



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II**

**DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PÓS - GRADUAÇÃO  
EM METEOROLOGIA**

**IMPACTOS DOS EVENTOS EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO  
SÃO FRANCISCO**

**AUTORA: JOSICLÊDA DOMICIANO GALVÍNIO**

**PUBLICAÇÃO DCA - CMM TD Nº 08 - 2000**

**CAMPINA GRANDE**

**DEZEMBRO - 2000**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM METEOROLOGIA**

**IMPACTOS DOS EVENTOS EL NIÑO NA  
PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Josiclêda Domiciano Galvêncio





**Foto do Rio São Francisco**

JOSICLÊDA DOMICIANO GALVÍNIO

IMPACTOS DOS EVENTOS EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO  
FRANCISCO

Dissertação apresentada ao Curso de  
**MESTRADO EM METEOROLOGIA** da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para a obtenção do  
grau de Mestre.

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escala

Sub-área: Climatologia Estatística

Orientador: Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa

Universidade Federal da Paraíba

Campina Grande – PB

dezembro de 2000




JOSICLÊDA DOMICIANO GALVÍNCIO

“IMPACTOS DOS EVENTOS EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21/12/00

BANCA EXAMINADORA



Dr. FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUSA  
Universidade Federal da Paraíba



Dr. ENIO PEREIRA DE SOUZA  
Universidade Federal da Paraíba



Dr. LUIZ CARLOS BALDICERO MOLION  
Universidade Federal de Alagoas

## DEDICATÓRIA

A DEUS,

Por tido sido a minha fortaleza e ter guiado no caminho certo;

Aos meus pais **Sebastião e Luzia**, aos meus irmãos Nazareth, Marizete, Alda, Fausta, Fátima, Margareth, Sebastião filho, Luzileide, Elizeth, Josélia, Joselma, Júnior, Jane Eyre, Jacimone, pelo incentivo e apoio;

Ao meu orientador **Francisco de Assis**, pela paciência e dedicação que teve para comigo e por ter acreditado e confiado em mim sempre. Também pela pessoa amiga e compreensiva. E, principalmente, pela grande contribuição profissional na minha vida.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e ao Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), pela estrutura didático-científica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo o apoio financeiro.

À Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pela concessão dos dados utilizados neste estudo.

Ao coordenador e professor **Ramana Rao**, por demonstrar sempre o interesse no sucesso profissional de seus alunos.

Ao professor **Francisco de Assis**, que com paciência, apontou vários deslizes e pontos obscuros que procurei corrigi-los. E também pelo o exemplo de profissional que levarei para sempre comigo.

Ao professor **Manoel**, por sua atenção e contribuição.

Aos professores **Enio e Gandú**, por ter contribuído com suas opiniões no plano.

À mestranda **Alba** por ter sido uma pessoa maravilhosa e atenciosa para comigo, me cedendo o contorno do mapa do Rio São Francisco.

Ao Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento remoto da Paraíba (LMRS-PB), na pessoa de **Iana**, pela sua ajuda na elaboração das figuras que utilizaram o aplicativo mapinfo.

As minhas amigas **Magna, Ana Claudia, Andréa e Deisy**, e ao meu amigo **Rámon**, pelo o apoio, ajuda e compreensão e, principalmente pelas suas amizades sinceras.

A todos os colegas e amigos do curso de Meteorologia.

Aos colegas e funcionários do DCA, pela amizade, em particular, à funcionária **Eyres**.

À secretária **Divanete Cruz Rocha**, por ser sempre atenciosa com os alunos do curso de meteorologia.

Enfim, a todos que comigo viveram esta grata experiência de vida. Muito obrigado.

## RESUMO

GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. Impactos dos Eventos El Niño na Precipitação da Bacia do Rio São Francisco. (Dissertação) Mestrado em Meteorologia. Climatologia Estatística – Universidade Federal da Paraíba.

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco é de vital importância, seja na geração de energia hidrelétrica, seja na irrigação agrícola do seu Vale, para o desenvolvimento sócio-econômico da região Nordeste do Brasil. Somam-se a essas importantes atribuições do Rio, a transposição de suas águas para os Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Por ser um assunto polêmico, alguns técnicos asseguram que, se ocorrer a transposição, o Rio ficará impossibilitado de atender as demandas existentes por água.

É sabido que os fenômenos El Niño e La Niña atingem a bacia do São Francisco e que poderão influenciar na produção de água dessa bacia. O objetivo deste trabalho é o de verificar e qualificar possíveis impactos desses fenômenos no âmbito da bacia. Ou seja, busca-se a relação ou anti-relação entre os fenômenos El Niño – La Niña e as precipitações sobre a bacia hidrográfica. Desse modo, foram efetuadas correlações entre os índices de anomalias das Temperaturas da Superfície da água do Mar (TSM) e os totais mensais precipitados sobre a bacia do Rio São Francisco. Utilizaram-se as séries de 237 postos pluviométricos distribuídos pela área da bacia. Esses postos foram escolhidos com base na concomitância observacional e na menor ausência possível de falhas.

Foi verificado que, quando ocorrem o fenômeno El Niño na área do Niño 1+2, as precipitações nas sub-regiões do Alto São Francisco (ASF) e Médio São Francisco (MSF) são incrementadas. Ou seja, as precipitações nessas sub-regiões estão diretamente relacionadas com as ocorrências anomalias na área do Niño 1+2. Porém, na sub-região do Baixo São Francisco (BSF) o sinal das correlações foram invertidos. Isso evidencia baixos índices de precipitações nessa sub-região em anos de ocorrência do fenômeno El Niño.

Em média, 86% dos coeficientes de correlação deste estudo, para o nível de significância  $\alpha=0,05$ , não têm significado estatístico. Já, para o nível de significância  $\alpha=0,10$ , esse percentual de rejeição, em média, cai para 48%. Vale salientar que, aqui, o interesse nesses coeficientes concentra-se no significado físico deles.



## ABSTRACT

The São Francisco river basin is of vital importance for the socio-economic development of the Northeast Brazil regarding generation and hydro-electric power the agricultural lands irrigation in the river valley. In addition to the above attributions of the river, the transposition of its waters to the states of Pernambuco, Paraíba and Rio Grande do Norte is also of immense importance. Some experts feel that this is a controversial matter and when the transposition of the waters occur, it may effect the existing demands. It is very well known that the phenomena of El Niño and La Niña have their effects on the total volume of the São Francisco river waters. The objective of this research is to verify and analyze the possible effects of these phenomena on the precipitation of the river basin. In other words, investigation of the relation ship (positive or negative) between the phenomena of El Niño – La Niña and the precipitation of the hydrographic basin is the main objective of this study. For this purpose, the correlations were made between the indices of the sea surface temperature anomalies and the monthly total precipitation over the river basin. 237 rainfall stations distributed over the area were used in this study. These stations were selected on the basis of the availability of data for a maximum period, with a minimum of the missing data.

It was verified that, when the El Niño phenomenon occurred in the area of Niño 1+2, there was an increase of precipitation at the sub-regions of Alto São Francisco (ASF) and Médio São Francisco (MSF). In other words, the rainfall in these sub-regions had a direct relation with the occurrence of anomalies in the area of Niño 1+2. However, in the sub-region of Baixo São Francisco (BSF), the sign of the correlations was reverted. It evidences low precipitation indices in that sub-region during the years of occurrence of the El Niño phenomenon. On the average, 86% of the correlation coefficients in this study were not statistically significant at  $\alpha=0,05$ . At the significance level of  $\alpha=0,10$ , the percentage rejection free to 48%. It is worth mentioning that the physical significance of the correlations is more important than their absolute values.

## SUMÁRIO

	Pág.
ABSTRACT	
RESUMO	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS E QUADROS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
LISTA DE SIGLAS	
LISTA DE SÍMBOLOS	
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Definições do El Niño, La Niña e Oscilação Sul	19
2.2 Efeitos dos fenômenos: El Niño e La Niña	26
2.3 Efeitos do El Niño e La Niña sobre o Nordeste do Brasil	28
2.4 Efeitos do El Niño e La Niña no clima e no meio ambiente mundial	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Região de estudo	37
3.2 Descrição dos dados	43
3.3 Definição de correlação	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 Análise das correlações mensais para a área do Niño 1+2	51
4.2 Análise das correlações para a área do Niño 3	57
4.3 Análise das correlações para a área do Niño 4	59
4.4 Interpretação e confiabilidade dos valores das correlações	63
5. CONCLUSÕES E SUGESTÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

## I LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 - Ilustração representativa do comportamento da circulação atmosférica sobre a bacia do Oceano Pacífico numa situação de normalidade	20
Figura 2.2 - Ilustração representativa do comportamento da circulação atmosférica sobre a bacia do Oceano Pacífico numa situação anômala	21
Figura 3.1 - Localização geográfica da bacia em estudo	38
Figura 3.2 - Localização espacial dos postos pluviométricos em estudo	
Figura 3.3 - Representação espacial da precipitação média anual da bacia do Rio São Francisco	39
Figura 3.4 - Topografia do vale do São Francisco	40
Figura 3.5 - Áreas de ocorrência do El Niño e La Niña	44
Figura 4.1 - Precipitação média mensal na sub-região do ASF	49
Figura 4.2 - Precipitação média mensal na sub-região do MSF	49
Figura 4.3 - Precipitação média mensal na sub-região do BSF	50
Figura 4.4 - Precipitação média mensal na sub-região do BSF	50
Figura 4.5 - Precipitação média mensal na sub-região do BSF	50
Figura 4.6 - Evolução das anomalias da TSM na área do Niño1+2	51
Figura 4.7 - Evolução interanual da TSM para os meses dos anos em estudo	52
Figura 4.8 - Totais precipitados no mês de janeiro de 1973 e 1983	52
Figura 4.9 - Totais precipitados no mês de abril de 1973 e 1983	53
Figura 4.10 - Totais precipitados no mês de maio de 1973 e 1983	53
Figura 4.11 - Totais precipitados no mês de setembro de 1973 e 1983	55
Figura 4.12 - Totais precipitados no mês de dezembro de 1973 e 1983	56
Figura 4.13 - Evolução das TSM para a área do Niño 3	57
Figura 4.14 - Evolução mensal das TSM para a área do Niño 3	57

