

Variabilidade Temporal da Vazão e Precipitação no Alto e Baixo São Francisco

Karine Mirieli dos Santos Costa

Maria Elisa Siqueira Silva

Elaine Rosângela da Silva

Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo

1 - INTRODUÇÃO

O sempre crescente avanço técnico característico da atual sociedade resulta, cada vez mais, interferindo e agredindo o espaço natural em benefício de suas próprias necessidades, no entanto, a ciência vem contribuir com pesquisas que visem o gerenciamento sustentável entre o consumo humano e o meio ambiente.

Pesquisas relacionando precipitação, TSM, balanço hídrico, ENOS (El Niño-Oscilação Sul) e vazão (Segundo et al., 2002; Matsuo et al., 2002; Gouveia, Alvalá e Tomasella, 2002; Gomes Filho, Sousa e Cavalcanti, 2000) estão sendo desenvolvidas para contribuir com o poder público na gestão territorial e de recursos hídricos.

A extensão do território brasileiro reflete num complexo quadro natural que traz particularidades em aspectos geológicos, geomorfológicos, vegetação e apropriação humana.

Atualmente, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) adota uma classificação em 8 bacias hidrográficas: Tocantins, Atlântico Sul, trecho Norte/Nordeste, São Francisco, Atlântico Sul, trecho Leste, Paraguai/Paraná, Uruguai e Atlântico Sul, trecho Sudeste (Cunha e Guerra, 2001).

A bacia do rio São Francisco, cuja nascente está localizada na Serra da Canastra, em Minas Gerais, estende-se desde o próprio estado de Minas até a foz entre os estados de Alagoas e Sergipe, passando por Bahia, Goiás e Pernambuco. Devida a sua extensão ela possui diferentes regimes pluviométricos e fluviométricos, pois atravessa o estado de Minas Gerais e Bahia.

A região da nascente da bacia está inserida no domínio tropical de altitude, que por sua vez está dentro do domínio tropical. Nesta região há uma nítida alternância entre a estação seca e a estação chuvosa (Conti, 2003). Este domínio abrange o sul de Minas Gerais e do Espírito Santo. Esta localização apresenta variedades conforme a atuação dos diversos sistemas atmosféricos e dos fatores geográficos.

Desta forma, as precipitações nas nascentes apresentam isoietas médias anuais entre 1.000 e 1.400 mm, diferentemente do restante da bacia, onde esses valores ficam entre 100 e 600 mm (Cunha e Guerra, 2001).

A bacia também atravessa uma mancha semi-árida, desde os litorais dos Estados de Ceará e Rio Grande do Norte até o médio São Francisco. Trata-se de um enclave de escassa pluviosidade dentro do domínio tropical, onde as médias pluviométricas não ultrapassam 400 mm (Conti, 2003).

Na escala de tempo, o regime de chuvas ao norte do nordeste do Brasil é influenciado pelo posicionamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Ao sul, é influenciado pela incursão de frentes frias em posições mais equatoriais (Kousky e Ferreira, 1981). A atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis é um aspecto importante na determinação das

condições de tempo na região Nordeste, especialmente sobre a Bacia do São Francisco. Na escala climática, a variabilidade das anomalias de TSM no Atlântico e Pacífico, conhecidas como dipolo do Atlântico e El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (Aragão, 1998), afetam a variabilidade da precipitação na região de estudo (Molion e Bernardo, 2000).

Este trabalho tem como objetivo analisar a relação entre a precipitação, TSM e vazão na região do alto e baixo São Francisco.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Como dito anteriormente a presente pesquisa compreende um estudo sobre a precipitação no alto e baixo São Francisco, a vazão no mesmo como também a relação da precipitação com índices climáticos.



Figura 1 – Localização da bacia do rio São Francisco.
Fonte: <http://siscom.ibama.gov.br/msfran/uploads/images/fig1_1.jpg>
Acessado em 01/02/2009.

Para as análises entre a precipitação e vazão foram utilizados dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) para o período de 1979-2007. Foi feita a correlação entre essas duas variáveis a partir das médias mensais, foram elaborados gráficos da distribuição mensal anual e da variabilidade interanual. Os dados de precipitação são dos postos pluviométricos de Divinópolis (MG) e Delmiro Gouvéia (AL) e os dados de vazão do posto fluviométrico de Piranhas (AL).

