



A ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO ESTÁ SUMINDO?

*Meusêr Valença¹; Josiane Holz*²; Daniela Kyrillos²*

Resumo – Considerando a importância do estudo de mudanças nas características de períodos hidrológicos, este trabalho tem o objetivo de avaliar a estacionariedade das séries de vazões de dois trechos do Rio São Francisco. Para o estudo foram utilizadas as séries de vazões incrementais anuais do período de 1945 a 2014, para os trechos entre as estações de São Francisco e Carinhanha e; São Francisco e Morpará. Para a avaliação foram realizadas análises estatísticas das séries de dados com o auxílio do programa Trend, tal programa destacou a existência de mudança na tendência dos dados, dividindo ambas as séries em dois períodos, antes e depois de 1980. Todos os modelos estatísticos utilizados indicam a existência de tendência na série de dados para ambos os trechos, e que esta é muito significativa (99 % de significância). Tal conclusão é bastante relevante quando observado que estas séries são utilizadas como referência para inúmeras atividades ligadas aos recursos hídricos na bacia do Rio São Francisco, como por exemplo: o cálculo das vazões afluentes ao Reservatório de Sobradinho, reconstituição de vazões naturais, além da concessão de outorgas neste trecho da bacia.

Palavras-Chave – Rio São Francisco, Estacionariedade

IS WATER OF SÃO FRANCISCO RIVER DESAPPEAR?

Abstract – Studies about changes in hydrologics periods are very important, in this paper the object is value the flow stationary in two stretches of São Francisco River. In this study were used annual incremental flow series between 1945 and 2014, one stretche is between São Francisco and Carinhanha hydrometric stations and another is between São Francisco and Morpará hydrometric stations. In the evaluation were made statistics analyses about flow series with Trend Program, this program showed that there are tendencies in the data and separated both series in two periods, before and after 1980. All statistics models showed that there are tendencies in the data to both stretches and these tendencies are very significant. This conclusion is very important because these flow series are used as reference in many activities in São Francisco River Water management, for example: calculate flow tributaries at Sobradinho Reservoir, naturals flow reconstitution and permission to use water resources in São Francisco basin.

Keywords – São Francisco River, Stationary series

¹Afiliação: Universidade de Pernambuco – UPE, meuserr@comp.poli.br

²Afiliação: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Chesf, josianeh@ch esf.gov.br



1. INTRODUÇÃO

Os principais problemas relativos aos recursos hídricos têm sido sempre relacionados ao excesso de água (cheias) ou a falta deste recurso (vazões baixas ou secas). Isso significa que, além de analisar as características médias, estudar as mudanças nas características de períodos hidrológicos distintos é também de grande importância (ANA, 2013).

A Agência Nacional de Águas - ANA (2013) em suas análises durante o processo de avaliação das atualizações das séries de vazões naturais afluentes às Usinas Hidrelétricas (UHE's) localizadas na bacia do rio São Francisco, notadamente em relação à UHE Sobradinho, verificou que nas últimas duas décadas a média das vazões anuais estão abaixo da média de longo termo (MLT) aproximadamente 23% e que no período seco (Maio a Novembro) este comportamento é mais acentuado, aproximadamente 29%. Observou-se o mesmo comportamento em outras UHE's situadas na bacia e nas bacias vizinhas, tais quais: Três Marias, Queimado, Serra da Mesa, Nova Ponte, Furnas.

De acordo com Souza et. al. (2013), de um modo geral, as vazões observadas no período seco estão menores, pois a grande maioria das estações apresentou média das médias anuais do período seco após 1993 menor que a respectiva média do período anterior, onde quase a metade das estações apresentaram tendências significativas. No caso das precipitações, de um modo geral, há uma diminuição das chuvas no período posterior a 1993. No entanto, devido ao percentual muito baixo de reduções consideradas significativas, a precipitação não é suficiente para explicar, sozinha, a redução observada nas séries de vazões.

Deste modo, os indícios observados indicam que o resultado da diminuição das vazões na bacia do Rio São Francisco tem uma parcela resultante da diminuição da precipitação no período, no entanto outros fatores como o aumento dos usos consuntivos e incertezas na qualidade dos dados das estações fluviométricas disponíveis na bacia, podem também estar associados a esta diminuição (SOUZA, et. AL, 2013).

Portanto, o presente estudo tem o objetivo de avaliar estatisticamente a estacionariedade das séries de vazões de dois trechos do Rio São Francisco, situados a montante do Reservatório de Sobradinho.