Figura 4.15 - Evolução das TSM para a área do Niño 4	59
Figura 4.16 - Evolução mensal das TSM	60
Figura 4.17 - Totais precipitados no mês de janeiro de 1975 e 1982	61
Figura 4.18 - Totais precipitados no mês de abril de 1975 e 1982	61
Figura 4.19 - Totais precipitados no mês de julho de 1975 e 1982	62
Figura 4.20 - Totais precipitados no mês de outubro de 1975 e 1982	62
Figura 4.21 - Totais precipitados no mês de novembro de 1975 e 1982	63
Figura 4.22 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de janeiro	<b>A2</b>
Figura 4.23 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de fevereiro	<b>A3</b>
Figura 4.24 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de março	<b>A4</b>
Figura 4.25 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de abril	<b>A5</b>
Figura 4.26 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de maio	<b>A6</b>
Figura 4.27 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de junho	<b>A7</b>
Figura 4.28 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de julho	<b>A8</b>
Figura 4.29 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de agosto	<b>A9</b>



- Figura 4.30 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de setembro A10
- Figura 4.31 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de outubro A11
- Figura 4.32 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de novembro A12
- Figura 4.33 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de dezembro A13
- Figura 4.34 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de janeiro A14
- Figura 4.35 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de fevereiro A15
- Figura 4.36 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de março A16
- Figura 4.37 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de abril A17
- Figura 4.38 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de maio A18
- Figura 4.39 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de junho A19
- Figura 4.40 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São

Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña A20  
para o mês de julho

Figura 4.41 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña A21 para o mês de agosto

Figura 4.42 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña A22 para o mês de setembro

Figura 4.43 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña A23 para o mês de outubro

Figura 4.44 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña A24 para o mês de novembro

Figura 4.45 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña A25 para o mês de dezembro

Figura 4.46 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A26 para o mês de janeiro

Figura 4.47 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A27 para o mês de fevereiro

Figura 4.48 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A28 para o mês de março

Figura 4.49 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A29 para o mês de abril

Figura 4.50 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A30

para o mês de maio

Figura 4.51 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A31 para o mês de junho

Figura 4.52 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A32 para o mês de julho

Figura 4.53 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A33 para o mês de agosto

Figura 4.54 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A34 para o mês de setembro

Figura 4.55 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A35 para o mês de outubro

Figura 4.56 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A36 para o mês de novembro

Figura 4.57 - Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña A37 para o mês de dezembro

## II LISTA DE TABELAS E QUADROS

	Pág.
Tabela 3.1 - Localidades onde se encontram as postos pluviométricos, respectivas latitudes, longitudes, média anual das precipitações (mm), o código dos postos	B1
Tabela 4.1 - Probabilidade percentual para ocorrência de correlações	61



### III- LISTA DE ABREVIATURAS

ACP-	Análise de Componente Principais
AG-	Análise de Agrupamento
ASF-	Alto São Francisco
BSF-	Baixo São Francisco
DVS-	Decomposição de Valor Singular
ENOS-	El Niño - Oscilação Sul
FOE-	Função Ortogonal Empírica
IOS-	Índice de Oscilação Sul
MSF-	Médio São Francisco
NEB-	Nordeste do Brasil
OS-	Oscilação Sul
PIAC-	Percentual do intervalo aceitável de confiança
PINAC-	Percentual do intervalo não aceitável de confiança
PNM-	Pressão ao Nível do Mar
RSA-	Região Semi-árida
TSM-	Temperatura da Superfície do Mar

#### **IV- LISTA DE SIGLAS**

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CPTEC-	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INPE-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NCEP-	National Centers for Environmental Prediction
NOAA-	National Oceanic and Atmospheric Administration

## 1 INTRODUÇÃO

Em condições normais, a variabilidade do clima em uma região depende principalmente da variação angular do sol, que determina o aporte de energia para determinada região. Isso ocorre porque, em função da variação angular do sol, têm-se a distribuição das estações do ano ao longo do globo. Outros fatores tais como: altitude, latitude, continentalidade, oceanicidade, também modulam o clima. Em condições normais, a incidência de energia solar ao longo do ano é o principal fator condicionante do clima. No entanto, a ação do homem, através da contínua produção de gás carbônico, metano, clorofluorcarbono na atmosfera, pode modificar o quadro da distribuição de energia, provocando anomalias climáticas que poderão ser sentidas a longo prazo, pelo aumento da temperatura média do globo.

Freqüentemente, são observadas variações de curto prazo em séries temporais que encontram explicações em diversas teorias. Essas variações se originam de fenômenos de circulação atmosférica devidos à modificação do gradiente de pressão, responsável pela formação dos ventos, que alteram sensivelmente a estrutura de circulação global.

A comunidade científica mundial ainda procura a causa do fenômeno climático conhecido por El Niño, manifestado principalmente pelo aquecimento da água ao longo da costa oeste sul-americana. Pesquisadores do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) fizeram os cálculos para ter idéia da dimensão desse aquecimento. Eles calcularam a energia necessária para mudar em apenas 1° C a temperatura de um volume de água do mar (um paralelepípedo de 5000 km de extensão e 1500 km de largura e 100 m de profundidade). Segundo Sampaio de Oliveira, coordenador da Divisão Operacional de Clima do CPTEC, essa energia, em Joules, seria equivalente a mil vezes o que a usina hidrelétrica de Itaipú produz por ano.

O fenômeno El Niño está associado a uma complexa interação da atmosfera com os oceanos, devido à incidência da radiação solar sobre a superfície das águas. Se sua causa é debatida, seus efeitos em todo o mundo são conhecidos, assim como a sua magnitude. O fenômeno El Niño ocupa grande espaço na literatura científica. Inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de associar sua ocorrência a várias variáveis ambientais.

O objetivo deste trabalho é o de verificar se há impactos do fenômeno El Niño na produção de água da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Para tanto, foram efetuadas correlações entre os índices de anomalias das Temperaturas da Superfície da água do Mar (TSM) e os valores das precipitações da bacia do Rio São Francisco.

No Capítulo 2, é feita a síntese de alguns trabalhos relacionados ao fenômeno El Niño e La Niña, como também seus impactos sobre o Nordeste do Brasil e outras regiões do mundo. Dentre eles, alguns trabalhos mostraram que o fenômeno tem ocorrido há, pelo



menos, 500 anos CPTEC (2000). As anomalias climáticas associadas ao fenômeno El Niño são desastrosas e provocam prejuízos sócio— econômico e ambiental.

O Nordeste do Brasil é uma região que apresenta um regime pluviométrico bastante irregular, as causas de tais anomalias têm sido intensamente investigadas, dentre elas pode-se citar os fenômenos El Niño e La Niña que têm forte influência no clima da região.

O Capítulo 3 apresenta a descrição da área de estudo, os dados pluviométricos disponíveis, forma de organização desses dados e o método estatístico empregado.

No Capítulo 4 são apresentados e discutidos os índices de anomalias de TSM em diferentes áreas dos Niños para os anos em estudo. Também são apresentados e discutidos os resultados obtidos através coeficientes de correlação entre os totais mensais precipitados na bacia do Rio São Francisco e índices de anomalias de TSM nas diferentes áreas de Niños. Finalmente, apresentam-se, no Capítulo 5, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 — Definições do El Niño, La Niña

Há aproximadamente um século as investigações meteorológicas sobre o fenômenos da Oscilação Sul (OS) e do El Niño ocorriam de forma independentes até o Professor J. Bjerknes, da Universidade da Califórnia, na cidade de Los Angeles, concluir que se tratavam de dois aspectos de um mesmo fenômeno. Em 1969 o pesquisador propôs uma relação física entre as variações meteorológicas interanuais sobre o Pacífico Tropical. Desde então ele introduziu, segundo Philander (1990), o termo conhecido por circulação de Walker.

WALKER (1924) identificou uma acentuada variação da pressão atmosférica entre as massas de ar localizadas nas faixas tropicais e subtropicais do Oceano Índico e do Oceano Pacífico. Essa variação indicava que, sempre que um sistema de baixa pressão (ciclone) estivesse atuando na região da Indonésia, mais precisamente na estação meteorológica de Darwin, um sistema de alta pressão (Anticiclone) era detectado a sudeste do Oceano Pacífico, na ilha da Páscoa em Tahiti. Ele observou que esses sistemas se invertiam entre uma região e

outra e cada vez que esta inversão ocorria, ocasionava significativas mudanças de tempo em ambas as regiões. A estas variações de pressão, Walker definiu como sendo o Índice de Oscilação Sul (IOS). Analisado o fenômeno OS, também conhecido como “gangorra barométrica”, em uma situação de normalidade. Segundo MELLO (1997) a região da Indonésia e norte da Austrália é caracterizada por pressões baixas, enquanto a região do Pacífico mais próxima da América do Sul é caracterizada por pressões altas. Essa configuração no campo da PNM favorece movimento ascendente de ar que se verifica na primeira região e movimento descendente na segunda. A grande quantidade de ar quente que sobe da região da Indonésia, área mais ativa em convecção, desloca-se para leste, nas altas camadas da atmosfera, onde se resfria, descendo, posteriormente, na região do Pacífico mais próxima da América do Sul. Encontrando-se nos níveis mais baixos, esse ar frio tende a se aquecer e deslocar rumo à Indonésia e norte da Austrália. Esse ciclo completo é um dos ramos da Célula de Walker como visto nas Figuras 2.1 e 2.2.

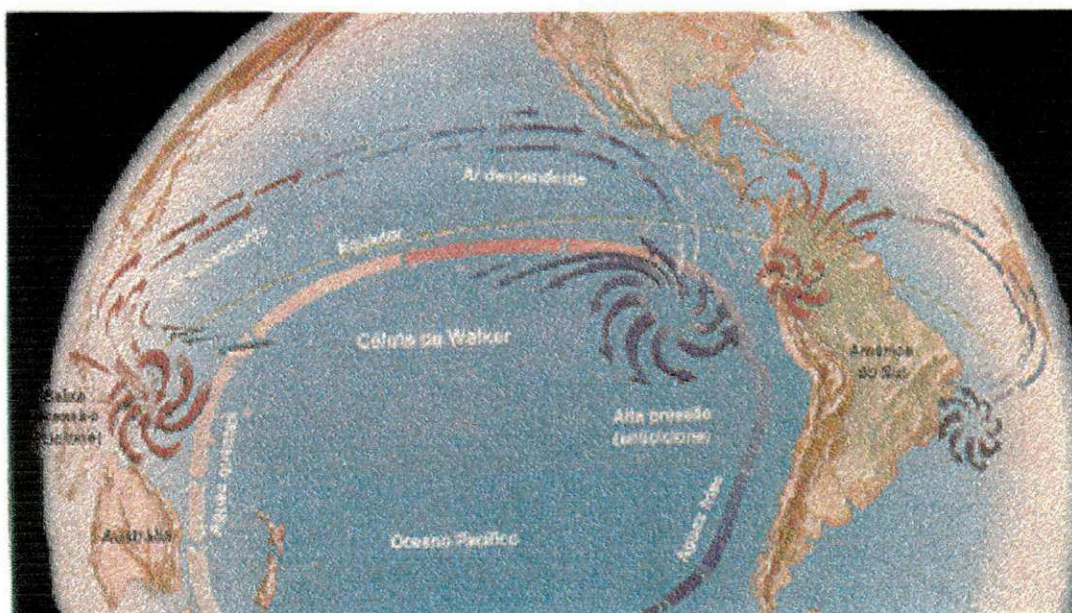


Figura 2.1- Ilustração representativa do comportamento da circulação atmosférica sobre a bacia do Oceano Pacífico numa situação de normalidade.