Código	Estação	Município	UF	Bacia/Sub-bacia	Rio	Lat	Long	Alt (m)
02044006	Divinópolis	Divinópolis	MG	4/40	São João	-20 08 13	-44 53 31	672
00937013	Delmiro Gouvéia	Delmiro Gouvéia	AL	4/49	São Francisco	-09 23 34	-37 59 39	256
49330000	Piranhas	Piranhas	AL	4/49	São Francisco	-9 37 34	-37 45 22	10,85

Organização: Costa, K. M. dos S.

Fonte: <www.ana.gov.br>Acessado em 01/02/09.

Para as análises da precipitação e índices climáticos foram elaborados mapas de correlação. Os dados utilizados foram disponibilizados por Liebman

(2004) e *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA) para o período de 1978-2005, respectivamente.

Para esta correlação considera-se a precipitação em vários pontos na bacia do São Francisco e os seguintes índices climáticos nos oceanos: TSA (Tropical Southern Atlantic Index - Eq-20S e 10E-30W), TNA (Tropical Northern Atlantic Index - de 5.5N a 23.5N e 15W a 57.5W) e Niño 1+2 (Extreme Eastern Tropical Pacific SST – de 0-10S a 90W-80W).

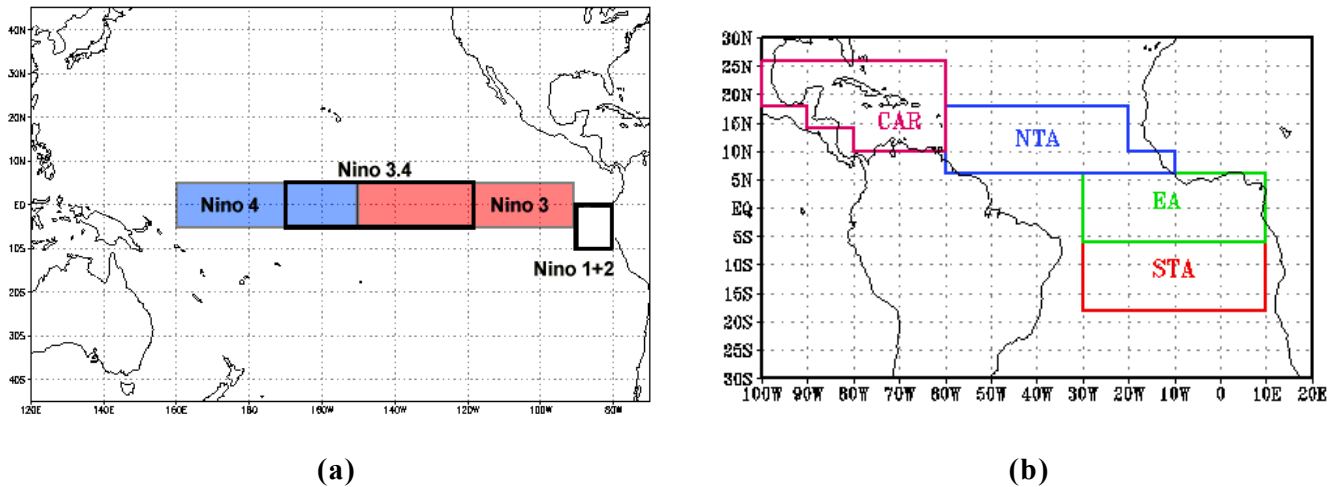


Figura 2 – a) localização da região Niño 1+2(Fonte: <<http://www.srh.noaa.gov/mlb/enso/images/nino-regions.gif>>); b) as regiões nos oceanos delimitadas pelas linhas azuis e vermelha correspondem aos índices TNA e TSA, respectivamente (Fonte: <<http://www.cdc.noaa.gov/forecasts/sstlim/images/mapatl.gif>>) Acessado em 01/02/2009.

