



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E ALTERAÇÕES NO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO: UMA APLICAÇÃO DO ÍNDICE RAI (RAINFALL ANOMALY INDEX)

Edvânia Pereira dos Santos¹; Magaly de Fátima Correia²; Maria Regina da Silva Aragão³;
Fabrício Daniel dos Santos Silva⁴

RESUMO

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade da precipitação em anos significativos sob o ponto de vista hidrológico/meteorológico em duas regiões da BHSF (Bacia Hidrográfica do São Francisco): a primeira engloba o Alto e parte do Médio da bacia e abrange o estado de Minas Gerais; a segunda compreende parte do Médio e o Submédio São Francisco e está incluída predominantemente nos estados de Pernambuco e Bahia. O índice RAI (Rainfall Anomaly Index) foi utilizado, na escala mensal, para avaliar a durabilidade e intensidade dos eventos extremos de cheias e secas. A relação entre o fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) e as anomalias extremas de chuva foi avaliada. O método mostrou-se eficiente no monitoramento de episódios hidrológicos significativos em condições atmosféricas extremamente úmidas e de estiagens prolongadas. Os resultados indicam que não existe uma relação direta entre a intensidade do ENOS e a ocorrência de cheias severas.

Palavras chave: índice RAI; eventos hidrológicos extremos; ENOS.

EXTREME RAINFALL EVENTS AND HYDROLOGICAL CHANGES ON THE SÃO FRANCISCO RIVER BASIN: AN APPLICATION OF RAI (RAINFALL ANOMALY INDEX)

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the variability of the precipitation in significant years under meteorological / hydrological points of view in two regions of the BHSF (hydrographic basin of the San Francisco): the first consists of the High and the Middle part of the basin and enclose the state of Minas Gerais; the second includes a part of the Middle and Submiddle San Francisco basin, predominantly located in the states of Pernambuco and Bahia. The Rainfall Anomaly Index was used, on a monthly scale, to evaluate the durability and intensity of extreme events such as flood and droughts. The relation between the phenomenon ENSO (El Niño Southern Oscillation) and extreme rain anomalies was evaluated. The method revealed efficient in the monitoring of significant hydrological episodes under humid atmospheric conditions and of droughts extremely prolonged. The results indicate that a direct relation between the intensity of ENSO and the occurrence of severe floods does not exist.

Keywords: Index RAI; extreme hydrological events; ENOS.

Trabalho recebido em 18/01/2011 e aceito para publicação em 13/06/2011

¹Meteorologista, Aluna do Mestrado no Programa de pós-graduação em Meteorologia. Departamento de Ciências Atmosféricas da Univ. Federal de Campina Grande. e-mail: edvaniadossantos@gmail.com

²Meteorologista, Profa. Adjunta, Departamento de Ciências Atmosféricas da Univ. Federal de Campina Grande – PB. e-mail: magaly@dca.ufcg.edu.br

³Meteorologista, Profa. Adjunta, Departamento de Ciências Atmosféricas da Univ. Federal de Campina Grande – PB. e-mail: regina@dca.ufcg.edu.br

⁴Meteorologista, Aluno do Doutorado no Programa de pós-graduação em Meteorologia. Coordenação de Desenvolvimento e Pesquisa - CDP – INMET. e-mail: fabriciodaniel4@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A previsão e o monitoramento de eventos meteorológicos extremos são de grande relevância para projetos de abastecimento de água, geração de energia elétrica e atividades agrícolas. A partir do monitoramento de períodos secos e úmidos é possível obter informações no tempo e espaço de características como, intensidade, duração e severidade de sistemas atmosféricos, permitindo que medidas preventivas sejam tomadas em curto prazo, para minimizar impactos causados por fenômenos severos como secas e enchentes.

A variabilidade climática tem sido, e continua sendo a principal fonte de oscilações na produção de alimentos em regiões áridas, semiáridas e temperadas. Juntamente com fatores sociais e econômicos esse fenômeno contribui com o aumento da vulnerabilidade ambiental. É, portanto, imperativo que estes aspectos sejam bem compreendidos, permitindo assim a elaboração e formulação de políticas ambientais sustentáveis. Entretanto, a falta de dados meteorológicos

com qualidade e resolução suficientes para monitorar episódios extremos de chuva continua sendo um dos maiores desafios no gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Na região semi-árida o crescimento de atividades antrópicas está associado com mudanças no regime de chuvas o que torna essencial o conhecimento de padrões atmosféricos a nível local. Diversos trabalhos sobre climatologia destacam a importância das análises a nível regional e local cujos efeitos na variabilidade climática continuam pouco explorados.

O volume de água transportado pelo Rio São Francisco tem uma grande importância, em relação à economia, história e desenvolvimento das populações ribeirinhas. Ao longo do seu curso, o volume transportado tem um grande potencial hídrico, gerando energia elétrica e também na sua utilização em projetos de irrigação. (DA SILVA & BRITO, 2008).

