

Aplicação do índice Streamflow Drought Index para previsão de secas hidrológicas

Caluan Rodrigues Capozzoli^{1}, Marcos Figueiredo Salviano², Camila Dalla Porta Mattiuzzi³ & Ricardo Gabriel Bandeira de Almeida⁴*

Resumo – A previsão de secas hidrológicas é um problema complexo que necessita, primeiramente, a adequada caracterização espacial e temporal do evento e que envolve o entendimento da duração, extensão em área e intensidade, probabilidade de recorrência e localização no tempo. Uma proposta para estimar a ocorrência de secas é o índice Streamflow Drought Index (SDI), que se baseia no acumulado de vazões médias mensais para avaliar a ocorrência de secas em um determinado posto fluviométrico. Neste trabalho o SDI foi aplicado para duas estações fluviométricas da bacia do rio Paraíba do Sul, nas escalas de acumulado 3, 6, 9 e 12 meses, de acordo com o ano hidrológico da área de estudo. Em ambas as estações analisadas é notado que a não observação de seca na escala de 3 meses é acompanhada na escala de tempo de 6, 9 e 12 meses, o comportamento do índice nas escalas de 6 e 9 é muito semelhante é muito semelhante ao comportamento ao final dos 12 meses do ano hidrológico e indicam a possibilidade de antecipar o comportamento do ano hidrológico baseando-se no resultado do índice para os primeiros 3 e 6 meses do ano hidrológico.

Palavras-Chave – índice de secas, vazão.

Streamflow Drought Index Application for prediction of hydrological droughts

Abstract – The prediction of hydrological droughts is a complex problem that requires, firstly, a spatial and temporal event characterization and involves the understanding of duration, extension in area and severity (intensity), probability of recurrence and location in time. An proposal to estimate the droughts occurrence is the Streamflow Drought Index (SDI) (SDI), which is based on accumulated of average monthly flows to assess the occurrence of droughts in a given fluviometric station. This work SDI was performed to two fluviometric stations in the Paraíba do Sul river basin, in the accumulated scales 3, 6, 9 and 12 months, according hydrological year of the study area. In both stations analyzed when drought is not observed for a 3-month scale, the same behavior occurs in the other scales; the behavior of the index on the scales of 6 and 9 is very similar to hydrological year behavior These results indicate the possibility of anticipating the behavior of the hydrological year based on the result of the index for the first 3 and 6 months of the hydrological year.

Keywords – Drought index, streamflow.

¹ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, caluan.capozzoli@cprm.gov.br.

² Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, marcos.salviano@cprm.gov.br.

³ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, camila.mattiuzzi@cprm.gov.br

⁴ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Ricardo.almeida@cprm.gov.br

* Autor Correspondente: caluan.capozzoli@cprm.gov.br

INTRODUÇÃO

A previsão de secas hidrológicas é um problema complexo que necessita, primeiramente, a adequada caracterização espacial e temporal do evento e que envolve o entendimento da duração, extensão em área e severidade (intensidade), probabilidade de recorrência e localização no tempo (início ou fim) (Yevjevich, 1967). A definição do déficit não é simples, uma vez que um desvio negativo em relação à média pode ser considerado um déficit, mas não necessariamente um evento de seca hidrológica. Para fins prognósticos, uma alternativa é avaliar a probabilidade de ocorrência relacionadas a eventos de diferentes intensidades (Salas *et al.* 2005), porém tal alternativa é dependente da existência de séries hidrológicas longas e pode apresentar metodologia complexa para operacionalização.

Uma proposta alternativa para estimar a ocorrência de secas é o índice *Streamflow Drought Index* (SDI) descrito por Nalbantis e Tsakiris (2009), onde os autores utilizam um índice de vazões semelhante ao *Standard Precipitation Index* (SPI), desenvolvido para o monitoramento pluviométrico de secas, e que permite ao analista avaliar, na escala espacial e temporal de interesse, a singularidade de um evento de seca (Mckee *et al.*, 1993). De acordo com os autores (Nalbantis e Tsakiris, 2009) o comportamento da vazão futura depende essencialmente das condições de vazão presente e esta permitiu o desenvolvimento de uma metodologia para previsão de secas em uma pequena bacia grega (<400 km²) onde o comportamento sazonal é bem marcado, com precipitação concentrada no inverno austral.