A correlação de Pearson determina o grau de relação entre duas variáveis, ou seja, o quão bem uma equação linear descreve ou explica a relação entre ambas. Este coeficiente assume valores entre 1 e -1.

$$-1 \leq r \leq 1$$

Quando $r = 0$ indica que as duas variáveis não estão correlacionadas, ou seja, as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. Se $r = 1$ significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis, porém quando $r = -1$ significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, ou seja, quando uma aumenta a outra diminui. A correlação linear de Pearson é expressa pela seguinte equação:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{S_x S_y},$$

onde r é o coeficiente de correlação de Pearson, X_i e Y_i são os valores medidos de ambas variáveis, \bar{X} e \bar{Y} representam a média das respectivas séries e S_x e S_y o desvio padrão.

No entanto, é preciso primeiramente remover a tendência das séries que serão correlacionadas com o intuito de eliminar extremos que favoreçam uma correlação perfeita positiva ou negativa.

A tendência linear representada por:

$$yt = ax + b$$

onde:

y_t = valor predito da série temporal;

a = coeficiente angular da reta;

b = coeficiente linear da reta;

t = tempo

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise das Figuras 3 e 4 que correspondem à média mensal anual dos dados de precipitação, observa-se uma nítida diferença no regime de chuvas entre as estações, fato que se deve à influência de diferentes condições climáticas devido à localização destas no território.

A estação pluviométrica de Divinópolis localizada ao sul da Minas Gerais apresenta um período chuvoso que vai de outubro a março, o que corresponde aos meses de verão, com um máximo de precipitação no mês de janeiro com, aproximadamente, 280 mm, e um período seco que compreende de maio a agosto, sendo os meses de inverno. Tal situação também foi observada por Segundo et al (2002). Este comportamento observado é característico do domínio tropical úmido, com estação chuvosa e seca bem definida.

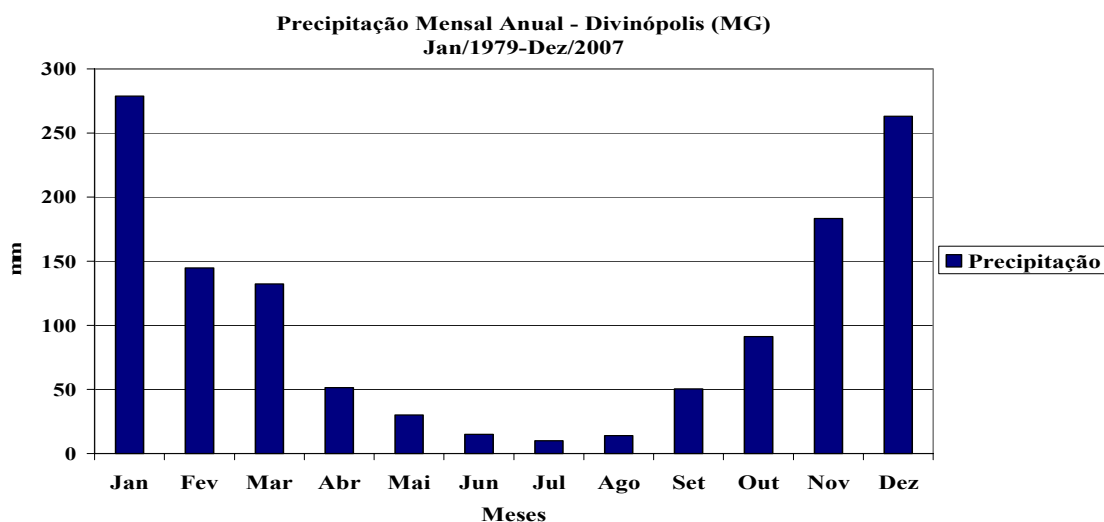


Figura 3 – Distribuição da precipitação mensal anual em Divinópolis (MG).