2. ÁREA DE ESTUDO

O rio São Francisco (Figura 1) tem uma extensão de 2.863 km e uma área de drenagem da Bacia de 636.920 km² (8% do território nacional), abrange 503 municípios e sete Unidades da Federação (Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal) (ANA, 2003).

A Bacia apresenta grande diversidade quanto às áreas irrigáveis, cobertura vegetal e fauna aquática. No Alto, Médio e Submédio São Francisco, predominam solos com aptidão para a agricultura irrigada, o que não se reflete no restante da Bacia. Em relação à cobertura vegetal, a Bacia contempla fragmentos de diversos biomas, salientando-se a Floresta Atlântica em suas cabeceiras, o Cerrado (Alto e Médio São Francisco) e a Caatinga (Médio e Submédio São Francisco). Com relação à fauna aquática, observa-se que o rio São Francisco apresenta a maior biomassa e diversidade de peixes de água doce da região Nordeste (ANA, 2003).



3. METODOLOGIA

Para a avaliação das vazões no Rio São Francisco foram utilizadas as séries de vazões nos postos de São Francisco, Carinhanha e Morpará. As séries temporais de vazão são dos postos hidrométricos operados pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf, e foram utilizadas as séries de vazões anuais do período de 1945 a 2014.

A avaliação foi realizada em dois trechos: um primeiro entre as estações de São Francisco e Carinhanha (aproximadamente 240 Km) e, um segundo trecho (que engloba o primeiro) entre as estações de São Francisco e Morpará (aproximadamente 600 Km), os postos hidrométricos de referência podem ser observados na Figura 1.

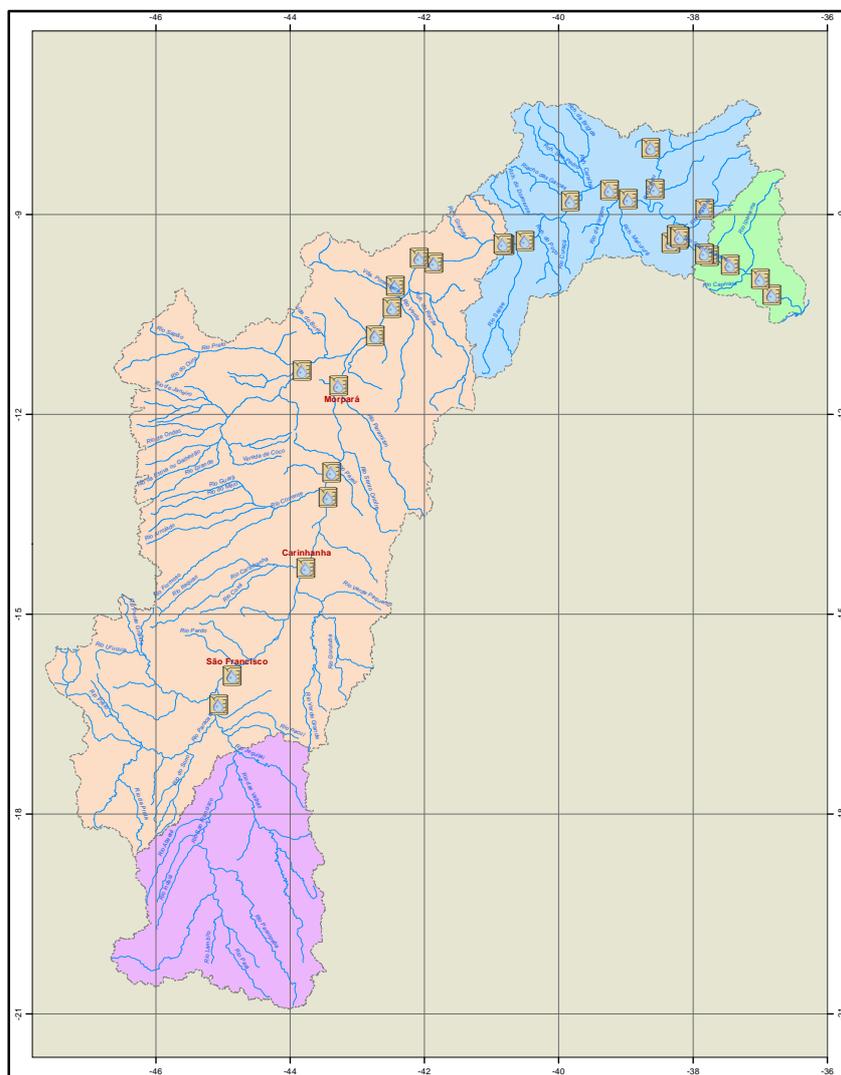


Figura 1: Postos hidrométricos da rede Chesf na Bacia do Rio São Francisco, com destaque para os postos de referência.