Esse movimento de ar descendente forma um anticiclone, ou região de alta pressão, sobre o oceano, próximo a América do Sul, enquanto o movimento ascendente sobre a Indonésia induz vorticidade ciclônica. O deslocamento do ar da região de alta para a região de baixa constitui os ventos alísios. Ao se deslocarem, os ventos alísios de sudeste provocam uma diferença no nível da água entre a região oeste e a região leste do Pacífico, ou seja, eles renovam as águas superficiais dos oceanos. Dessa forma, correntes mais frias chegam de latitudes sub-antárticas. A corrente marítima de Humboldt, que costeia a América do Sul, no sentido ascendente (sul-norte), passa a se chamar corrente equatorial e é desviada para oeste devido à ação da circulação anticiclônica. Na região de baixa pressão, essa mesma corrente volta a se resfriar completando o ciclo.



Figura 2.2 - Ilustração representativa do comportamento da circulação atmosférica sobre a bacia do Oceano Pacífico numa situação anômala

Em anos de El Niño, ocorre uma mudança de inclinação na “gangorra barométrica” de Walker, isto é, as pressões mais baixas na região da Indonésia e norte da Austrália tendem a aumentar, diminuindo o movimento ascendente, e, paralelamente, sobre a região do Pacífico

mais próxima da América do Sul, ocorre uma diminuição correspondente da pressão e conseqüentemente aumento de movimento ascendente. Como resultado, enfraquecem os ventos alísios de sudeste, reduz a velocidade das correntes marítimas e diminuí o fenômeno da ressurgência na costa do Peru e Equador, provocando um aumento da TSM em toda a faixa equatorial do Pacífico.

Um deslocamento do ramo ascendente da Circulação de Walker para leste provoca convecção nas regiões próximas às costas do Peru e Equador que normalmente não ocorre. A célula de Walker enfraquece e entra em funcionamento a célula de Hadley, a qual possui movimento norte-sul. Essa célula intensifica o jato subtropical que sopra da região do Pacífico ao sul do equador para o norte do Chile e sul do Brasil, causando bloqueios atmosféricos tais como àqueles das frentes frias, que permanecem estacionárias sobre a Região Sul do Brasil. Enquanto isso, o centro sul do Nordeste está sujeito a uma redução na precipitação cuja intensidade dependerá da intensidade das anomalias dos fenômenos acima descritos.

Em síntese, o movimento ascendente observado sobre o Pacífico Central Leste, na região de águas quentes, produz movimento subsidente em diversas regiões, incluindo o Nordeste do Brasil. Este movimento subsidente, assim como o bloqueio dos sistemas frontais, inibe a convecção e causa secas. Um exemplo foi a seca severa observada em 1983, gerada por uma condição de El Niño bem definida, segundo SILVA (2000).

BJERKNES (1969) foi o primeiro a apoiar os estudos em imagens de Satélites para os eventos atmosféricos ocorridos de 1957 a 1958, de 1963 a 1964, de 1985 a 1966 e demonstrar a vinculação entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e El Niño, estabelecido a sigla ENOS (El Niño - Oscilação Sul) e definir o papel fundamental das variações negativas ou positivas das

TSM na ocorrência de secas drásticas no Oeste do Pacífico e chuvas catastróficas no Pacífico Leste.

Segundo KANES (1997) o (ENOS) é considerado como uma manifestação da circulação de Walker quando o episódio de aquecimento da água da superfície ao longo do Equador e costa do Peru (El Niño) no início do episódio para alguns anos são associadas com o balanço de Oscilação Sul, aumento (diminuição) na pressão atmosférica na Índia na região do oceano australiano (ex. Darwin, D) e diminuição (aumento) na pressão do Pacífico Tropical Sul ( ex: Tahiti, T) mostrando uma impressionante diminuição do índice da OS representado pelo T-D, também com a TSM quente no Pacífico equatorial leste.

Os mecanismos físicos envolvidos no acoplamento oceano — atmosfera, que ocorrem na região tropical, ainda não são muito bem entendidos. O que existe, como consenso por parte da comunidade científica, é que os padrões anômalos observados no campo de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), resultam da dinâmica interna do próprio oceano. Também, esses padrões são forçados pelos processos dinâmico e termodinâmico que ocorrem na atmosfera, que, por sua vez, agem mecanicamente sobre os oceanos tropicais, redistribuindo as anomalias de TSM. Por conseguinte, através dos fluxos de calor (evaporação, processos convectivos, formação de nuvens) eles forçam simultaneamente a atmosfera e provocam mudanças no campo de vento em baixos níveis. Esses mecanismos de realimentação (em inglês “feedback”), sob certas condições, produzem instabilidade no sistema acoplado.

Segundo HANSEN (1989) cerca de um século atrás, navegadores descobriram, no porto de Paita, próximo a costa do Peru, uma corrente marítima aquecida e fluindo para o sul

ao longo da costa, durante todos os meses de todos os verões no Hemisfério Sul. Devido a essa corrente aparecer sempre na época do Natal, esses navegadores a denominaram: Corrente del Niño. A ocorrência dessa corrente e seu aquecimento é altamente irregular. Desse modo, em intervalos irregulares, ocorre uma intrusão de massa de água aquecida na região costeira do Peru, provocando mudança de clima, de quente para moderado e aumento da intensidade das chuvas no Peru.

Sabe-se hoje que o El Niño se caracteriza por um aquecimento anormal das águas do Pacífico tropical centro-leste. Esse aquecimento interfere na circulação atmosférica de grande escala e, em consequência, provoca mudanças nas condições climáticas de várias regiões continentais ao redor do planeta, devido a grande quantidade de energia envolvida no processo. Segundo o CPTEC (2000), o fenômeno El Niño é cíclico, mas não possui um período regular, reaparecendo no intervalo de três a cinco anos. Alguns trabalhos baseados em análises de produção pesqueira e de dejetos de pássaros das Ilhas Galápagos, mostraram que o fenômeno tem ocorrido há, pelo menos, 500 anos.

Segundo ROPELEWISKI e HALPERT (1986) em anos de ocorrência de El Niño os ventos relaxam, chegando, em algumas áreas na faixa tropical, a inverterem o sentido (soprando de oeste para leste). Essa condição associada ao enfraquecimento de um sistema de alta pressão em superfície, atuante no sudeste do Pacífico preferencialmente junto à costa do Chile, favorece ao aquecimento das águas no setor centro-leste da bacia do Oceano Pacífico. Em anos sem El Niño há forte movimento ascendente (formação de nuvens e chuvas) no setor centro — oeste e movimento descendente de ar seco e frio na parte centro — leste dessa Bacia

e, em particular, na costa oeste da América do Sul. Esse último fato inibe a formação de nuvens e acarreta a ocorrência de pouca chuva nessa última região.

SCHOTT (1931) foi quem primeiro descreveu extensivamente as características do fenômeno El Niño próximo ao mar, com base em observações dos eventos de 1925-1926. BJERKNES (1969) dando continuidade ao estudo de SCHOTT (1931), descreveu e documentou o El Niño. Ele afirmou que os ventos alísios sobre o Oceano Pacífico tropical abastecem de umidade o fenômeno que é dominado pelo gradiente de temperatura à superfície, frio no leste e aquecido no oeste. O aquecimento das águas superficiais do Pacífico interfere no regime de ventos e, portanto, no deslocamento das nuvens e no regime das chuvas, gerando alterações significativas do clima em todo o planeta.

Segundo HALPERT e ROPELEWSKI (1996) o fenômeno La Niña caracteriza-se pelo resfriamento das águas do Pacífico leste, na região Equatorial. Já MARIN e SENTELHAS (1997) definiram o fenômeno La Niña como consequência do resfriamento anormal da corrente de Humbolt. Esse resfriamento, das águas do Oceano Pacífico, determina, no Hemisfério Sul, mudanças no gradiente de pressão, fazendo com que os ventos Alísios de Sudeste se intensifiquem, em anos de La Niña, ocorrendo o inverso em anos de El Niño. Em anos de La Niña, a região Sul do Brasil sofre com a seca, enquanto, em outras regiões, as chuvas se intensificam, como é o caso do Nordeste do Brasil. Segundo ALVES (1997), o El Niño e o La Niña constituem-se nos mais conhecidos e estudados fenômenos de acoplamento entre a bacia do Oceano Pacífico Tropical e a atmosfera. Atualmente, inúmeras pesquisas têm sido efetuadas no sentido de explicar as incertezas quanto aos seus processos de formação,



relacionados à mudança das características observadas nas condições normais da TSM no Oceano Pacífico. No aspecto mais simplificado, pode-se definir o fenômeno La Niña como contrário as características do El Niño. ALVES e SOUZA (1997) mostraram que, para três tipos de La Niña, forte, moderado e fraco, observados na bacia do Oceano Pacífico Tropical, a distribuição de chuvas sazonais (fevereiro a maio) e intra-sazonais no setor norte do Nordeste do Brasil configura-se em torno ou acima da média climatológica (aproximadamente 850 mm para esse período).

Segundo ROPELEWISKI e JONES (1987) a fase quente do ENOS é caracterizada sempre que ocorrem cinco meses consecutivos de Índice de Oscilação Sul (IOS) com valores inferiores a  $-0,5$  (fase negativa) e a fase fria é caracterizada pelo mesmo critério, porém com valores de IOS superiores a  $0,5$  (fase positiva). Os autores observaram que, para o sul da América do Sul, a época de influência da fase quente do ENOS na precipitação se dá de novembro, do ano de ocorrência do fenômeno, a fevereiro do ano seguinte. Para a fase fria as alterações na precipitação ocorrem de junho a outubro, do ano de ocorrência do mesmo.