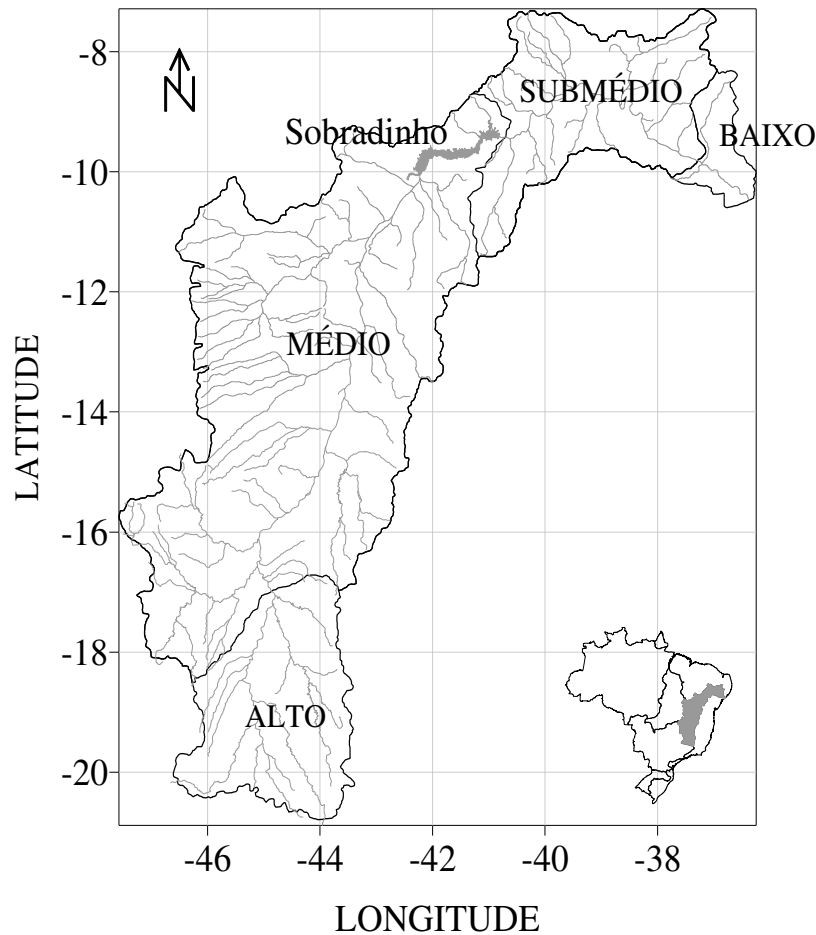


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e localização das sub-bacias: Alto, Médio e Submédio, Baixo São Francisco.

Neste trabalho duas questões fundamentais são abordadas: a variabilidade do regime de chuvas na bacia hidrográfica do São Francisco e o grau de relação entre eventos hidrológicos extremos (cheias e secas) e a distribuição espacial das anomalias de chuvas no Alto, parte do Médio e Submédio da bacia em condições atmosféricas sob a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). O índice RAI (Rainfall Anomaly Index) foi utilizado para avaliar a intensidade e duração de períodos secos e úmidos.

Enfoque especial é dado a eventos de cheias no rio do São Francisco.

O comportamento climático da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (BHSF) é bastante variável devido a sua extensão e localização geográfica, apresentada na Figura 1, sendo seu regime pluviométrico influenciado por vários sistemas atmosféricos de grande escala, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), sendo os meses de atuação de novembro a fevereiro; Sistemas Frontais (SF), sendo um importante

sistema produtor de precipitação, atuando basicamente na região sul do NEB. Sua atuação ocorre nos meses de novembro a fevereiro e tem o seu máximo de precipitação em novembro e janeiro; a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é considerada como o principal sistema produtor de chuva no norte do NEB, atuando de fevereiro a maio; e Distúrbios de Leste (DL), que atuam desde o norte do Rio Grande do Norte até a Bahia, no período de maio a agosto (ARAÚJO, 2006).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados

Neste trabalho foram usados dados de precipitação, utilizando totais mensais, provenientes de duas fontes: do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Dados consistidos de 15 estações distribuídas no Alto e parte do Médio São Francisco referentes ao período de 1961 a 2008, cedidos pelo INMET, foram usados na análise da distribuição espacial de anomalias da chuva no Alto e em parte do Médio São Francisco. O preenchimento de falhas foi feito através da técnica de Jackknife descrita em Conde *et al.* (2007).

Nos dados pluviométricos disponibilizados pela ANA foram

detectadas várias séries com um número excessivo de falhas (ausência de dados) e foram excluídas da análise. Este conjunto de dados é constituído por 100 postos com séries de 15 anos de registros entre 1972 e 1986. Apesar de bastante curtas estas séries permitem formular hipóteses sobre tendências de aumento ou redução das chuvas em condições atmosféricas extremas.

A localização dos postos pluviométricos usados neste trabalho pode ser vista na Figura 2.

2.2 Metodologia

Rainfall Anomaly Index – (RAI)

A aplicação de técnicas simples de estatística com base no cálculo de anomalias de precipitação permite analisar o grau de variabilidade da chuva na região de estudo. A avaliação da intensidade e duração dos períodos secos e úmidos foi feita com base no Índice de Anomalia de Precipitação RAI (Rainfall Anomaly Index), desenvolvido por ROOY (1965). O RAI tem sido usado por muitos pesquisadores (KEYANTASH & DRACUP, 2002, HÄNSEL & MATSCHULLAT, 2006) em estudos de secas. Os valores do índice RAI foram obtidos a partir das seguintes equações:

$$RAI = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias}$$

positivas ($N > \bar{N}$)

(1)

$$RAI = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias}$$

negativas ($N < \bar{N}$)

(2);

Sendo:

N = precipitação total medida (anual, mensal, semanal, diária);

\bar{N} = precipitação total média da série histórica (anual, mensal, semanal, diária);

\bar{M} = média das **dez maiores** totais precipitações da série histórica;

\bar{X} = média das **dez menores** totais precipitações da série histórica.

Para aplicação do método, é recomendável a utilização de séries históricas com pelo menos 30 anos de dados. Neste estudo especificamente foi extremamente importante adaptar as

equações do RAI para aplicação do método no conjunto de dados disponibilizados pela ANA (período entre 1972 e 1986). Sob o ponto de vista climatológico estas séries são consideradas bastante curtas, mas, permitem formular hipóteses sobre tendências de aumento ou redução das chuvas em condições atmosféricas extremas. Essa informação é essencial para o estudo em questão.

Os valores do índice RAI para os dados da ANA foram obtidos a partir das equações (1) e (2) com as seguintes adaptações:

N = precipitação total medida (anual, mensal, semanal, diária);

\bar{N} = precipitação total média da série histórica (**15 anos**) (anual, mensal, semanal, diária);

\bar{M} = média das **cinco maiores** totais precipitações do período analisado;

\bar{X} = média das **cinco menores** totais precipitações do período analisado.