O objetivo deste trabalho é testar se o SDI pode ser utilizado como referência para caracterização e previsão de secas por ano hidrológico em duas bacias de características climáticas e fisiográficas distintas daquelas em que foi desenvolvido.

ÁREA DE ESTUDO

Foram selecionadas para o estudo as séries de vazão média mensal de duas estações fluviométricas de Itaperuna (Código ANA: 58940000) e Campos – Ponte Municipal (Código ANA: 58974000). A escolha destas estações se justifica pelo baixo percentual de dados falhos em ambas e pela importância dos pontos de monitoramento no contexto de gestão de recursos hídricos da bacia.

A estação Campos – Ponte Municipal, no município de Campos dos Goytacazes, é a última estação fluviométrica do rio Paraíba do Sul antes de desaguar no oceano Atlântico.

A estação Itaperuna monitora o rio Muriaé, importante afluente do rio Paraíba do Sul que nasce no estado de Minas Gerais e desagua no rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. A estação Itaperuna está próxima da divisa com o estado de Minas Gerais, sendo a estação que nesta região o rio Muriaé é importante para o abastecimento de municípios próximos, tanto no estado do Rio de Janeiro quanto em Minas Gerais.

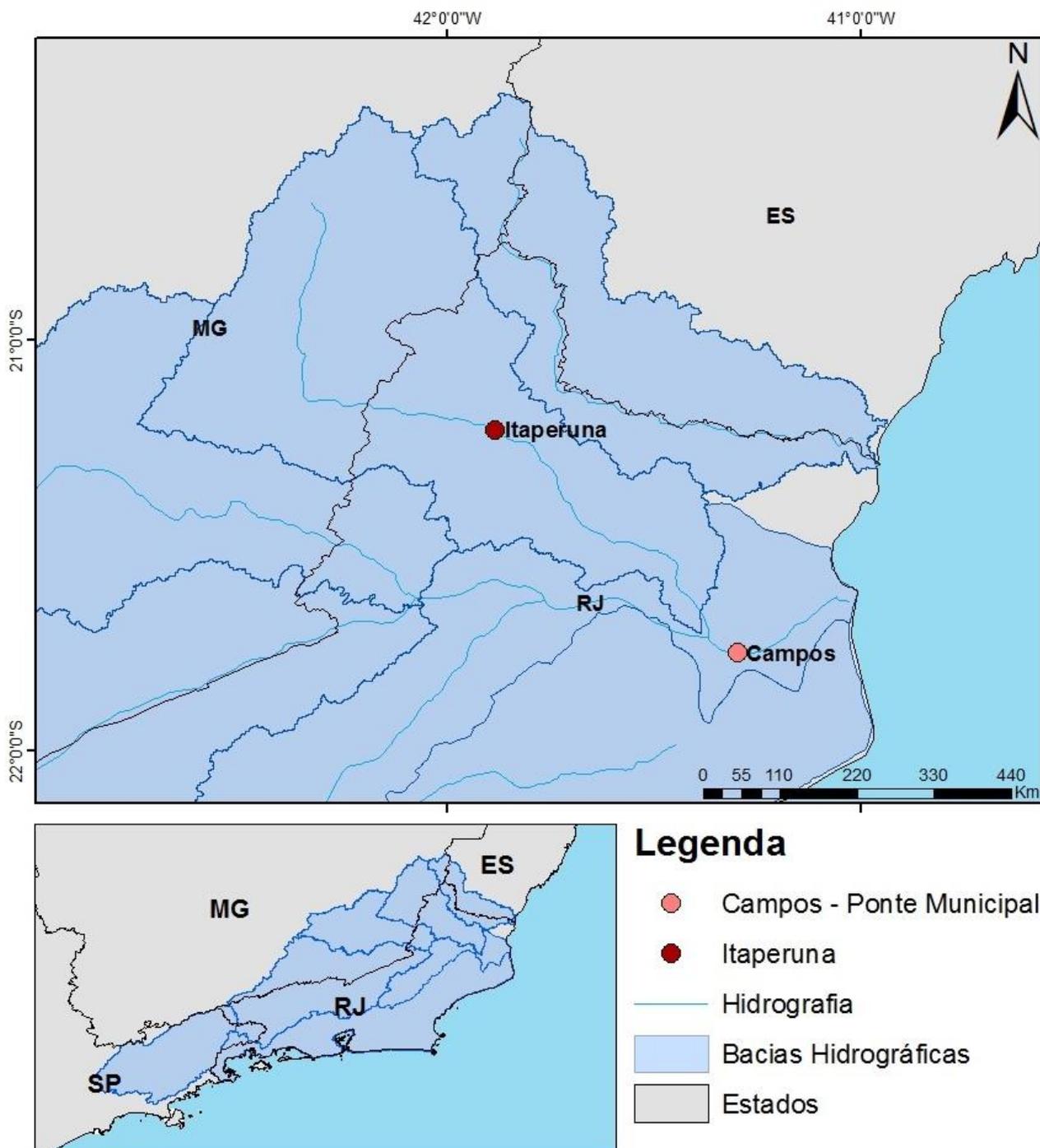


Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e do rio Itabapoana e localização das estações Campos – Ponte Municipal (Código ANA: 58940000) e Itaperuna (Código ANA: 58974000).

DADOS E METODOLOGIA

Neste trabalho foi aplicado o índice *Streamflow Drought Index* (SDI) para duas estações de monitoramento fluviométrico da bacia do rio Paraíba do Sul, de acordo com o procedimento proposto por Nalbantis e Tsakiris (2009).

O cálculo do índice apresentado pelos autores é realizado a partir da soma das vazões médias mensais $Q_{i,j}$ do ano hidrológico i , no mês j . Onde a vazão acumulada utilizada no cálculo do SDI é obtida da seguinte forma:

$$A_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j} \quad (1)$$

Sendo n o número de anos hidrológicos utilizados, $A_{i,k}$ refere-se à vazão acumulada no i -ésimo ano hidrológico ($i= 1 \dots n$) no período de tempo k ($k=1 \dots 4$) onde $j=1$ refere-se ao primeiro mês do ano hidrológico (para a região de estudo, outubro) e $j=12$ o décimo segundo mês do ano hidrológico (setembro). De acordo com a equação 1, quando $k=1$ temos o acumulado de outubro até dezembro e quando $k=4$ temos o acumulado do ano hidrológico (outubro até setembro).

O SDI é então calculado da seguinte forma:

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{s_k} \quad (2)$$

Onde \bar{V}_k é a vazão acumulada média do período k , e s_k o desvio padrão da vazão acumulada média para o período k . Uma consideração importante sobre a aplicação do referido método é que as séries hidrológicas não apresentem falhas no período utilizado para o estudo.

Os valores de SDI para período de acumulado são classificados de maneira análoga ao Índice de Precipitação Padronizada (Mckee *et al.*, 1993) da seguinte forma:

Tabela 1 – Categorias de seca utilizadas para o *Streamflow Drought Index* (SDI) (Nalbantis e Tsakiris, 2009)

SDI	Categoria
$SDI \geq 0,0$	Não há seca
$-1,00 \leq SDI < 0,0$	Seca leve
$-1,50 \leq SDI < -1,0$	Seca moderada
$-2,00 \leq SDI < -1,5$	Seca severa
$SDI < -2,00$	Seca extrema

RESULTADOS

As figuras de 2 a 5 mostram a série temporal do SDI acumulado nas escalas de 3 meses (outubro a dezembro), 6 meses (outubro a março) e de 12 meses (correspondente ao ano hidrológico da bacia, outubro a setembro). O comportamento do índice para o acumulado na escala de 9 meses é muito semelhante ao acumulado de 6 meses e por este motivo não são apresentados na discussão.