## **2.2 — Efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña**

A circulação atmosférica de médias latitudes é caracterizada predominantemente por um escoamento zonal de oeste, com deslocamento de frentes para leste, e de ciclones e anticilones. No entanto, em condições de bloqueio, a presença de um anticiclone quase estacionário de grande amplitude interrompe a progressão normal dos sistemas para leste. O processo de bloqueio tem um importante papel na variabilidade atmosférica de baixa

frequência. Assim, a compreensão dos mecanismos que o originam e o mantêm são de grande importância para o sucesso de previsão de curto, médio e longo prazos. Estudos observacionais, teóricos e de modelagem numérica, têm sido realizados para melhorar essas previsões. Nesse item, apresentam-se as variações interanuais da ocorrência de bloqueios, com especial interesse na eventual redução ou aumento de situações em anos caracterizados pelos fenômenos El Niño e La Niña. FUENTES (1998) afirmou que, dentre os 14 anos de dados inspecionados, os anos de 1983, 1987, e de 1990 a 1995, foram anos em que ocorreu o fenômeno El Niño. Cada registro de ocorrência deste fenômeno possui suas peculiaridades. O El Niño de 1983 foi considerado, na literatura, como o mais intenso nos efeitos climáticos globais e também por seu desenvolvimento inicial anormal, segundo RASMUSSEN e WALLACE (1983). O El Niño de 1987 foi considerado moderado. O terceiro El Niño, registrado no período estudado, foi o de 1990 a 1995, informa TRENBERTH e HOAR (1996), o qual consta na literatura como um El Niño bastante irregular, e o mais longo da história. O fenômeno La Niña foi registrado em 1984-1985 e em 1988-1989 no período estudado. Os resultados mostraram que, nos anos de La Niña, a frequência de bloqueios foi maior do que nos anos de El Niño. Na região em que há maior concentração de bloqueios, o valor da frequência nos anos de La Niña é superior ao dobro da frequência nos anos de El Niño.

CASARIN (1983), após um estudo observacional sobre os bloqueios no Hemisfério Sul, notou que no outono há um máximo de dias com bloqueios na região da América do Sul, ao passo que, no inverno e primavera, ocorre um mínimo. A influência, no Brasil, de um bloqueio depende muito da posição desse bloqueio. Assim, quando esse se encontra próximo da América do Sul, a região Sul do Brasil passa por um período sem precipitação e a região

Sudeste recebe chuvas intensas mas, se o bloqueio estiver mais para o oeste, sobre o Oceano Pacífico, podem ocorrer chuvas intensas na Região Sul e a Sudeste passará por um período sem precipitação.

Grandes secas na Índia, no Nordeste do Brasil, na Austrália, Indonésia e África são decorrentes do fenômeno El Niño, assim como algumas enchentes no Sul e Sudeste do Brasil, no Peru, Equador e no meio oeste dos Estados Unidos. Em algumas áreas, observam-se temperaturas mais elevadas do que o normal (como é o caso das regiões central e Sudeste do Brasil, durante sua estação de inverno), enquanto, em outras, ocorrem frio e neve em excesso. Portanto, as anomalias climáticas associadas ao fenômeno El Niño são desastrosas e provocam prejuízos sócio— econômico e ambiental.

GRIMM et al (1998), com base no método de Ropelewki e Halpert, estudaram a influência do El Niño e La Niña na precipitação sul do Brasil. Analisaram a estrutura espacial das anomalias de chuvas, associadas com eventos quentes (frios) e determinaram sub-regiões com anomalias coerentes. Os resultados mostraram que, em todo o sul do Brasil, ocorrem anomalias consistentes de precipitação, associadas com os eventos quentes (frios).

### **2.3 – Efeitos do El Niño e La Niña sobre o Nordeste do Brasil**

O Nordeste do Brasil (NEB) é uma região problemática do ponto de vista climático. Na maior parte dessa região, a precipitação é escassa e apresenta flutuações interanuais muito elevadas, não observadas em outros lugares na mesma faixa latitudinal. Climaticamente, a região Nordeste apresenta temperaturas elevadas, relativamente homogêneas, o ano todo. Mas

essa homogeneidade térmica contrasta com a grande variabilidade espacial e temporal das chuvas. As causas de tais anomalias têm sido intensamente investigadas e vários são os fenômenos que atuam nessa Região, dentre outros pode ser citado o El Niño que tem forte influência no clima do NEB.

ARAGÃO (1990) afirmou que existe uma grande probabilidade de ocorrerem secas no NEB. Essa ocorrência está associada, em 70% dos casos, aos episódios do El Niño moderados a forte. A influência desse fenômeno é mais forte ao norte do NEB, Norte do Estado do Maranhão, no Estado do Piauí, do Ceará, do Rio Grande do Norte, de Pernambuco, da Paraíba e na região Norte da Bahia.

ALVES e REPELLI (1992) analisaram a influência do El Niño sobre várias sub-regiões do NEB. Na bacia do Oceano Atlântico vários estudos, como por exemplo, HASTENRATH e HELLER (1977), MARKHAM e MC LAIN (1977), WARD e FOLLAND (1991), MOURA e SHUKLA (1981), SOUZA (1997) mostraram a relação da característica térmica do El Niño com a qualidade da estação chuvosa da Região Semi Árida do NEB. O modelo construído por ALVES e REPELLI (1992) teve como base o campo de anomalias de TSM do mês de janeiro como preditor, e o campo de anomalias de precipitação dos meses de fevereiro, março, abril e maio como preditando. Ambos os campos de anomalias foram pré-filtrados pela Função Ortogonal Empírica, afim de eliminar os ruídos contidos nos dados originais. O teste e significância do modelo foi executado usando o processo de validação cruzada proposto por STONE (1974) e EFRON (1983).

ALVES (1999) apresentou uma análise intrasazonal da distribuição de chuva no estado do Ceará para anos de contraste climatológicos. Os resultados mostraram que ocorre um predomínio de chuvas mais intensas e melhor distribuídas no Estado em todos os 18 decêndios do período para a composição de anos de La Niña.

MOURA e SOBRINHO (1998) analisaram 99 anos de observações pluviométrica em Mossoró-RN. Mostraram que, em 64% dos episódios de El Niño, ocorreram precipitações pluviométricas menores que a média climatológica da localidade, enquanto, em 59% dos anos de La Niña as chuvas apresentaram comportamento maiores que o da normal climatológica, que é de 672 mm por ano. Analisando quantitativamente a precipitação pluviométrica em Mossoró-RN, constataram, ainda, que o fenômeno La Niña tem influência marcante na precipitação acima da média.

A FUNCENE (1997), através de seus técnicos e dos seus relacionamentos com vários órgãos nacionais e internacionais, há vários anos, vem monitorando as condições oceânicas e atmosféricas relacionadas ao El Niño. Inclusive, desenvolve estudos e modelos que relacionam e quantificam a influência desse fenômeno com as chuvas da região semi-árida nordestina. Através do conhecimento científico revelado até o momento, sabe-se que dos anos em que foi registrado o fenômeno El Niño, desde o início do século, em aproximadamente 70% deles, foram também registrados déficit no regime de precipitação espacial e temporal da Região. Esse fato está relacionado com conexões físicas e dinâmicas, provenientes tanto da região do Pacífico quanto do Oceano Atlântico.

XAVIER (1997) analisou detalhadamente a influência da TSM, das Bacias do Oceano Atlântico e Atlântico Tropical, na precipitação dos municípios do litoral do Estado do Ceará (Fortaleza e Aracati) e do Sertão (Quixeramobim). As correlações encontradas para as áreas de Niños foram negativas.

UVO e REPELLI (1995) aplicaram a técnica de análise multivariada conhecida como Decomposição de Valor Singular (DVS) para estudar a variabilidade intra-sazonal da precipitação, na região semi-árida do NEB, durante o período chuvoso de dezembro a junho, com relação as TSM do Pacífico e do Atlântico. Em fevereiro, eles não encontraram nenhum padrão significativo no Oceano Pacífico que afetasse a precipitação no NEB. Por outro lado, as anomalias de TSM positivas no Oceano Atlântico central correlaciona-se significativamente com a precipitação de parte do norte do NEB. Os autores sugeriram que essas anomalias de TSM positivas possam influenciar o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o sul, provocando a antecipação da estação chuvosa. No mês março, eles não encontraram nenhuma influência da TSM do Atlântico na precipitação sobre o NEB, enquanto as anomalias de TSM no Pacífico e TSM equatorial oriental mostraram influências em alguns casos. Durante o meses de abril e maio, eles perceberam a existência da influência do dipolo do Atlântico e das anomalias do El Niño no posicionamento da ZCIT. Eles afirmaram que ambos os oceanos, Atlântico e Pacífico, correlatam bem as anomalias de precipitação no NEB. Finalmente, eles mostraram que, para estar presente, o dipolo do Oceano Atlântico requer o desenvolvimento de anomalias particulares no Oceano Atlântico meridional.

TASSO (1996) regionalizou a precipitação média decendial no Estado da Paraíba. A identificação de sub-regiões homogêneas foi feita através da Análise de Componentes Principais (ACP) e da Análise de Grupamento (AG) hierárquico, para valores médios decendiais da precipitação de dois conjuntos de dados: um considerando anos normais climatológicos e outro de anos com eventos fortes de ENOS para o período 1930 a 1993. A aplicação da ACP para os valores médios decendiais evidencia que as duas primeiras componentes explicam 96% da variância total da precipitação para a série climatológica. Por outro lado, para os anos com eventos fortes de ENOS as três primeiras componentes explicaram 82% da variância total da precipitação.

STUDZINSKI e DIAZ (1995) apresentaram a análise diagnóstica da variabilidade de chuva sobre o Uruguai e Sul do Brasil, em particular o Estado do Rio Grande do Sul. Eles empregaram os dados mensais de chuva de 40 estações na região compreendida entre 27°S e 35°S e 50°W e 58,5°W. Eles encontraram, também, uma forte relação entre os eventos de ENOS e as anomalias de chuvas na região.