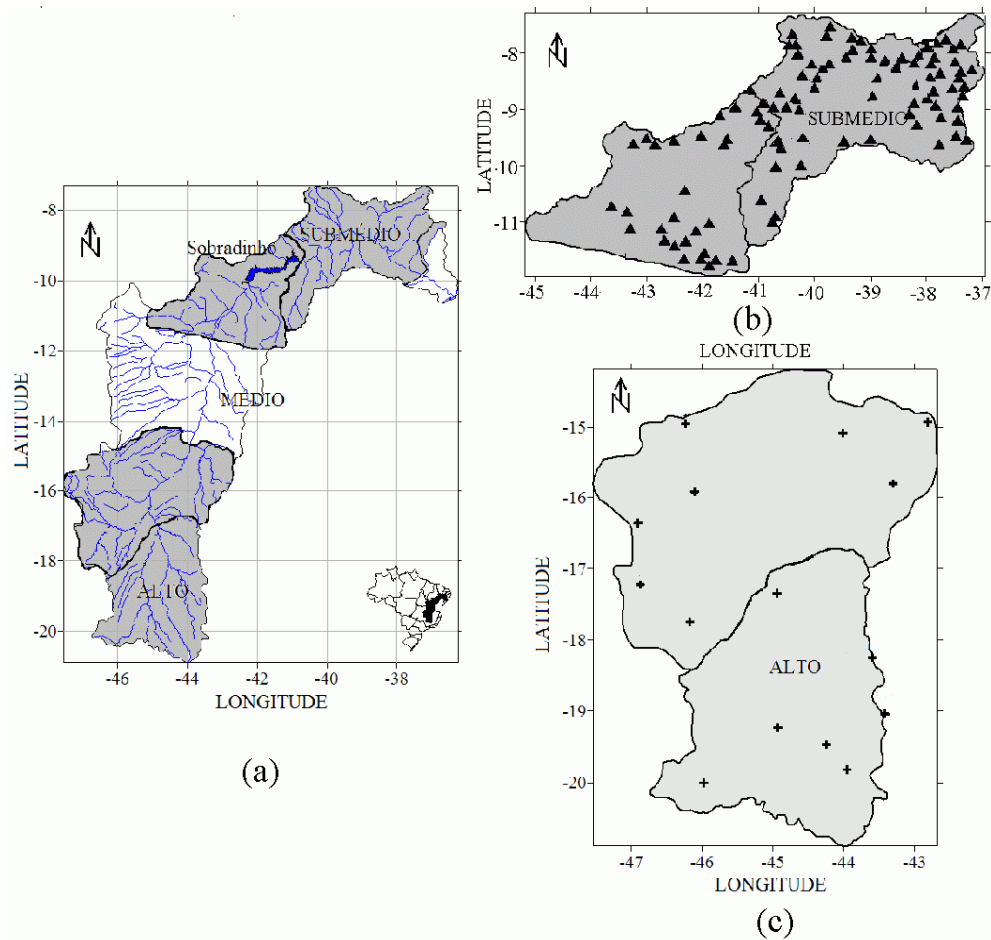


Figura 2 – Localização das estações pluviométricas utilizadas neste trabalho. (a) Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com destaque em cinza das áreas estudadas; (b) Os triângulos indicam as estações pluviométricas situadas no Submédio e parte do Médio São Francisco, com dados no período de 1972 a 1986; (c) As estrelas são as estações pluviométricas localizadas no Alto e parte do Médio São Francisco com dados entre 1961 e 2008.

Na avaliação da eficiência do RAI em cálculos da intensidade e durabilidade de eventos hidrológicos extremos (cheia e seca) foi dado enfoque especial aos anos de 1979 e 1985. Os anos de 1983 e 1985 foram selecionados para quantificar a relação entre a configuração espacial de anomalias de chuva, influência do fenômeno ENOS (El Niño e La Niña) e os

efeitos sobre os recursos hidrológicos da bacia hidrográfica.

Os eventos hidrológicos extremos ocorridos nos anos escolhidos foram de grande importância, devido intensidade, durabilidade e área afetada pelos eventos, trazendo bastantes prejuízos econômicos e sociais para as populações ribeirinhas, principalmente nas regiões semi-áridas.

Os eventos de El Niño e La Niña analisados neste estudo foram considerados como fortes moderados ou fracos conforme a classificação de

intensidade feita pelo CPTEC mostrada no quadro 1.

Quadro 1 – Intensidade dos eventos de El Niño e La Niña.

Fonte dos dados: www.cptec.inpe.br/enos.

| EL NIÑO | | LA NIÑA | |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 1957 – 1959 | Forte | 1954 – 1956 | Forte |
| 1963 | Fraco | 1964 - 1965 | Moderada |
| 1965 – 1966 | Moderado | 1970 - 1971 | Moderada |
| 1968 – 1970 | Moderado | 1973 – 1976 | Forte |
| 1972 – 1973 | Forte | 1983 – 1984 | Fraca |
| 1976 – 1977 | Fraco | 1984 – 1985 | Fraca |
| 1977 – 1978 | Fraco | 1988 – 1989 | Forte |
| 1982 – 1983 | Forte | 1995 – 1996 | Fraca |
| 1986 – 1988 | Moderado | 1998-2000 | Moderada |
| 1991 - 1993 | Forte | 2000-2001 | Moderada |
| 1994 – 1995 | Moderado | 2002-2003 | Fraca |
| 1997 – 1998 | Forte | | |
| 2002 – 2003 | Moderado | | |
| 2004 - 2005 | Fraco | | |
| 2006 - 2007 | Fraco | | |

3. RESULTADOS

3.1 - A cheia de 1979

Com o objetivo de avaliar o grau de eficiência do índice de anomalia de precipitação na avaliação da intensidade e durabilidade dos eventos extremos, foram elaborados mapas da distribuição espacial do RAI. Configurações obtidas para os

meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 1979 na região do Alto e em parte do Médio São Francisco são mostradas na Figura 3.