Para a estação Campos – Ponte Municipal, o SDI de outubro a dezembro tem comportamento de período longo semelhante ao índice para o período de outubro a março (Figura 2). Na escala interanual não é notado um padrão entre a ocorrência de eventos de seca na escala de 3 meses com a escala de 6 meses, porém, dos 80 anos analisados, somente nos anos de 1953, 1970, 1989 e 2001

observa-se seca leve na escala de 6 meses quando a escala de 3 meses não registrou seca, nos demais anos, a não observação de seca na escala de 3 meses é acompanhada na escala de 6 meses.

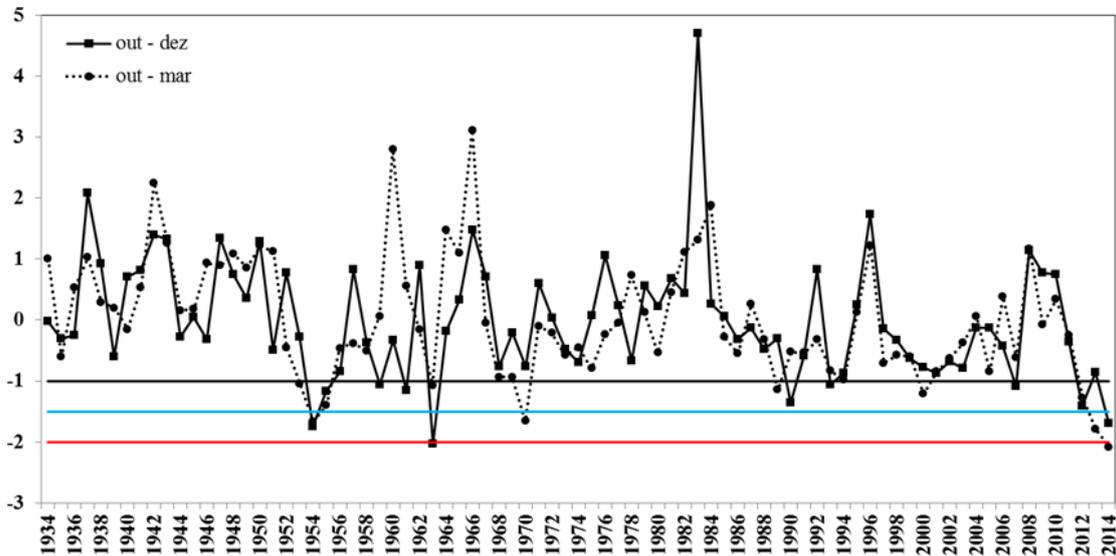


Figura 2 – Índice de secas Streamflow Drought Index (SDI) para os acumulados de vazão anual de outubro a dezembro (linha sólida) e outubro a março (linha tracejada), para a estação Campos – Ponte Municipal (58974000). As linhas preta, azul e vermelha indicam os limiares das categorias de seca leve, moderada, severa e extrema, respectivamente.

Na comparação entre as escalas de 6 meses e de 12 meses (Figura 3), o comportamento do índice é bastante semelhante, com ambos os índices indicando eventos na mesma classe durante todo o período de observação.