FONTANA e BERLATO (1996), analisando o comportamento da precipitação em duas estações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul, verificaram que ambas as fases do ENOS, quente e fria, determinam alterações no padrão de precipitação da região, especialmente no final da primavera e início do verão. Essa mesma tendência foi observada nos meses de maio e junho do ano seguinte ao fenômeno, embora com menor intensidade. Como o Rio Grande do Sul está situado numa região afetada pelo ENOS é fundamental um maior detalhamento no estudo do padrão de comportamento de precipitação durante os

eventos ENOS. A importância torna-se maior na medida em que aumentam o conhecimento científico do fenômeno e as possibilidades de sua previsão sazonal e interanual. Na fase fria, foi observada a ocorrência de precipitação inferior à média climatológica e muito inferior à precipitação média observada durante a fase quente do ENOS. O período de maior intensidade de influência do fenômeno, para ambas as fases, sobre a precipitação média do Estado foi de outubro a dezembro, principalmente outubro e novembro.

ROPELEWISKI e HALPERT (1989) identificaram 20 regiões no globo terrestre com consistente relação entre o ENOS e a precipitação. No Brasil, dada a extensão do seu território, verificam-se conseqüências opostas frente a uma dada fase do fenômeno El Niño. No sul a fase quente, em geral, determina precipitação acima da normal. No NEB verifica-se o inverso.

MARIN e SENTELHAS (1997) usaram séries históricas de 81 anos em Piracicaba, em anos de El Niño e La Niña, para analisar a variação da temperatura média anual dos totais anuais precipitados, da evapotranspiração potencial, da deficiência e do excedente hídricos no período compreendido entre outubro de um ano e setembro do ano seguinte. Eles verificaram a inexistência de padrão de variação dessas variáveis na ocorrência desses fenômenos climáticos. A temperatura média em anos de El Niño esteve acima da média em 60% dos eventos. Com relação a chuva, em anos do La Niña, houve uma tendência aparente de ficar acima da normal climatológica.



KOUSKY (1985) observaram uma forte tendência do El Niño ocorrer simultaneamente com a seca no NEB ou de ocorrer com defasagem de até um ano. Embora o coeficiente de correlação entre o IOS e a precipitação no NEB seja muito alto, secas intensas, como a de 1983, parecem estar associadas com os eventos do El Niño.

#### **2.4 Efeitos do El Niño e La Niña no clima e no meio ambiente mundial**

MONTECINOS (1995) usou a Função Ortogonal Empírica (FOE), definida por RAO e HSIEH (1988), para consistir os dados observados. Em seguida, fez uso da Análise de Correlação Canônica (ACC), definida por BAROUCHE e SAPORTA (1982), para relacionar a TSM do Oceano Pacífico e os dados mensais de chuvas, no período de 1946 a 1987. Nesse estudo, o autor trabalhou com 15 estações, localizadas em uma região entre 30° S e 40° S de latitude, no Chile.

ZHAO (1995) faz estudo para analisar as características da agricultura e do clima na China. Segundo o autor, as mudanças na agricultura dependem de muitos fatores, o mais importante deles é da variabilidade climática. Zhao (1995) usou da análise de correlação, estudou a relação existente entre a produção de arroz e as anomalias de TSM nas áreas do Niño 1+2, Niño 3 e Niño4. Os resultados indicaram uma relação significativa entre a agricultura e as anomalias de TSM nas diferentes regiões do Niños. Em resumo o autor conclui que, o ano bom de produção de arroz na China corresponde a ano com ocorrência de eventos El Niño.

ISHII (1995), com base na ACC, desenvolveu um modelo estatístico para previsões sazonais da temperatura do ar no Japão. Nesse estudo, o autor usou os valores de temperaturas de 16 estações de superfície e as TSM no período de 1958 a 1987. De acordo com estudos anteriores, é mais provável se verificar temperaturas mais altas no inverno e verão do que nas outras duas outras estações do ano. Contudo, a habilidade do modelo em prever temperaturas no verão não é significativa, considerando os efeitos de defasagem da TSM. O modelo apresenta bons resultados para prever as temperaturas de inverno. Segundo o autor, se forem incluídas regiões do Norte do Pacífico, os resultados obtidos pelo modelo melhoram significativamente, nas quatro estações do ano

ROSWINTIARTI (1995) utilizou dez estações, no período de 1888 a 1938, e relacionou as anomalias de precipitação, em um dos Arquipélago da Indonésia, ao ENOS e seu impacto de curto prazo. Ele primeiro estudou a relação entre as anomalias de pressão em Darwin e de chuva na Indonésia por meio da ACC. A correlação do primeiro vetor canônico entre as anomalias de pressão em Darwin, como preditor, e as anomalias de chuva na Indonésia, como preditando, foi de 51%. Essa correlação exhibe o padrão característico do ENOS, com deslocamento de atividade de máxima convecção de leste para o Pacífico central, durante os eventos quentes de ENOS. O estudo de cada uma das estações revela um padrão geral do ENOS, durante o período de junho a novembro, embora três das estações não apresentem uma correlação muito significativa. Isto sugere que apenas dez estações não sejam suficientes para representar toda a variabilidade de chuva na região da Indonésia.

Segundo o relatório do INPE (2000) os incêndios florestais estão entre os problemas ambientais mais frequentes e antigos do planeta. Quando a chuva diminui em regiões como a Amazônia brasileira ou o Sudeste australiano, focos de incêndio se multiplicam e uma parcela da mata é consumida pelas chamas. O El Niño provocou mudanças climáticas radicais em outros pontos do globo. Levou tempestades tropicais para o Deserto do Arizona, maremotos para o México e inundações para o Rio Grande do Sul. A África enfrentou uma das maiores secas de sua História no ano de 1999.

Nas florestas tropicais, o clima seco tornou os incêndios muito maiores do que os habituais. Um relatório do Fundo Mundial para a Natureza apontou o ano de 1997 como o ano de ocorrência recorde de incêndios nas florestas.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Região do estudo

O rio São Francisco conhecido como o rio de unidade nacional, é um dos mais extensos e importantes rios brasileiros. Esse rio banha os Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas e beneficia muitas regiões com suas águas. Fornece peixes, serve como via de navegação e, graças às suas cachoeiras, permite a produção de energia hidroelétrica, segundo BELTRANE (1995).

Segundo a CODEVASF (2000) a bacia do São Francisco possui uma área de 640.000 km<sup>2</sup> e o curso principal do rio tem uma extensão de 2.700 km entre as cabeceiras, na Serra da Canastra, em terras do município de São Roque de Minas, no Estado de Minas Gerais, e a foz, no Oceano Atlântico, entre os Estados de Sergipe e Alagoas, onde se observa uma vazão média anual de 2.980 m<sup>3</sup> / s, o que corresponde a uma descarga média anual da ordem de 94 bilhões de m<sup>3</sup>. As águas do São Francisco e de seus afluentes apresentam boa potabilidade, demandando, apenas, tratamento convencional para abastecimento humano, embora venham sofrendo descargas pontuais de detritos poluentes. Para irrigação, a água do curso principal é

considerada ótima, tendo sido classificada como C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, segundo o método do Laboratório de Salinidade do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

A Figura 3.1 mostra a localização da bacia do Rio São Francisco com relação ao espaço geográfico brasileiro.

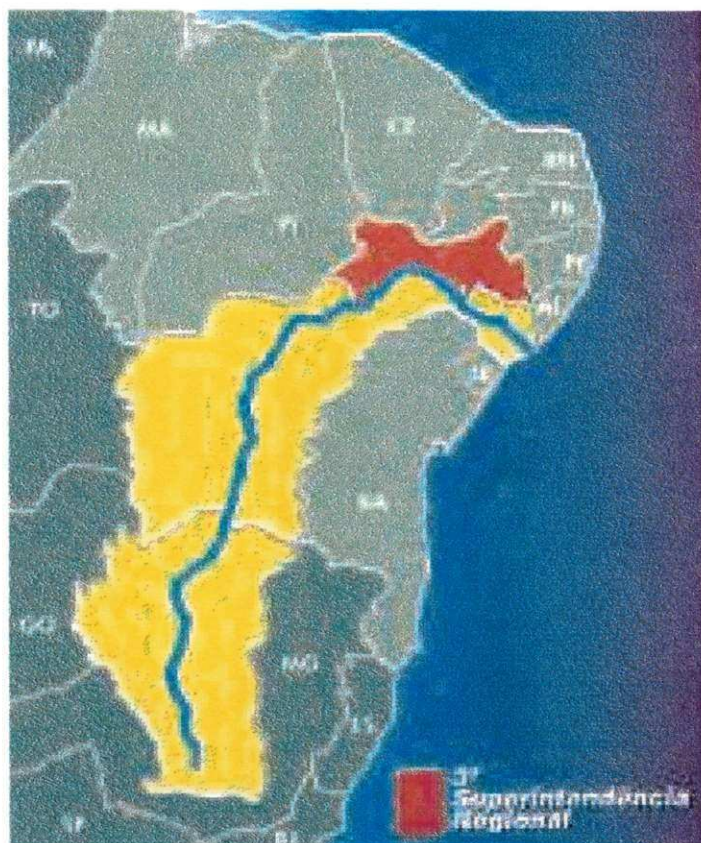


Figura 3.1 Localização geográfica da bacia em estudo

O clima do Vale do São Francisco é influenciado por diferentes massas de ar, apresentando baixo índice de nebulosidade e, por consequência, uma grande incidência de radiação solar. Em função das elevadas temperaturas médias anuais, da localização geográfica intertropical e da limpidez atmosférica na maior parte do ano, a evapotranspiração potencial é muito alta, sobretudo na parte norte do Vale. A evapotranspiração acompanha geograficamente a variação da temperatura, com os maiores valores anuais no submédio São

Francisco, onde alguns postos atingem 2.140 mm, descendo para 1.300 mm na zona do limite norte do Vale e um pouco menos no extremo sul. O elemento, que mais caracteriza o clima do Vale, é a pluviosidade (Figura 3.3). A conformação das isoietas segue de perto a da topografia (Figura 3.4): de um modo geral, os seus valores diminuem em direção ao leito do rio e, ao longo deste, de montante para jusante até a cidade de Pão de Açúcar onde começam a aumentar até a foz. Em todo o Vale há um período seco bem marcado. Os maiores valores de precipitação média anual, da ordem de 1.800 mm, verificam-se nas nascentes do Rio e, os menores, cerca de 500 mm, próximo a foz do Rio como mostra a Figura 3.3.