Os mapas foram construídos a partir de dados coletados nos 15 postos pluviométricos distribuídos na região (Figura 2). Áreas com valores negativos do índice RAI foram destacadas com cores mais claras e pontilhadas de forma a

ressaltar as localidades com déficit de precipitação e ocorrência de seca. Áreas com excesso de chuva (acima da média climatológica) são representadas com tons mais escuros de cinza.

Anomalias positivas são observadas em quase toda região nos meses de janeiro e fevereiro. Valores máximos do RAI (> 8) são vistos no centro da região analisada indicando que esta área foi particularmente afetada por chuvas muito intensas.

O ano de 1979 constitui um período bastante curioso sob o ponto de vista climático e hidrológico. Sob a influência de um El Niño de intensidade fraca houve registro de chuvas intensas e de estiagem prolongada em diferentes regiões da bacia. Sob o ponto de vista hidrológico é considerado significativo por corresponder ao período da maior cheia do rio São Francisco registrada no século XX. O fenômeno teve origem no Alto e Médio São Francisco proveniente de chuvas concentradas nos meses de janeiro e fevereiro e os efeitos foram observados em praticamente toda extensão da bacia (SUDENE, 1981).

Efetivamente, três séries de precipitações intensas que ocorreram entre janeiro e fevereiro (entre 6 e 21 de janeiro; entre 25 de janeiro e 8 de fevereiro e entre 14 e 22 de fevereiro) causaram a formação

da cheia de 1979 (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004).

Valores negativos do RAI distribuídos por toda região no mês de março indicam uma forte diminuição das chuvas no Alto da bacia. Chuvas abaixo da média climatológica persistem no mês de abril de 1979 como pode ser visto na Figura 3d.

O ano de 1979 também foi marcado pelo início de uma das secas mais prolongadas (1979 a 1984) que atingiu a região Nordeste. As primeiras chuvas ocorreram com a regularidade esperada, entretanto, de março a meados de abril (aproximadamente 50 dias), as chuvas cessaram completamente (SUDENE, 1981). Esse comportamento irregular da precipitação na região semi-árida explica a variabilidade espacial e temporal do índice RAI em 1979 vista na Figura 4. Os valores mais significativos de anomalias positivas nos meses de janeiro e fevereiro encontram-se no Médio São Francisco.

Os resultados mostram que a distribuição espacial do índice RAI permite também avaliar a extensão das áreas afetadas além da intensidade e duração do fenômeno. Valores do RAI entre -1,5 e -4,5 observados no mês de março praticamente em toda região analisada (Figura 4c) mostram que a estiagem atingiu várias localidades com intensidade

significativa o que justifica os danos econômicos registrados no período decorrentes da ausência de chuvas em um

mês considerado decisivo para atividades agrícolas desenvolvidas na região (SUDENE, 1981).

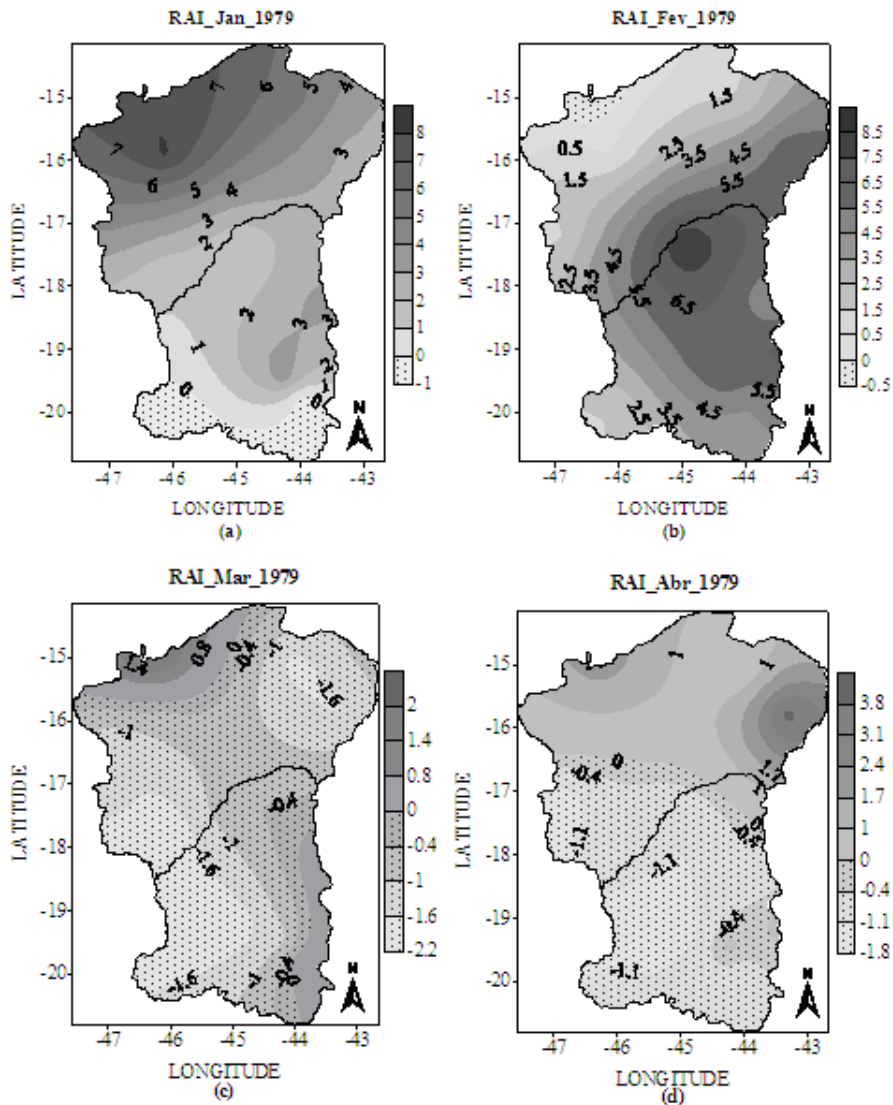


Figura 3 - Distribuição espacial do índice RAI para janeiro, fevereiro, março e abril de 1979 na região do ASF e parte do MSF da BHSF – Minas Gerais.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