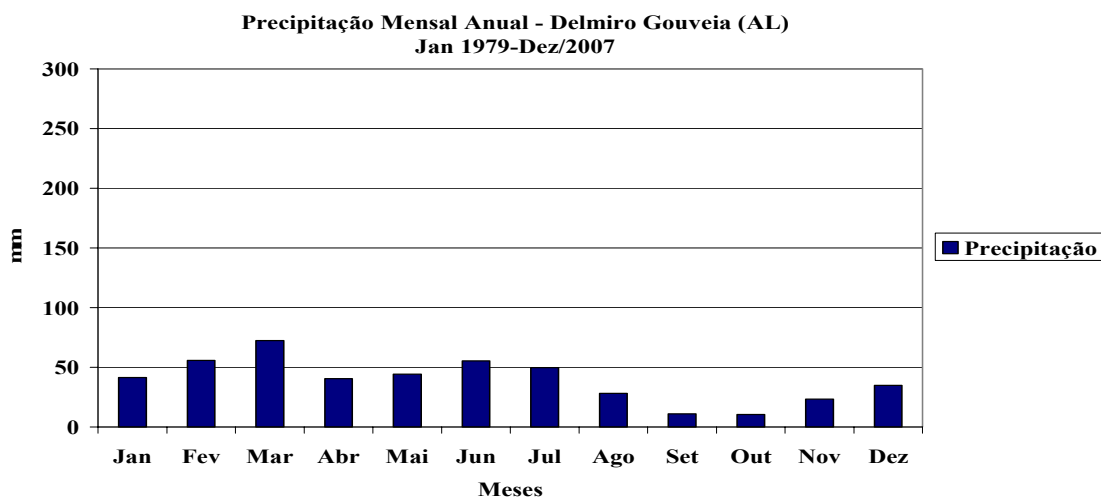


Figura 4 – Distribuição da precipitação mensal anual em Delmiro Gouvéia (AL).

A estação de Delmiro Gouvéia apresenta um regime de chuvas característico do nordeste brasileiro, com estação chuvosa que compreende o período de fevereiro a julho, com máxima de aproximadamente 60 mm em março e estação seca no período de agosto a janeiro, com um mínimo de 5 mm em setembro. Na Figura 4 também se observa que, praticamente toda a série encontra-se abaixo de 50 mm por mês exceto os meses de fevereiro, março e junho.

Na Figura 5 é possível observar um padrão de escoamento semelhante ao observado na estação pluviométrica de Divinópolis (Fig. 3). Nos meses de verão, compreendendo o período de novembro a abril, é registrado aumento da vazão na estação de Piranhas (Fig. 5), com uma vazão máxima de 10.000 m³/s em março e diminuição no período de junho a setembro.

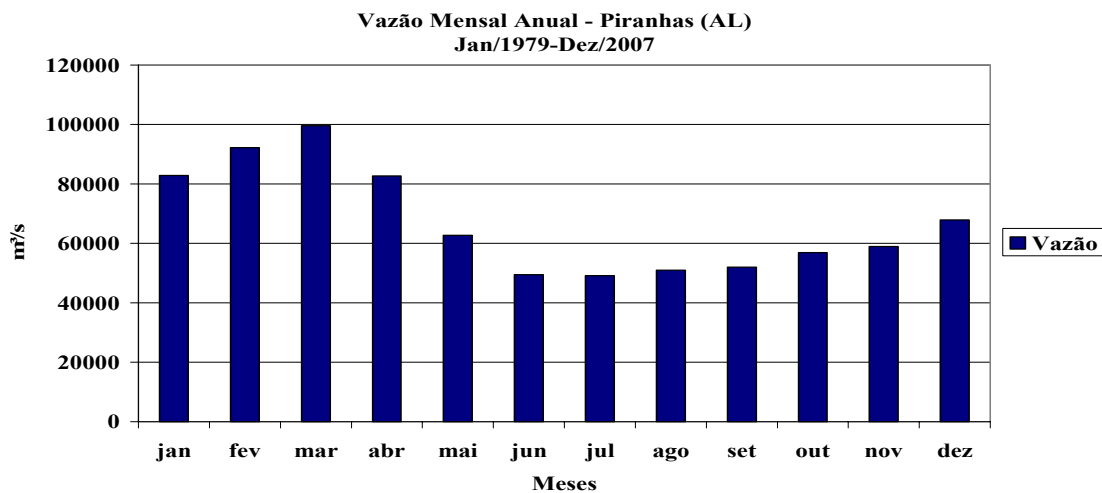


Figura 5 – Distribuição da vazão mensal anual em Piranhas (AL).