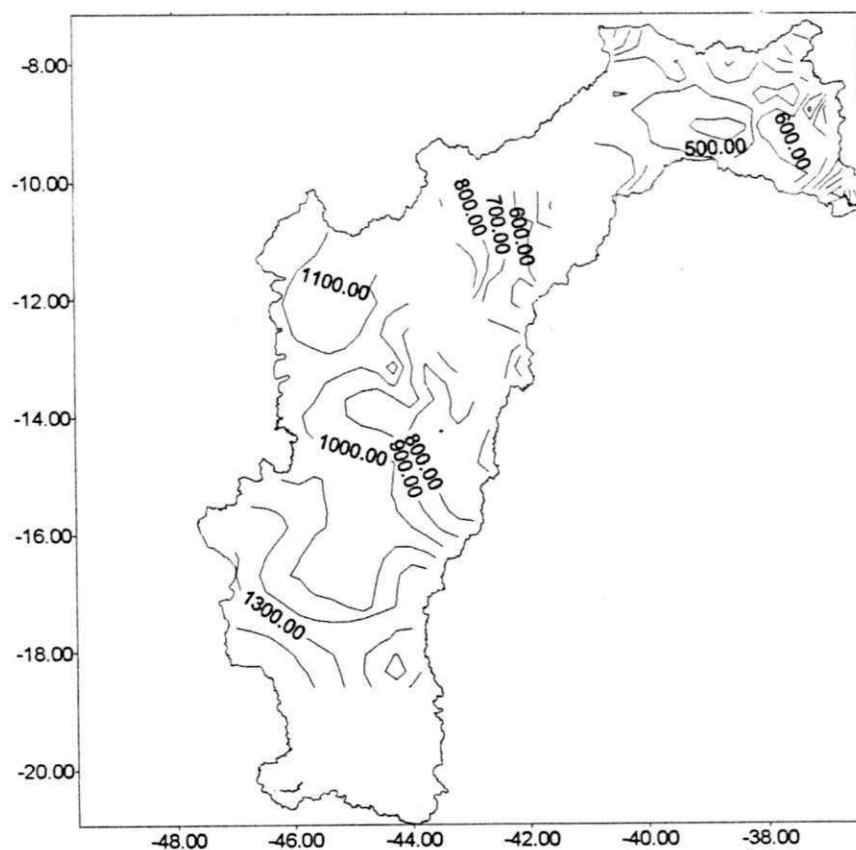


Figura 3.3. Representação espacial da precipitação média anual da bacia do Rio São Francisco



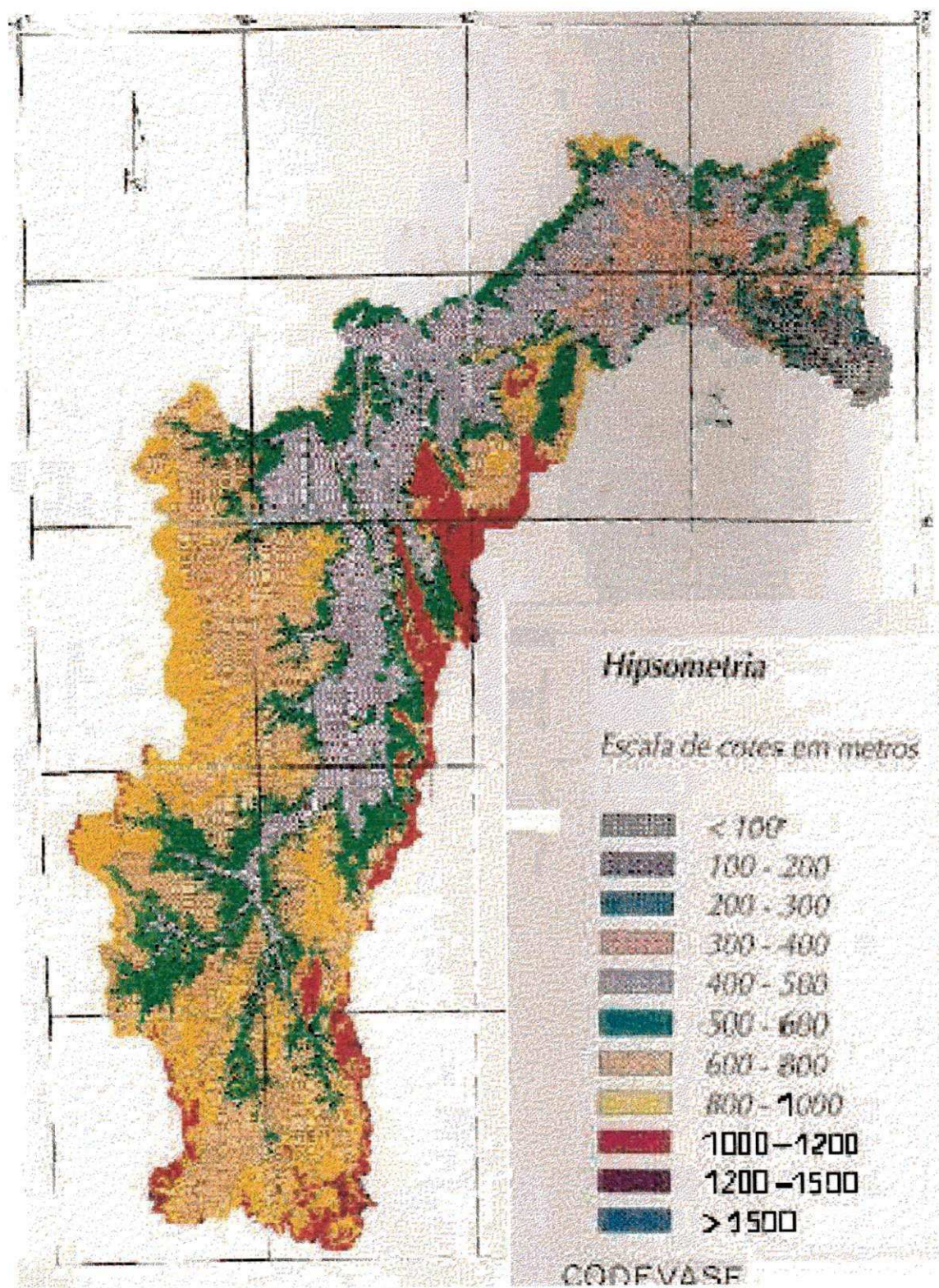


Figura 3.4- Topografia do vale do São Francisco

Os afluentes mais importantes do rio São Francisco situam-se na margem esquerda do Alto e do Médio São Francisco, em territórios dos Estados de Minas Gerais e Bahia. Essa característica se deve à existência de grandes áreas de formação sedimentar naquelas sub-regiões, permitindo maior infiltração das chuvas, as quais, por sua vez, são ali mais abundantes e regulares do que nas demais sub-regiões do Vale.

Para aplicação da análise dividiu-se, com base nos valores médios mensais de precipitação, a bacia em três sub-regiões: Alto São Francisco (ASF), Médio São Francisco (MSF) e Baixo São Francisco (BSF). A caracterização das sub-regiões apresentam-se da seguinte forma: o Alto São Francisco (ASF) estende-se desde as cabeceiras, na Serra da Canastra, município de São Roque de Minas, até a cidade de Pirapora (MG), abrangendo as sub-bacias dos rios das Velhas, Pará e Indaiá, além das sub-bacias dos rios Abaeté a oeste e Jequitaiá a leste, que conformam seu limite. Situa-se em Minas Gerais, abrangendo a Usina Hidrelétrica de Três Marias, e apresenta topografia ligeiramente acidentada, com serras e terrenos ondulados e altitudes de 1.600 a 600 m. O divisor leste é formado pelas montanhas da Serra do Espinhaço, estreitas e alongadas na direção N-S, e com altitudes de 1.300 a 1.000 m. Do lado oeste, destaca-se a Serra Geral de Goiás, cujas cotas oscilam entre 1.200 e 800 m. Sobressaem-se, ainda, os escalonamentos de superfícies de erosão até a Depressão Sanfranciscana, em direção à calha do Rio e dos principais afluentes, cuja cota, em Pirapora, é de cerca de 450 m.

O Médio São Francisco (MSF) compreende o trecho desde Pirapora até a cidade de Remanso (BA), incluindo as sub-bacias dos afluentes Pilão Arcado a oeste, e do Jacaré a leste e, além dessas, as sub-bacias dos rios Paracatu, Urucuaia, Carinhanha, Corrente, Grande, Verde



Grande e Paramirim, situando-se nos Estados de Minas Gerais e Bahia. Suas condições climáticas vão se tornando mais características de uma região tropical semi-árida.

Sua altitude varia de 2.000 a 500 m e é onde se localizam as planícies eluvio-coluvio-aluviais da Depressão Sanfranciscana. O divisor leste é a Chapada Diamantina, formada por planaltos com altitudes entre 2.000 e 1.000 m, recortados por profundos vales; observam-se abruptas diferenças de nível devido à sucessão de camadas de diferenciadas resistências à erosão. Os vales são encaixados em fraturas com desenvolvimento de profundas gargantas e *canyons*. Esse contexto orográfico tem direção SSE-NNO e penetra no domínio do Vale, formando as Serras de Açuruá, Mangabeira e Azul, até praticamente as margens do lago de Sobradinho.

A metade sul do lado oeste corresponde ao prolongamento da Serra Geral de Goiás. Na metade norte, o coroamento laterizado de topografia ondulada formador da Serra da Tabatinga, é divisor de águas entre os rios São Francisco e Parnaíba e suas cotas oscilam entre 1.000 e 800 m. Destacam-se, no domínio da Depressão Sanfranciscana, as serras do Boqueirão e Estreito, com altitudes de 800 m e formas alongadas de direção SSE-NNO e N-S, respectivamente. A temperatura média anual é de 24°C e a evaporação é de 2.900 mm anuais. As chuvas caem de novembro a abril, com precipitação média anual de 1.400 a 600 mm. A vegetação é dos tipos cerrado e caatinga, salvo algumas pequenas matas serranas. Característica digna de nota é a margem esquerda do São Francisco, bem mais úmida, com rios permanentes e vegetação perenifólia. Na margem direita, a precipitação é menor, os rios são intermitentes e a vegetação é típica de caatinga. As principais cidades são: Montes Claros e Januária, em Minas Gerais; Formosa, em Goiás; Barreiras, Guanambi, Irecê e Bom Jesus da Lapa, na Bahia, além de Brasília - DF.

A precipitação média anual chega a 350 mm na região de Juazeiro/Petrolina e a máxima é de 800 mm, nas serras divisórias com o Ceará. A temperatura média anual é de 27°C; a evaporação é da ordem de 3.000 mm anuais e o clima é tipicamente semi-árido. A caatinga predomina em quase toda a área. As principais cidades são: Juazeiro e Paulo Afonso, na Bahia; e Petrolina, Ouricuri e Serra Talhada, em Pernambuco.