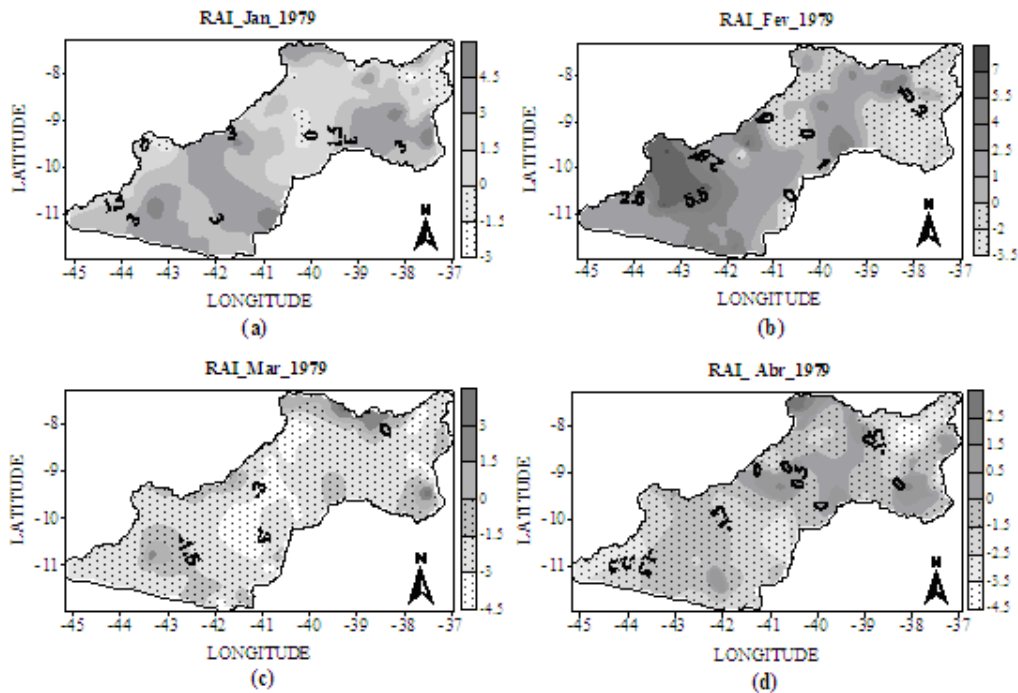


Figura 4 - Distribuição espacial do índice RAI para janeiro, fevereiro, março e abril de 1979 na região semi-árida da BHSF.

Fonte dos dados: Agência Nacional das Águas (ANA).

3.2 A cheia de 1985

O ano de 1985 foi marcado pela atuação do fenômeno La Niña de intensidade fraca. Normalmente sob o impacto deste fenômeno as chuvas registradas no Alto São Francisco são abaixo da média climatológica.

Como pode ser visto na Figura 5 valores negativos observados na configuração espacial do RAI indicam que as chuvas na região do Alto e parte do Médio São Francisco foram abaixo da normal climatológica em várias localidades da região nos meses de fevereiro, março e abril. O efeito é mais evidente na

configuração espacial do RAI observada nos meses de fevereiro e abril.

Comumente a redução nos índices pluviométricos observada em episódios de La Niña diminui a vazão dos afluentes no Alto da bacia e afetam os recursos hídricos em toda extensão do vale. Neste ano particularmente esse impacto sobre as vazões no Médio São Francisco não afetou de forma significativa as afluências no reservatório de Sobradinho. Adicionalmente entre 11 e 17 de abril de 1985 foram registradas cheias nos afluentes localizados entre as hidrelétricas de Sobradinho e Paulo Afonso. Segundo

dados da CHESF, o fenômeno foi causado pela intensificação de sistemas precipitantes que são comumente observados nesse período do ano. O principal sistema de circulação atmosférica gerador de chuvas na região nos meses de

março e abril é a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical).

A distribuição espacial do RAI para os quatro primeiros meses de 1985 mostram anomalias positivas em toda área do Submédio da bacia (Figura 6).