Com relação à estação de Delmiro Gouvéia (Fig. 4) o mês de março apresentou a máxima precipitação observada.

Estes resultados sugerem que a precipitação no alto São Francisco, região localizada em planalto, tem grande influência na vazão observada no baixo São Francisco. A contribuição da precipitação no baixo São Francisco é significativamente reduzida, porém, não menos importante.

As Figuras 6 e 7 correspondem à distribuição anual para os postos de Divinópolis e Delmiro Gouvéia e, assim como, as médias mensais apresentam variabilidades e intensidades diferentes.

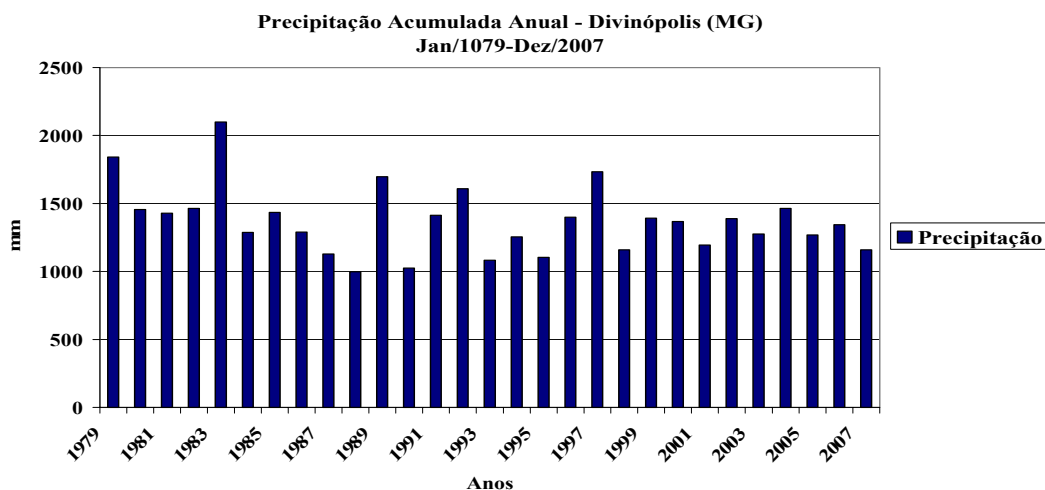


Figura 6 – Distribuição da precipitação acumulada anual em Divinópolis.

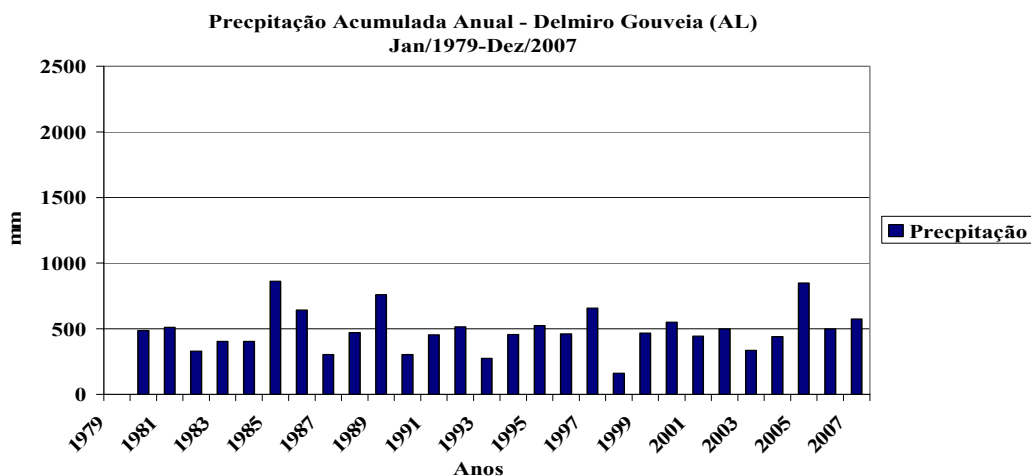


Figura 7 - Distribuição da precipitação acumulada anual em Delmiro Gouvéia.