O Baixo São Francisco (BSF) estende-se de Paulo Afonso à foz, no Oceano Atlântico, compreendendo as sub-bacias dos rios Ipanema e Capivara. Situa-se em áreas dos Estados da Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas. A altitude varia de 200 m até o nível do mar, embora, na periferia, algumas serras atinjam 500 m.

Destacam-se a planície costeira, com altitude inferior a 100 m, e tabuleiros do Grupo Barreiras com altitude entre 200 e 100 m. A temperatura média anual é de 25°C; a evaporação é de 2.300 mm anuais; e a precipitação média anual varia de 1.300 a 800 mm. As chuvas ocorrem de março a setembro, ou seja, no inverno, enquanto no restante do Vale as chuvas se verificam no verão. Nessa sub-região ocorre, também, uma nítida mudança na distribuição anual das chuvas que, nas proximidades do oceano, se distribuem por todo o ano, embora mais concentradas no outono e inverno, enquanto, no seu interior, os meses chuvosos são os de verão.

### 3.2 - Descrição dos dados

Neste estudo, foram utilizadas os totais mensais precipitados, para o período de 12 anos, de 1970 a 1983, de 237 postos distribuídos pela área da bacia do Rio São Francisco. Esses dados foram gentilmente cedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A Tabela 3.1 do Apêndice B, mostra os postos, municípios, coordenadas geográficas e a precipitação média anual e a Figura 3.2 do Apêndice C mostra a localização espacial desses postos pluviométricos.

A Figura 3.5 mostra as áreas de ocorrência do evento El Niño ou La Niña. Utilizando-se a série de valores dos índices de anomalias de TSM do Pacífico, fornecidos pelo NCEP/NOAA/EEUU, calcularam-se as correlações entre os índices de anomalias de TSM e a precipitação sobre a bacia do Rio São Francisco.

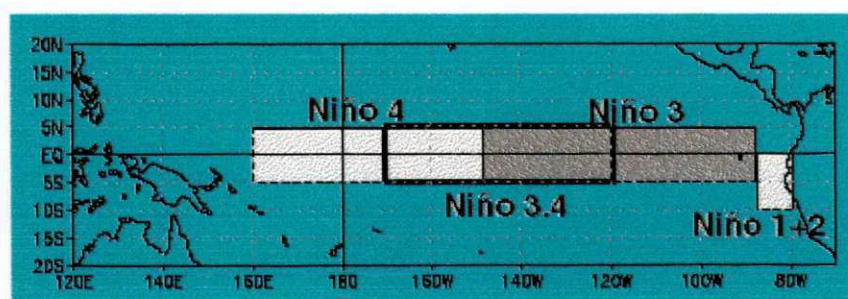


Figura 3.5. Áreas de ocorrência do El Niño e La Niña

As áreas do Pacífico, cujos índices de anomalias de TSM foram correlacionados com os totais mensais precipitados sobre a bacia do Rio São Francisco, são os seguintes: NINO1+2, desvio normalizado das temperaturas da superfície do mar para a área entre os paralelos de  $0^{\circ}$  e  $10^{\circ}$  de latitude sul e os meridianos de  $80^{\circ}$  e  $90^{\circ}$  de longitude oeste. NINO3, desvio normalizado das temperaturas da superfície do mar para a área entre os paralelos de  $5^{\circ}$  Norte e  $5^{\circ}$  de latitude sul e os meridianos de  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$  de longitude oeste. NINO4, desvio normalizado das temperaturas da superfície do mar para a área entre os paralelos de  $5^{\circ}$  Norte e  $5^{\circ}$  de latitude sul e os meridianos de  $160^{\circ}$  Leste e  $150^{\circ}$  de longitude oeste.

Para análise da influência do El Niño na bacia do Rio São Francisco, com os postos disponíveis, procurou-se usar os critérios da concomitância observacional e o da menor ausência de falhas possível. Os dados foram organizados de forma que fosse possível

correlacionar o total mensal precipitado, verificado naquele posto, com a TSM das áreas do Niño1+2, Niño3, Niño4, no mesmo mês e ano. Foram formadas matrizes mensais com os anos nas linhas, as precipitações e valores das anomalias de TSM nas colunas, como mostra o esquema abaixo:

$$\begin{bmatrix} P_{1,1970} & P_{2,1970} & \dots & P_{236,1970} & TSM_{Niño1+2,1970} & TSM_{Niño3,1970} & TSM_{Niño4,1970} \\ P_{1,1972} & P_{2,1972} & \dots & P_{236,1972} & TSM_{Niño1+2,1972} & TSM_{Niño3,1972} & TSM_{Niño4,1972} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{1,1983} & P_{2,1983} & \dots & P_{236,1983} & TSM_{Niño1+2,1983} & TSM_{Niño3,1983} & TSM_{Niño4,1983} \end{bmatrix}$$

nele,  $P_{1,1970}$  é a precipitação para o posto um e o ano de 1970,  $P_{2,1970}$  é a precipitação para o posto dois e o ano de 1970 e assim sucessivamente.  $TSM_{Niño1+2,1970}$  é o índice de TSM para a área do Niño1+2, no ano de 1970,  $TSM_{Niño3,1970}$  é o índice de TSM para a área do Niño3, no ano de 1970,  $TSM_{Niño4,1970}$  é o índice de TSM para a área do Niño4, no ano de 1970. Foram formadas 12 matrizes com este esquema para os 12 meses do ano. Ou seja, foram formadas, para cada um dos meses, uma matriz com 12 linhas e 240 colunas. Essas correlações foram plotadas e analisadas por sub-região: Alto São Francisco (ASF), Médio São Francisco (MSF) e Baixo São Francisco (BSF), usando o método de Kriging do programa Surfer 6.0 para interpolar as isolinhas.

Para delimitar as sub-regiões ASF, MSF e BSF supracitadas foi usado o método hierárquico de agrupamento de Ward. Esse método separou os postos em três grupos homogêneos de precipitação.

### 3.3 Definição de correlação

Segundo SPIEGEL (1972) a correlação entre duas variáveis  $X_j$  e  $X_k$  é a taxa entre a covariância e o produto de seus desvios-padrão.

$$r_{j,k} = \frac{C_{j,k}}{S_j S_k} \quad (3.1)$$

em que,  $C_{j,k}$  é a covariância,  $S_j$  é o desvio padrão. O coeficiente de determinação é dado pelo quadrado do coeficiente de correlação ( $r_{j,k}^2$ ), e estima a proporção de variação em comum entre duas variáveis.

Se duas variáveis estiverem padronizadas  $r_{j,k}^2$  e  $r_{j,k}$  têm suas formulas simplificadas. Portanto,  $-1 \leq r_{j,k} \leq 1$ . Se  $r_{j,k} = 0$ , não há relação de uma variável com a outra; se  $r_{j,k} = 1$ , a relação é funcional e positiva; se  $r_{j,k} = -1$ , a relação é funcional e negativa. Essa propriedades pode ser vista em CHAYES (1949,1960), GRIFFITHS (1967), ONDRICK (1968) e WILKS (1995).

A equação (3.1) pode ser dada na forma matricial:

$$[R] = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & r_{1,3} & \dots & r_{1,k} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & r_{2,3} & \dots & r_{2,k} \\ r_{3,1} & r_{3,2} & r_{3,3} & \dots & r_{3,k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{1,k} & r_{2,k} & r_{3,k} & \dots & r_{j,k} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

em que  $j$  é o número de linhas e  $k$  é o número de colunas. A matriz de correlação é uma matriz simétrica, devido a sua simetria apenas os valores abaixo da diagonal principal são mostrados,

formando assim uma matriz triangular inferior. A adequabilidade dos coeficientes de correlação foi verificada pelo teste de hipóteses, para dois níveis de significância 0.05 e 0,10.

Utilizaram-se, para analisar os resultados obtidos neste trabalho, os critérios de classificação de intensidade dos índices de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM), estabelecidos por Aragão (2000). Esses intervalos são: a) muito fraco = ATSM de até  $1^{\circ}\text{C}$ , extensão de 2.500 Km ao longo da região equatorial duração de até seis meses; b) fraco =  $1,0^{\circ}\text{C} \leq \text{ATSM} \leq 2,0$ , extensão de 2.500 a 5.000 Km, e duração de seis a 12 meses; c) moderado =  $2,0^{\circ}\text{C} \leq \text{ATSM} \leq 3,0^{\circ}\text{C}$ , extensão de 5.000 a 7.500 Km, e duração de 12 a 15 meses; d) forte =  $3,0^{\circ}\text{C} \leq \text{ATSM}$ , extensão maior do que 7.500 Km, e duração maior do que 15 meses.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho analisou-se a relação entre os totais mensais precipitados (TMP), observados na bacia do Rio São Francisco, e as anomalias de TSM das áreas do Niño1+2, Niño 3 e Niño 4. Foram efetuadas correlações para os doze meses de todos os anos do período estudado. Os valores dessas correlações mensais são mostrados nas Figuras 4.22 a 4.57, do Apêndice A.

Os regimes de precipitação para as três sub-regiões apresentam-se da seguinte forma: para a sub-região do ASF, os seis meses mais chuvosos verificam-se de outubro à março, com precipitações máximas entre os meses de dezembro e janeiro, como mostra a Figura 4.1. Para a sub-região do MSF os seis meses mais chuvosos verificam-se entre meados de outubro a meados de abril, com precipitações máximas entre os meses de dezembro e janeiro, como mostra a Figura 4.2. Na sub-região do BSF, em geral, os seis meses mais chuvosos verificam-se de dezembro à maio, com precipitações máximas entre os meses de março e abril, como mostram as Figuras 4.3, mas, com algumas exceções para alguns postos, como pode ser visto nas Figuras 4.4 e 4.5. Esses postos mostrados na Figura 4.4, suas precipitações são

influenciadas pela condições geográficas da região, já a Figura 4.5 as precipitações desses postos são influenciadas pela foz do rio. Percebe-se um aumento no índice de precipitação, e seu máximo ocorrendo em abril.