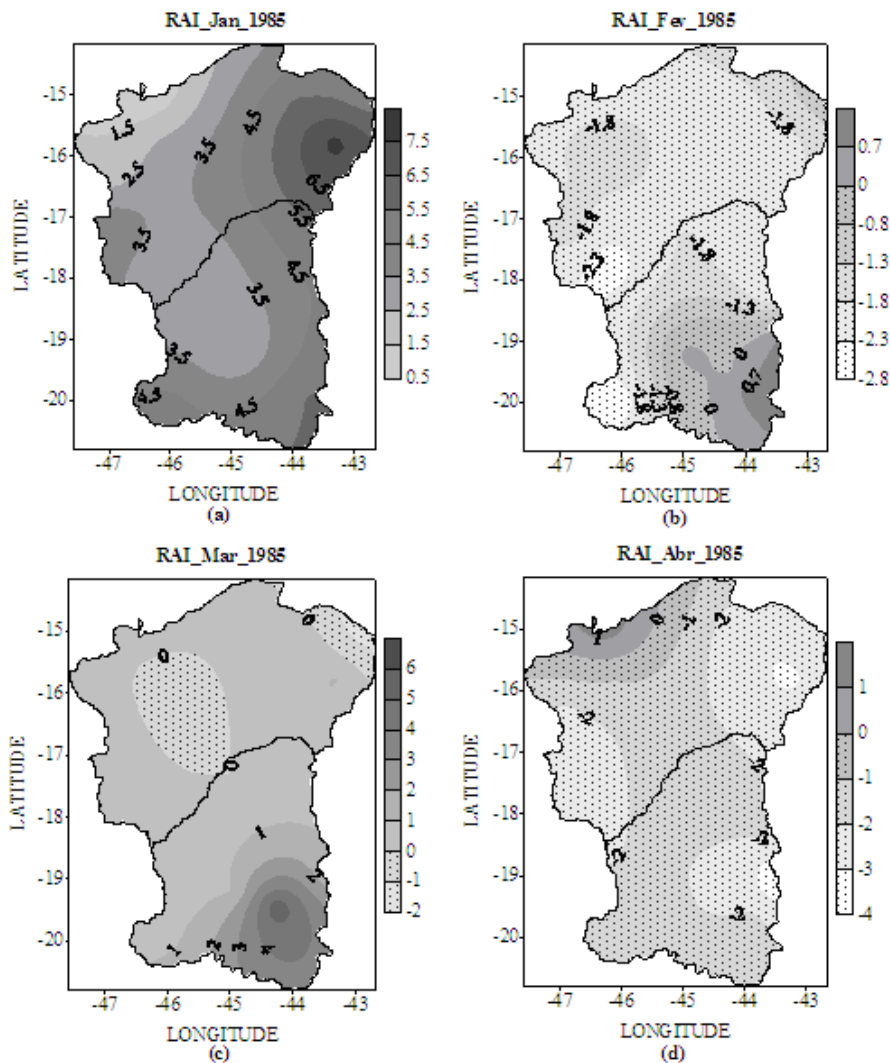


Figura 5 - Distribuição espacial do índice RAI para janeiro, fevereiro, março e abril de 1985 na região do ASF e parte do MSF da BHSF – Minas Gerais.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Valores positivos do índice nos meses de janeiro e abril indicam ocorrência de chuvas intensas e estão coerentes com resultados de estudos anteriores que mostram através de imagens de radar meteorológico a formação e evolução de sistemas convectivos profundos sob a influência de vórtices ciclônicos de altos

de níveis e da zona de convergência intertropical (CORREIA, 1989, ARAÚJO, 1994, SILVA ARAGÃO et al., 2000, CORREIA, 2001). Os núcleos com valores máximos do RAI observados a oeste da longitude de 40° W na Figura 6a indicam ocorrência de chuvas intensas em áreas situadas à jusante de Sobradinho.

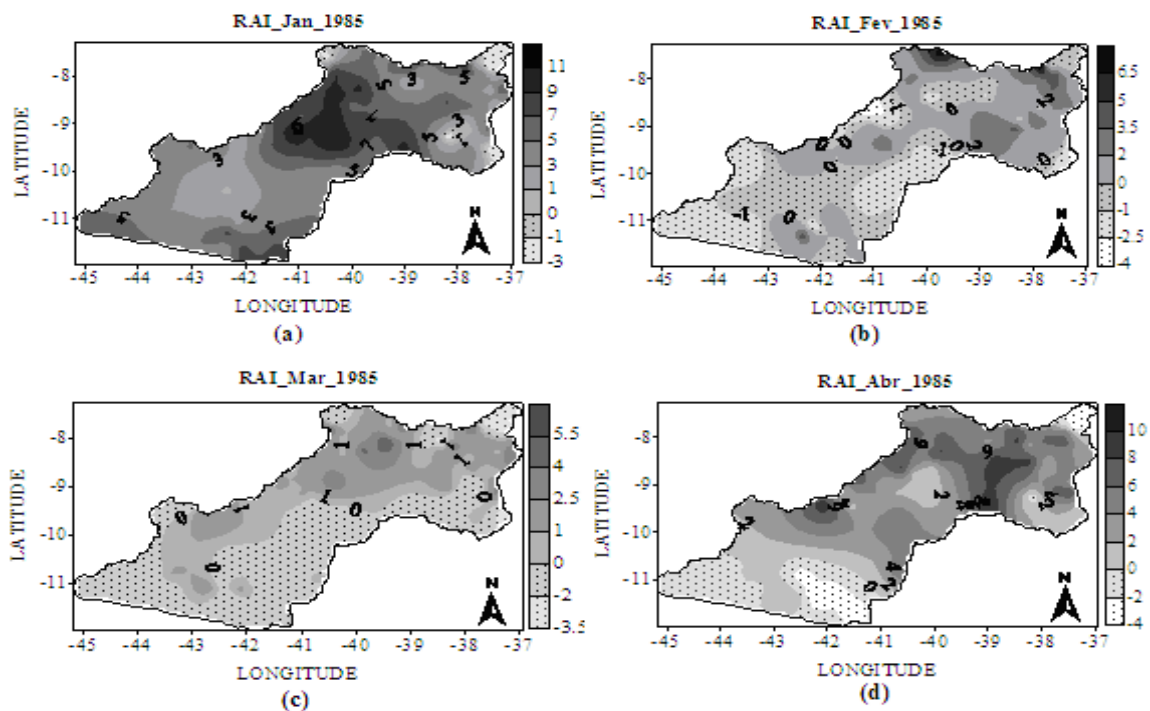


Figura 6 - Distribuição espacial do índice RAI para janeiro, fevereiro, março e abril de 1985 na região semi-árida da BHSF.

Fonte dos dados: Agência Nacional das Águas (ANA).

3.3 O El Niño de 82/83 e a chuva na bacia hidrográfica do São Francisco

Os anos de 1982 e 1983, de acordo com os dados do CPTEC (Quadro 1), foram considerados anos de El Niño forte. Tal acontecimento implica em variações significativas no regime pluviométrico de

diferentes regiões do Brasil. Anomalias positivas ($RAI > 0$) observadas no Alto e parte do Médio São Francisco vistas na Figura 7, são típicas das condições atmosféricas associadas ao fenômeno El Niño. A relação entre anomalias positivas de precipitação e a ocorrência do

fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) nesta área da bacia foi confirmada através de vários estudos observacionais (ROPELEWSIKI & HALPERT (1987), KOUSKY & ROPELEWSIKI, 1989; GRIMM, 1992).