Com o objetivo de descartar o efeito da vazão defluente de Três Marias, situada a montante dos postos analisados, foi realizada a subtração das vazões entre os postos avaliados, sendo portanto, avaliada apenas a vazão incremental do trecho.

Para uma avaliação qualitativa foram representadas em forma de gráfico as médias móveis de 3, 5, 7 e 10 anos da vazão incremental de ambos os trechos, tais gráficos encontram-se na figuras a seguir.



Trecho 1: São Francisco/Carinhanha

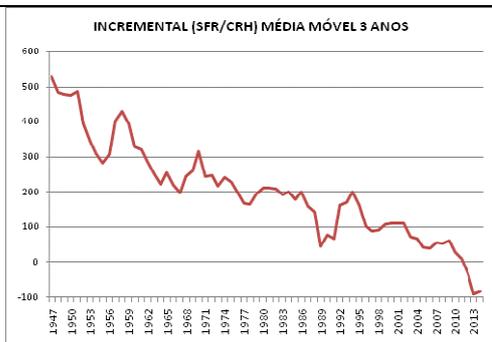


Figura 2: Vazão incremental no trecho 1, média móvel de 3 anos

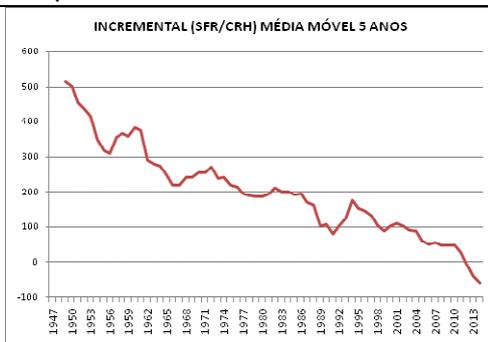


Figura 3: Vazão incremental no trecho 1, média móvel de 5 anos

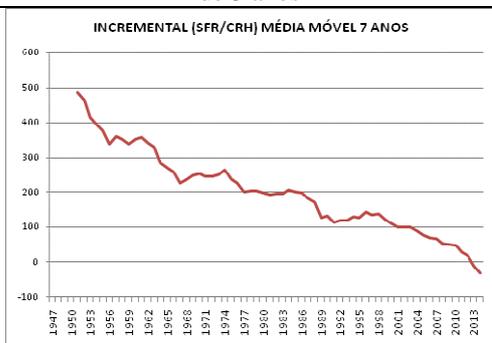


Figura 4: Vazão incremental no trecho 1, média móvel de 7 anos

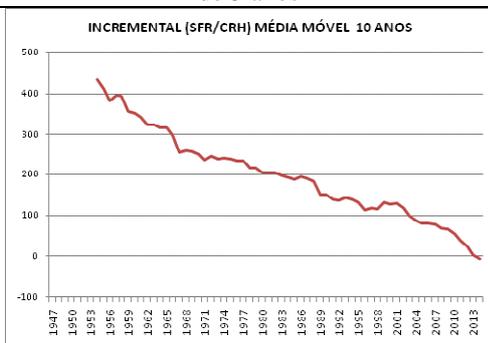


Figura 5: Vazão incremental no trecho 1, média móvel de 10 anos

Trecho 2: São Francisco/Morpará

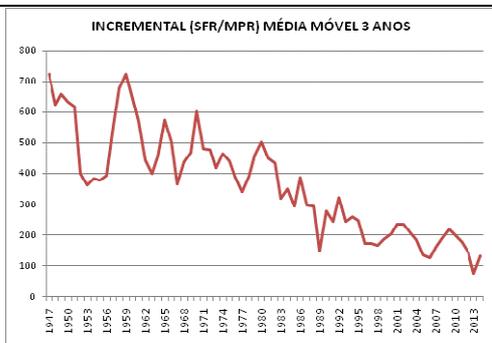


Figura 6: Vazão incremental no trecho 2, média móvel de 3 anos

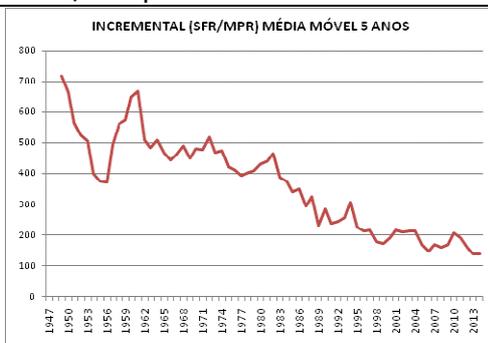


Figura 7: Vazão incremental no trecho 2, média móvel de 5 anos

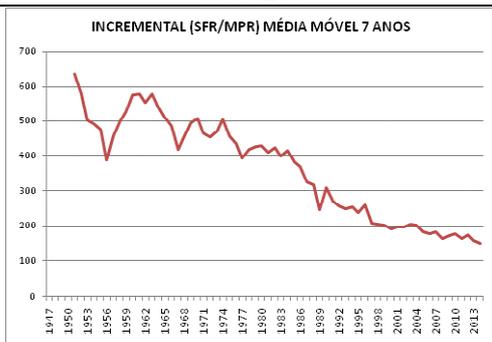


Figura 8: Vazão incremental no trecho 2, média móvel de 7 anos

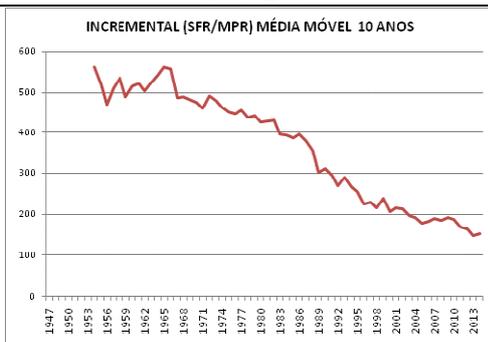


Figura 9: Vazão incremental no trecho 2, média móvel de 10 anos



Para os dois trechos e considerando as quatro médias móveis apresentadas é possível concluir qualitativamente que a série possui tendência não estacionária, ou seja, possui variação ao longo do tempo.

Para ambos os trechos analisados a vazão diminui ao longo do tempo, portanto foram realizadas análises estatísticas para confirmar a hipótese da não estacionariedade das séries.