Na Figura 6 observa-se um máximo de precipitação no ano de 1983 superior a 2.000 mm, enquanto na Figura 7 o máximo de precipitação observado foi no ano de 1985 com, aproximadamente, 800 mm. Através desta análise também é possível inferir a influência do fenômeno El Niño na variabilidade anual dos respectivos postos. Nos anos de 1982 e 1983 houve forte ocorrência

do El Niño, assim na Figura 6 observa-se um máximo de precipitação no ano de 1983, na Figura 7 os anos mencionados estão entre os menores registros de precipitação e na Figura 8 que corresponde à distribuição da interanual da vazão, a máxima registrada foi no ano de 1982. Ainda na Figura 8 observa-se a segunda maior vazão da série, porém muito discrepante do período em que está inserida, sugerindo alguma falha na coleta dos dados.

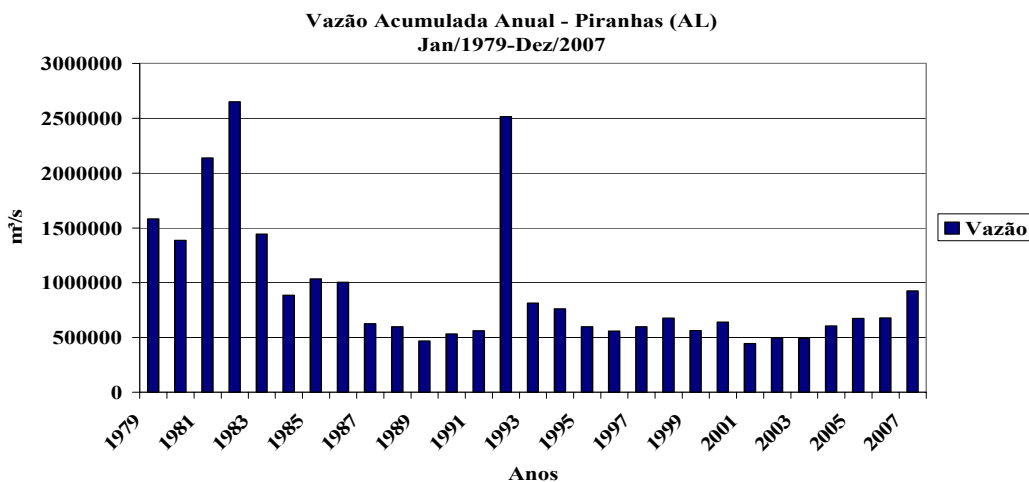


Figura 8 – Distribuição interanual da vazão em Piranhas.

Mesmo com as semelhanças entre o comportamento da distribuição mensal da precipitação no alto São Francisco com a vazão no baixo São Francisco, a correlação entre a precipitação em Divinópolis e a vazão em Piranhas apresentou um baixo coeficiente positivo $r=0,18$ e a precipitação em Delmiro Gouvêia e a vazão em Piranhas $r=0,19$. Os valores positivos indicam que essas variáveis são linearmente correlacionadas, pois quando a precipitação aumenta (diminui) a vazão também aumenta (diminui). Tais resultados sugerem que a precipitação no alto São Francisco tem significativa importância na vazão do rio, uma vez que, as nascentes são as que apresentam os maiores índices pluviométricos da bacia, mas outros fatores também se devem levar em consideração como, por exemplo, a TSM, capacidade de escoamento e infiltração da bacia e vegetação.

As Figuras 9, 10 e 11 mostram a correlação entre os índices climáticos e a precipitação na região da bacia do São Francisco compreendida entre as latitudes -50 -5 e longitude -30 -80.

Na Figura 9, a correlação entre o índice TNA e a precipitação, observa-se que a região da nascente da bacia ao sul de Minas Gerais apresenta um coeficiente $r=-0,1$, ou seja, uma correlação negativa, indicando que quando o TNA aumenta (diminui) a precipitação diminui (aumenta). O mesmo coeficiente também é observado no limite entre os estados de Alagoas e Sergipe, região da foz do rio. A região do médio São Francisco apresenta um coeficiente $r=0$, indicando que não há correlação entre essas variáveis. Assim, observa-se que o índice TNA, apesar do baixo valor de correlação, tem influência na precipitação na região da nascente da bacia e, conseqüentemente, na sua vazão.