Valores positivos do RAI observados de janeiro a abril mostram que os efeitos decorrentes do El Niño 82/83 sobre os recursos hidrológicos da bacia se

prolongaram por um *período* de tempo *relativamente longo*. É possível observar também que os máximos positivos observados na distribuição espacial do RAI neste período não atingiram os valores extremos ($RAI > 8$) observados em fevereiro de 1979. Esse resultado indica que não existe uma relação direta entre a intensidade do El Niño e a formação de cheias severas.

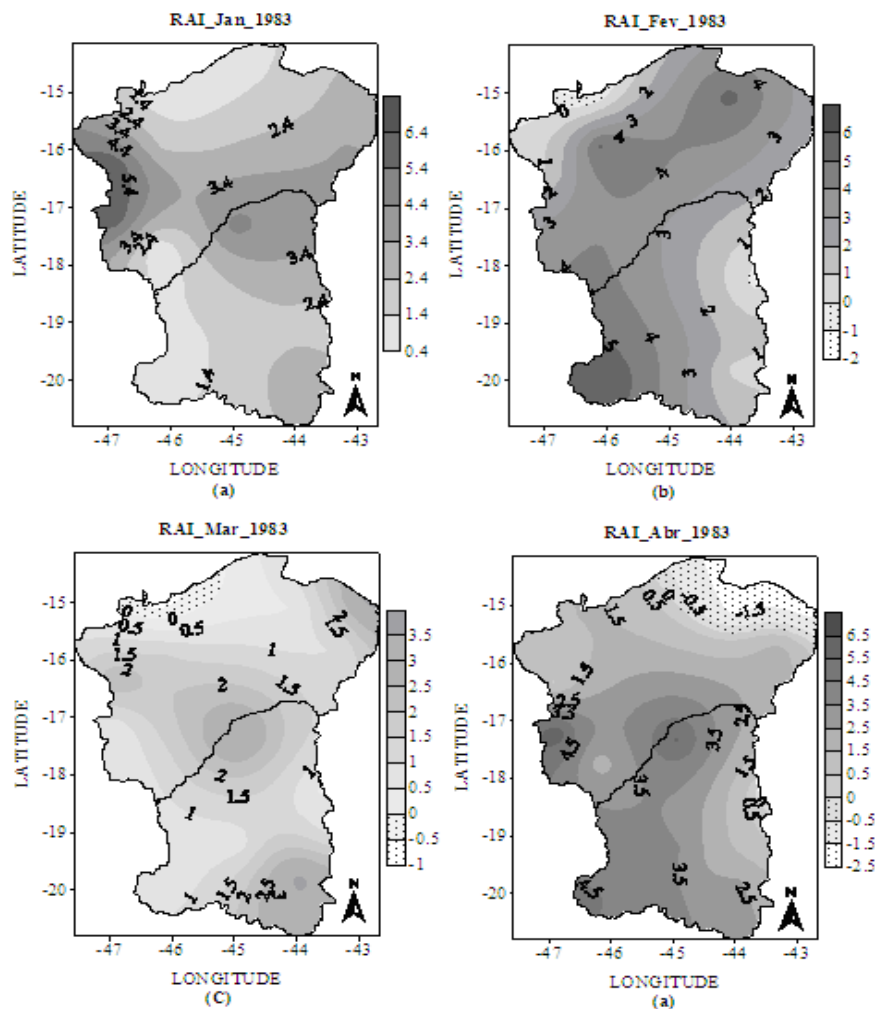


Figura 7 - Distribuição espacial do índice RAI para janeiro, fevereiro, março e abril de 1983 na região do ASF e parte do MSF da BHSF – Minas Gerais.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Ainda no mesmo período, são observados valores negativos na região do Submédio da bacia (Figura 8), evidenciando seca em maior parte da região analisada durante os meses de janeiro a abril. O efeito do El Niño na provocou uma diminuição significativa no regime de chuvas no Nordeste do Brasil, e

foi conhecido como o El Niño mais forte do século XX.

É possível observar nesse ano ainda, a severidade e intensidade das anomalias negativas sobre a região, atingindo praticamente toda extensão da parte do submédio e médio do São Francisco durante os quatro meses analisados.