Para uma avaliação detalhada foram confeccionadas as análises estatísticas das séries de dados, com o auxílio do programa Trend (*Toolkit Products Intellectual Property Rights*), este programa utiliza 12 modelos estatísticos para avaliar a estacionariedade da série de dados, sendo eles: Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regression, Cusum, Cumulative deviation, Worsley likelihood, Rank Sum, Student's t, Median Crossing, Turning Point, Rank Difference e Auto Correlation, dentre estes foram escolhidos 10 para a avaliação da série. Nesta etapa foram utilizados os dados anuais para os dois trechos avaliados, São Francisco/Carinhanha e São Francisco/Morpará, para o período de 1945 a 2014.

4. RESULTADOS

A seguir são apresentadas as avaliações estatísticas da estacionariedade das séries de dados a partir dos resultados apresentados pelo programa Trend, primeiramente pode ser observado o gráfico criado pelo programa com os dados de entrada utilizados e posteriormente uma tabela com os resultados numéricos para cada um dos modelos estatísticos.

4.1. Avaliação estatística do trecho São Francisco / Morpará

Primeiramente, quando o programa apresenta os dados de entrada dos modelos estatísticos (Figura 10) o programa destaca a existência de mudança na tendência dos dados para o modelo T de Student, dividindo a série em dois períodos, antes e depois de 1980.

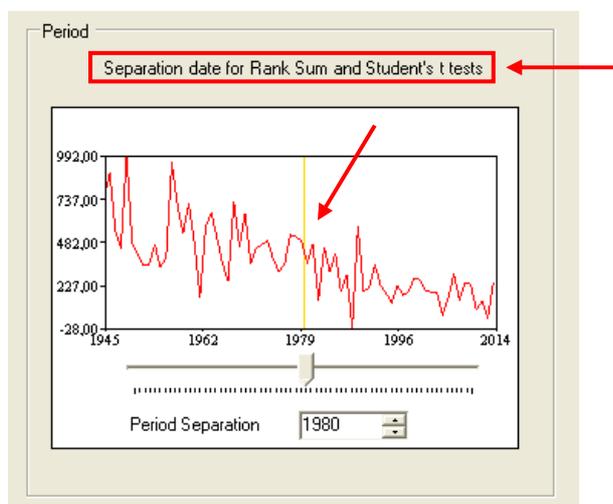


Figura 10: Dados de entrada no modelo e indicação de onde ocorre a mudança de tendência da série, tornando a série não estacionária.

Observando os resultados (Tabela 1), todos os dez modelos utilizados indicam a existência de tendência na série de dados, e que esta é muito significativa (99 % de significância).

