 05 de Agosto 2016.

SILVEIRA, C. S. **Modelagem integrada de meteorologia e recursos hídricos em múltiplas escalas temporais e espaciais: aplicação no Ceará e no setor hidroelétrico brasileiro**. Fortaleza, 2014.