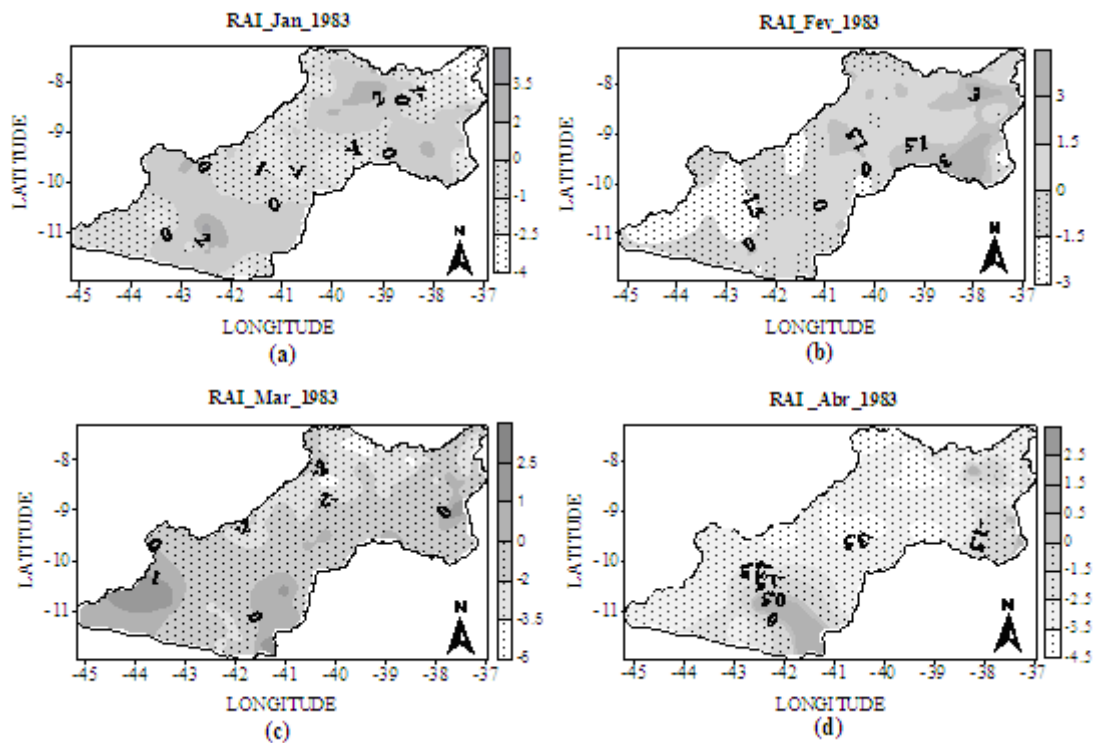


Figura 8 – Distribuição espacial do índice RAI para janeiro, fevereiro, março e abril de 1983 na região semiárida da BHSF.

Fonte dos dados: Agência Nacional das Águas (ANA).

4.CONCLUSÕES

Os resultados da aplicação do RAI em análises de eventos hidrológicos extremos permitiram concluir que o método é eficiente não apenas na determinação da duração e intensidade dos

eventos, mas, principalmente na definição da área atingida pelo fenômeno.

A obtenção do RAI com cálculos simples constitui uma ferramenta de grande utilidade no auxílio do monitoramento e gerenciamento de danos

associados com ocorrência de cheias ou estiagens severas.

Foi possível detectar que o fenômeno ENOS tem influência significativa no padrão de anomalias positivas e negativas de chuva e mudanças do regime hidrológico da bacia. No entanto, os resultados também mostraram que não existe uma relação direta entre a intensidade do El Niño e a ocorrência de cheias severas ou secas severas.

A análise da distribuição espacial do índice RAI mostrou que valores com indicativo de anos secos na região semi-árida da bacia atingem extensões relativamente maiores (maior número de postos) do que no caso dos anos úmidos. Este resultado explica porque o fenômeno das secas é considerado bem mais danoso para a economia da região do que os eventos de cheias, apesar dos prejuízos substanciais causados por inundações.

5. REFERÊNCIAS

- ANA/GEF/PNUMA/OEA. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Sub-projeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Controle de cheias. Estudo Técnico de Apoio nº 10. Brasília: SUM/ANA, 2004. 58p.
- ARAUJO, H. A. **Padrões de ecos de radar meteorológico no semi-árido brasileiro e condições atmosféricas associadas.** 1994. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB (UFPB CMM TD Nº 4).
- ARAÚJO, L. E. **Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba,** 2006. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- Brasil. SUDENE. 1981. **As secas no Nordeste.** Recife: SUDENE-DRN.
- CONDE, F. C. ; SILVA, F.D.S. ; RAMOS, A. M. ; LUCIO, P. S. **RECONSTRUÇÃO DE NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO VIA REAMOSTRAGEM JACKKNIFE . In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracajú.** Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007.
- CORREIA, M. F., **Diagnóstico via radar dos sistemas precipitantes do semi-árido brasileiro: O evento de 1985.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, USP São Paulo, SP, 1989.
- CORREIA, M. F. **Impacto das Ações Antrópicas no Clima do Submédio do Rio São Francisco: Um Estudo Numérico e Observacional.** 2001. Tese de doutorado. IAG-USP. São Paulo.
- CPTEC - **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.** Disponível em: www.cptec.inpe.br/enos. Acesso em: 02 de set. 2009.
- SILVA, D. F. ; BRITO, J. I. B., **Variabilidade do vento na bacia hidrográfica do rio São Francisco**

- durante a ocorrência da ZCAS.** *Ambiência* (UNICENTRO), v. 2, p. 24-47, 2008. Disponível em: <http://www.unicentro.br/EDITORIA/REVISTAS/AMBIENCIA/v4n2/artigo%204.pdf> Acesso em: 15 de dez. 2010.
- GRIMM, A.M. **Influência remota de fontes tropicais anômalas de calor.** Tese de Doutorado. Instituto Astronômico e Geofísico/USP. São Paulo, 216 p. , 1992.
- HÄNSEL, S; MATSCHULLAT, J. (2006): **Drought in a Changing Climate, Saxon Dry Periods.** *Bioclimatology and water in the land.* International scientific conference, 11 – 14 September 2006, Strecno, Slovakia.
- KEYANTASH, J.; DRACUP J. A. (2002): **The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices.** *Bulletin American Meteorological Society*, August 2002, p. 1167-1180.
- KOUSKY, V.E; ROPELEWSKI, C.H. **Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South America region.** *Rev. Brasileira de Met.*, 4, 351-363, 1989.
- ROOY, V.M.P., **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space,** *Notos*, 14, 43, 1965.
- ROPELEWSKI, C.R.; HALPERT, S., **Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation.** *Mon. Weather Rev.*, 115, 1606-1626. 1987
- SILVA ARAGÃO, M. R.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO, H. A. **Characteristics of C-band meteorological radar echoes at Petrolina, Northeast Brazil.** *Int. J. Climatol.* n. 20, p. 279-298. 2000.
- SILVA, B. C. DA; TUCCI, C. E. M. ; COLLISCHONN, W. **Previsão de Vazão de Longo Prazo na Bacia do Rio São Francisco II: Ajuste do Modelo Hidrológico.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos; Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH),* 2006. Disponível em: http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/ClimaRH/download/PrevisaoVazao_SF_2.pdf Acesso em: 04 de Nov. 2010.