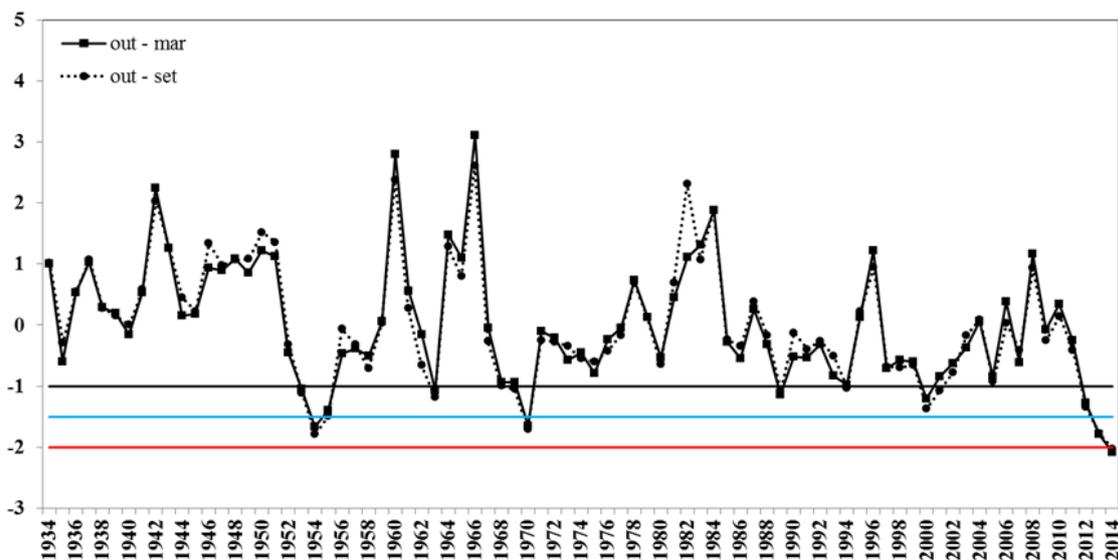


Figura 3 – Índice de secas Streamflow Drought Index (SDI) para os acumulados de vazão anual de outubro a março (linha sólida) e outubro a setembro (linha tracejada), para a estação Campos – Ponte Municipal (58974000). As linhas preta, azul e vermelha indicam os limiares das categorias de seca leve, moderada, severa e extrema, respectivamente.

Os índices de escala de 3 e 6 meses da estação Itaperuna (Figura 4) têm comportamento semelhante ao da estação anterior. De todo o período analisado, somente nos anos de 1980 e 1998 a não observação de seca na escala de 3 meses não foi acompanhada na escala de 6 meses.

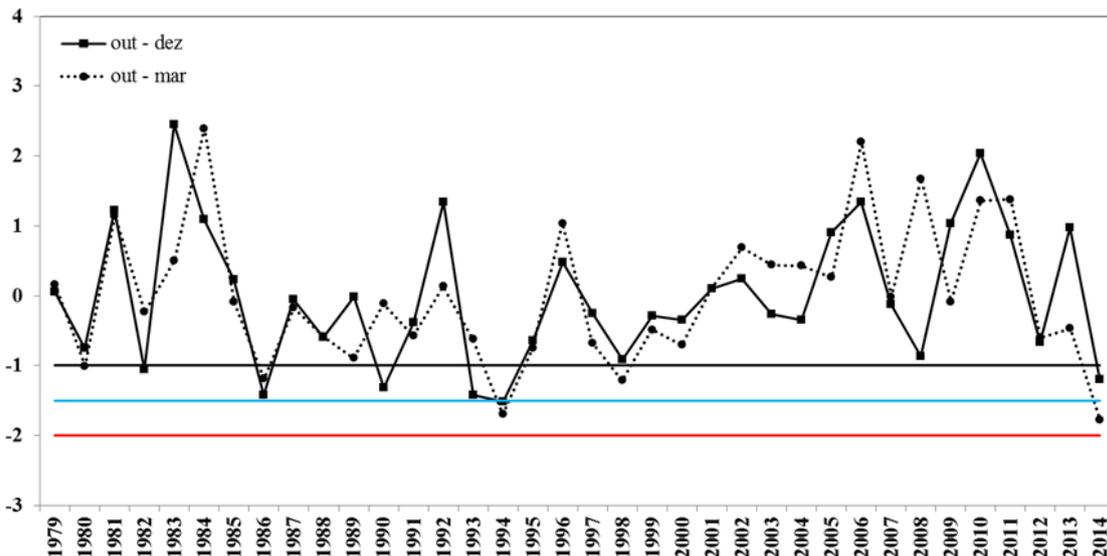


Figura 4 – Índice de secas Streamflow Drought Index (SDI) para os acumulados de vazão anual de outubro a dezembro (linha sólida) e outubro a março (linha tracejada), para a estação Itaperuna (58940000). As linhas vermelha, azul e preta indicam os limiares das categorias de seca leve, moderada, severa e extrema, respectivamente.

Como pode ser observado na Figura 5 a comparação entre as escalas de 6 e 12 meses indicam ocorrência de eventos na mesma classe durante todo o período da série, da mesma forma que na estação de Campos.