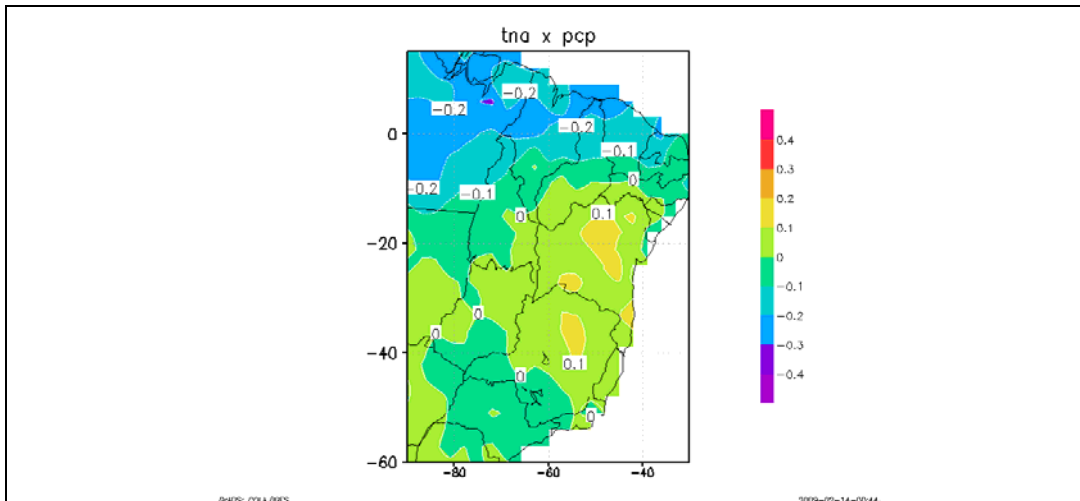


Figura 9 – Correlação entre índice climático TNA e precipitação

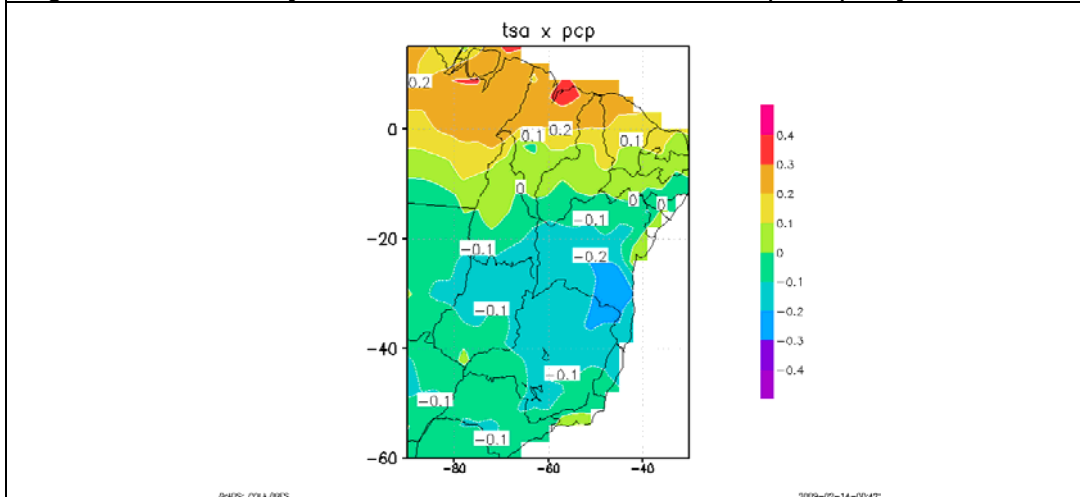


Figura 10 - Correlação entre índice climático TSA e precipitação

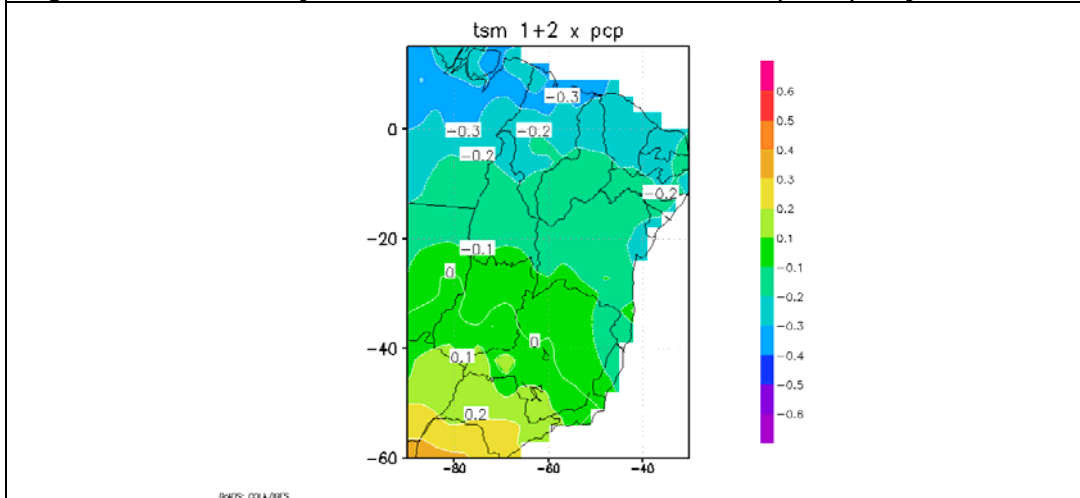


Figura 11 - Correlação entre índice climático Niño 1+2 e precipitação

Na Figura 10 que mostra a correlação entre o índice TSA e a precipitação, observa-se que para o alto e médio São Francisco os valores são negativos, $r=-0,1$ e para o baixo São Francisco positivos, $r=0$.

Na Figura 11, a correlação entre a região de Niño 1+2 e a precipitação mostra que a região do alto São Francisco com $r=0$ não apresentou uma correlação linear entre o índice e a precipitação, já na região do médio e baixo encontra-se valores de correlação é negativos com $r=-0,1$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise das médias mensais de precipitação entre os postos de Divinópolis, no alto São Francisco, e Delmiro Gouvêia, no baixo São Francisco, permitiu identificar diferentes comportamentos sazonais da precipitação em decorrência da localização e influência de distintos domínios climáticos.

O posto de Divinópolis apresentou um comportamento característico do clima tropical de altitude, estação chuvosa e seca bem definida. A vazão, por sua vez, apresentou um padrão semelhante ao do posto de Divinópolis apesar do baixo valor de correlação $r=0,18$.