Tabela 1: Resultados dos modelos estatísticos para o trecho São Francisco / Morpará

TABELA ESTATÍSTICA						
		Teste estatístico	Valores Críticos			Resultado
			a=0.1	a=0.05	a=0.01	
1	Mann-Kendall	-6.494	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
2	Spearman's Rho	-6.058	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
3	Linear regression	-8.434	1.669	1.997	2.654	S (0.01)
4	Cusum	24	10.207	11.379	13.638	S (0.01)
5	Cumulative deviation	2.828	1.152	1.278	1.532	S (0.01)
6	Worsley likelihood	7.615	2.87	3.16	3.79	S (0.01)
7	Rank Sum	5.673	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
8	Student's t	5.391	1.669	1.997	2.654	S (0.01)
9	Median Crossing	3.732	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
10	Auto Correlation	4.103	1.645	1.96	2.576	S (0.01)

4.2. Avaliação estatística do trecho São Francisco/Carinhanha

Para este trecho, quando o programa apresenta os dados de entrada dos modelos estatísticos (Figura 11) o programa também destaca a existência de mudança na tendência dos dados para o modelo T de Student, dividindo a série em dois períodos, antes e depois de 1980.

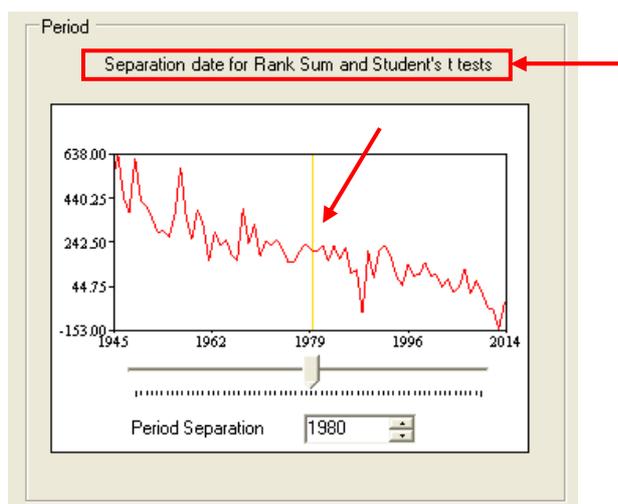


Figura 11: Dados de entrada no modelo e indicação de onde ocorre a mudança de tendência da série, tornando a série não estacionária.



Observando os resultados (Tabela 2), todos os dez modelos utilizados indicam a existência de tendência na série de dados, e que esta é muito significativa (99 % de significância).

Tabela 2: Resultados dos modelos estatísticos para o trecho São Francisco / Morpará

TABELA ESTATÍSTICA						
		Teste estatístico	Valores Críticos			Resultado
			a=0.1	a=0.05	a=0.01	
1	Mann-Kendall	-9.11	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
2	Spearman's Rho	-7.519	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
3	Linear regression	-14.239	1.669	1.997	2.654	S (0.01)
4	Cusum	23	10.207	11.379	13.638	S (0.01)
5	Cumulative deviation	2.964	1.152	1.278	1.532	S (0.01)
6	Worsley likelihood	8.652	2.87	3.16	3.79	S (0.01)
7	Rank Sum	6.355	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
8	Student's t	5.758	1.669	1.997	2.654	S (0.01)
9	Median Crossing	3.732	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
10	Auto Correlation	6.447	1.645	1.96	2.576	S (0.01)

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises estatísticas é possível concluir que ambas as séries avaliadas, incrementais nos trechos São Francisco/Carinhanha e São Francisco/ Morpará, são não estacionárias, ou seja, sofrem alteração ao longo do tempo, no caso das duas séries avaliadas ocorrem reduções nas vazões observadas ao longo do tempo.

Tal conclusão é bastante relevante quando observado que estas séries são utilizados como referência para inúmeras atividades ligadas aos recursos hídricos na bacia do Rio São Francisco, como por exemplo o cálculo das vazões afluentes ao Reservatório de Sobradinho, reconstituição de vazões naturais, além da concessão de outorgas na bacia.

Entre as causas desta redução podem ser citadas a redução do volume precipitado, o aumento da irrigação no trecho com conseqüente aumento do volume de água captado, a construção de pequenas barragens nos afluentes do Rio São Francisco, entre outras. Recomenda-se a realização de estudos com o objetivo de avaliar as possíveis causas desta redução de vazão, contribuindo assim para a melhoria dos futuros estudos hidrológicos na região.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Nota técnica nº 006/2013/SPR: Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia do rio São Francisco e usos consuntivos a montante da UHE Sobradinho. Brasília, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Plano decenal de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Brasília, 2003.

SOUZA, S. A.; ARAUJO, A. A.; TROGER, F. H. Análise de estacionariedade das séries hidrometeorológicas localizadas na bacia do rio São Francisco. In. XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Bento Gonçalves, RS. Bento Gonçalves, 2013.