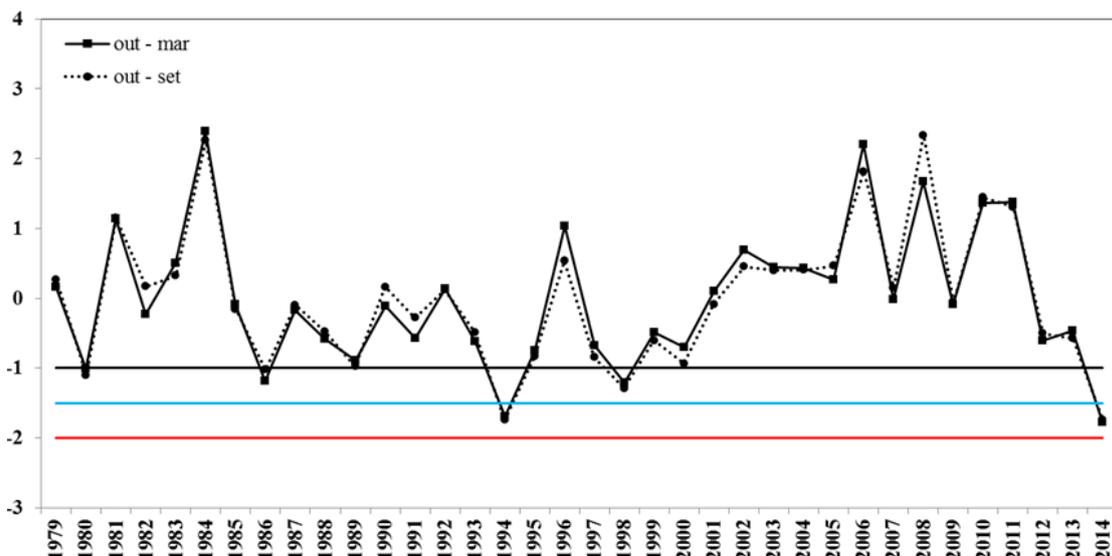


Figura 5 – Índice de secas Streamflow Drought Index (SDI) para os acumulados de vazão anual de outubro a março (linha sólida) e outubro a setembro (linha tracejada), para a estação Itaperuna (58940000). As linhas preta, azul e vermelha indicam os limiares das categorias de seca leve, moderada, severa e extrema, respectivamente.

CONCLUSÕES

Neste trabalho o índice SDI foi aplicado para duas estações fluviométricas da bacia do rio Paraíba do Sul, nas escalas de 3, 6, 9 e 12 meses, de acordo com o ano hidrológico da área de estudo. Em ambas as estações analisadas é notado que a não observação de seca na escala de 3 meses é acompanhada na escala de tempo de 6, 9 e 12 meses e que o comportamento do índice na escala de 6 meses é muito semelhante ao comportamento ao final dos 12 meses do ano hidrológico.

Os resultados indicam a possibilidade de antecipar o comportamento do ano hidrológico para os pontos analisados utilizando informações dos 3 e 6 primeiros meses do ano hidrológico.

Em ambas as estações o comportamento do índice na escala de 9 meses foi muito semelhante à escala de 6 meses.

A marcante sazonalidade dos pontos analisados favorece o desempenho do método, uma vez que o período chuvoso da bacia é concentrado nos três primeiros meses do ano hidrológico, sendo interessante a aplicação da metodologia em regiões onde o ciclo sazonal não seja tão evidente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CPRM – Serviço Geológico do Brasil e a Agência Nacional de Águas pelo suporte oferecido para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

YEVJEVICH, V. M.(1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. *Hydrology papers (Colorado State University)*; no. 23

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J.(1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Boston, MA: American Meteorological Society, p. 179-183.

NALBANTIS, I.; TSAKIRIS, G.(2009). Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, v. 23, n. 5, p. 881-897

SALAS, J. D.; FU, C.; CANCELLIERE, A.; DUSTIN, D.; BODE, D.; PINEDA, A.; VINCENT, E. et al.(2005). Characterizing the severity and risk of drought in the Poudre River, Colorado. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 131, n. 5, p. 383-393.