Dessa forma os períodos chuvosos e secos também são distintos. No alto São Francisco o período chuvoso compreende os meses de outubro a março, já no baixo São Francisco de fevereiro a julho. O período no alto São Francisco é de maio a agosto, e no baixo de agosto a janeiro.

Na análise da variabilidade interanual o maior valor observado em Divinópolis no ano de 1983 corresponde ao forte evento de El Niño naquele mesmo ano. Já no posto de Delmiro Gouvêia os anos de 1982 e 1983 estão entre os menores valores observados, mostrando a influência do evento no aumento da precipitação na região sudeste e na diminuição no nordeste.

Entre os índices climáticos o índice que melhor apresentou uma relação com a precipitação na região da bacia foi o TNA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTI, J.B. Geocologia: O Clima, os Solos e a Biota. In: ROSS, J. L. S. A Geografia do Brasil. São Paulo: Edusp, 2003.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T., Bacias Hidrográficas. In: _____ Geomorfologia do Brasil. 2ª ed Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

KOUSKY, V. E., FERREIRA, N. J. Interdiurnal surface pressure variations in Brazil: Their spatial distributions, origins and effects. *Mon. Weath. Rev.*, v. 109, p. 1999-2008, 1981.

ROSS, J.L.S. Os Fundamentos da Natureza. In: _____ A Geografia do Brasil. São Paulo: Edusp, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2 ed. Brasília: Pax, 2001.