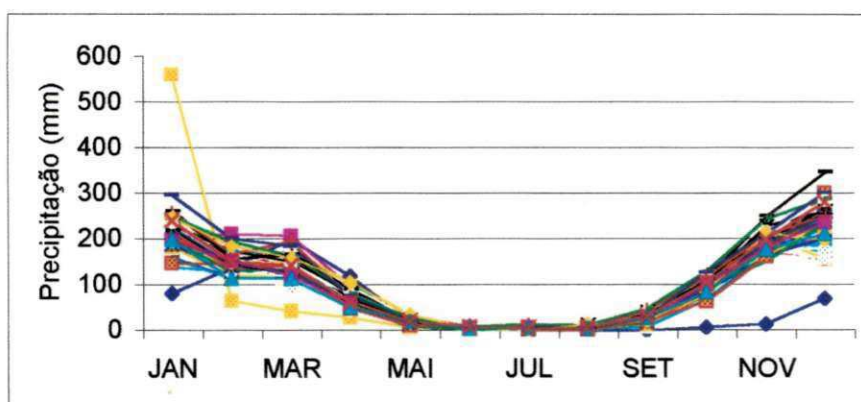


Figura 4.1- Precipitação média mensal nas sub-região do ASF

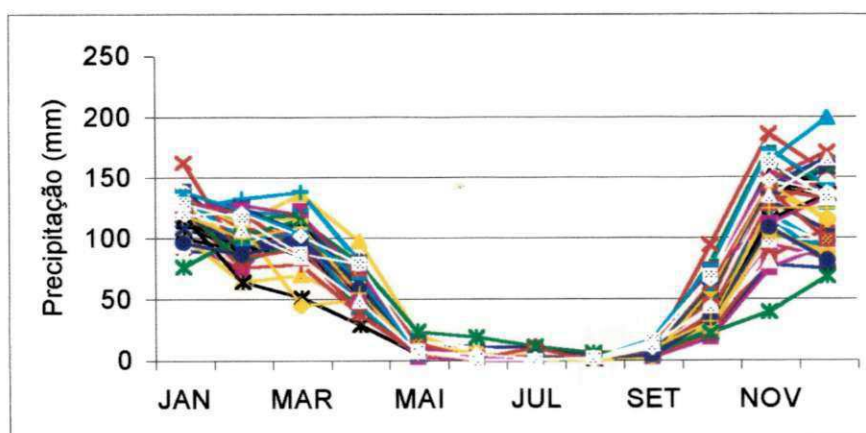


Figura 4.2- Precipitação média mensal na sub-região do MSF



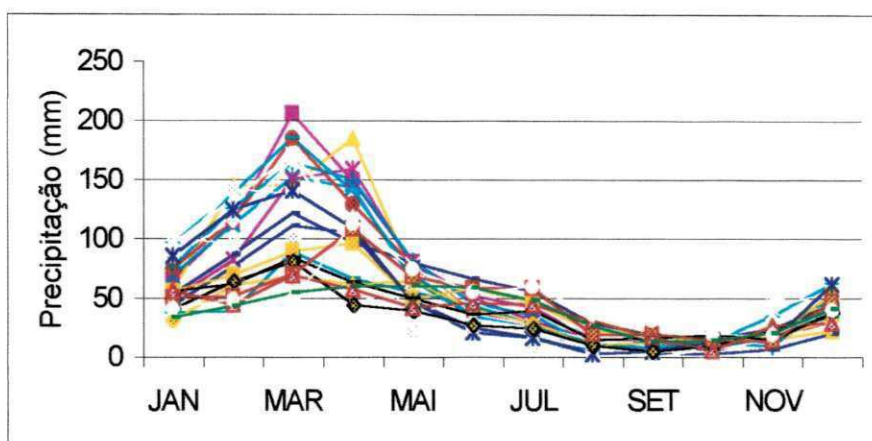


Figura 4.3- Precipitação média mensal na sub-região do BSF

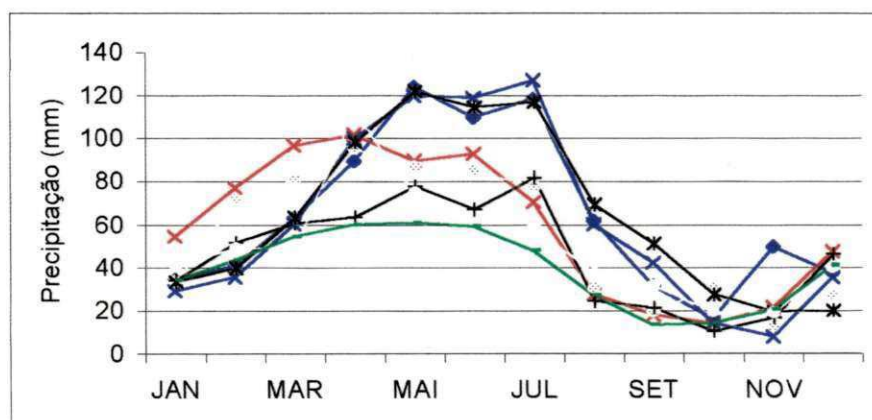


Figura 4.4- Precipitação média mensal na sub-região do BSF

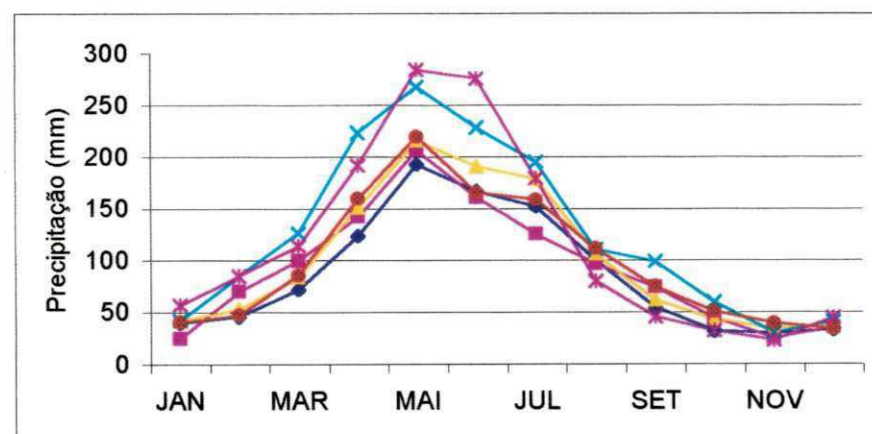


Figura 4.5- Precipitação média mensal na sub-região do BSF

#### 4.1 Análise das correlações mensais para a área do Niño 1+2

A Figura 4.6 mostra que dos anos em estudo, 1983 foi o que mais destacou-se. A área do Niño 1+2 apresentou alto índice de TSM. Nesse ano o El Niño foi considerado forte, segundo os critérios de classificação estabelecidos por Aragão (2000). Esse El Niño já apresentava grandes índices de anomalias no final do ano de 1982 e em 1983 eles permaneceram altos. Os anos de 1972 e 1976 foram anos de El Niño moderado.

Os anos de 1970, 1973, 1978, foram anos em que os índices de anomalias de TSM mostraram-se negativos, caracterizando esses anos como de La Niña. Desses anos de La Niña, o ano de 1970 foi o que mais se destacou.

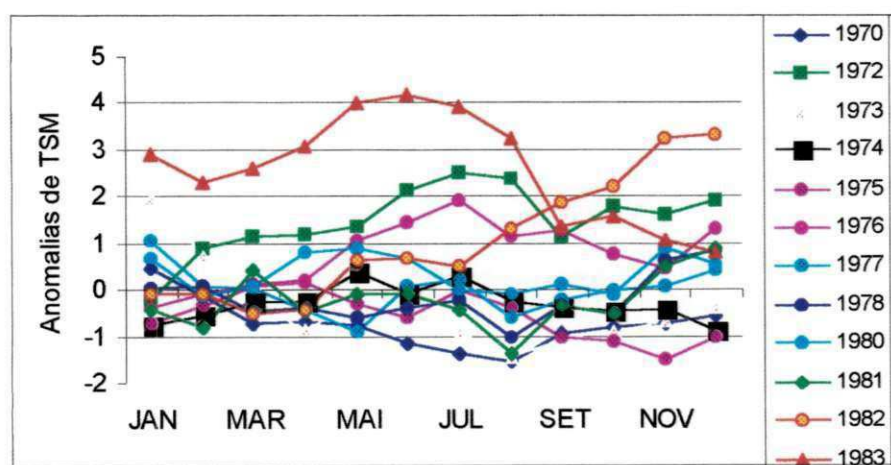


Figura 4.6- Evolução das anomalias da TSM na área do Niño1+2

Os anos 1980 e 1981, foram anos em que as anomalias de TSM não variaram muito, flutuaram em torno de zero, daí a ausência dos fenômenos: El Niño e La Niña.

A sub-região do ASF apresentou alto índice de precipitação em janeiro de 1983, isto significa que há uma forte relação entre esse ano de El Niño e a precipitação nessa sub-região, como mostra a Figura 4.7.

É importante ressaltar que no mês de janeiro, normalmente, ocorrem os valores máximos de precipitação na ASF. Contudo, no ano de 1983 as anomalias de TSM reforçaram esses valores máximos.

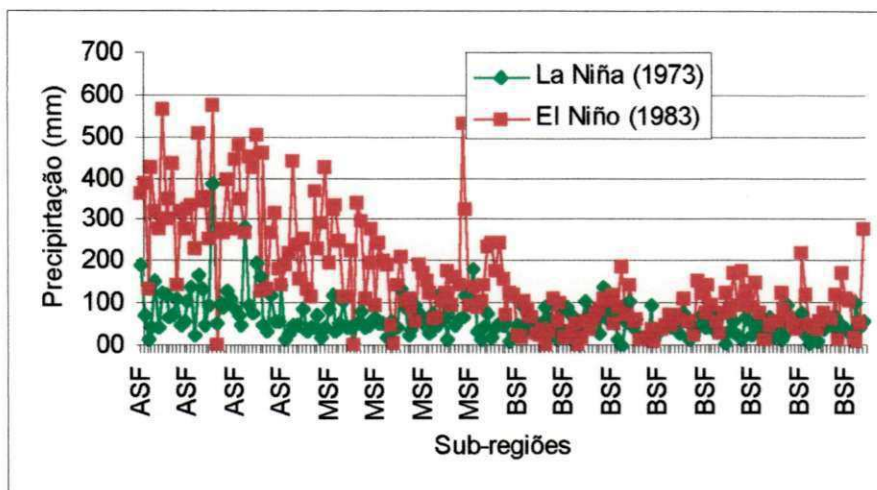


Figura 4.7- Totais precipitados no mês de janeiro de 1973 e 1983

Em anos de La Niña, como por exemplo, o ano de 1973, ocorreram baixos índices de precipitação na ASF, como pode ser visto na Figura 4.7, apesar dos índices de anomalias, no mês de janeiro, desse ano, ainda apresentarem-se altos, como mostra a Figura 4.8.

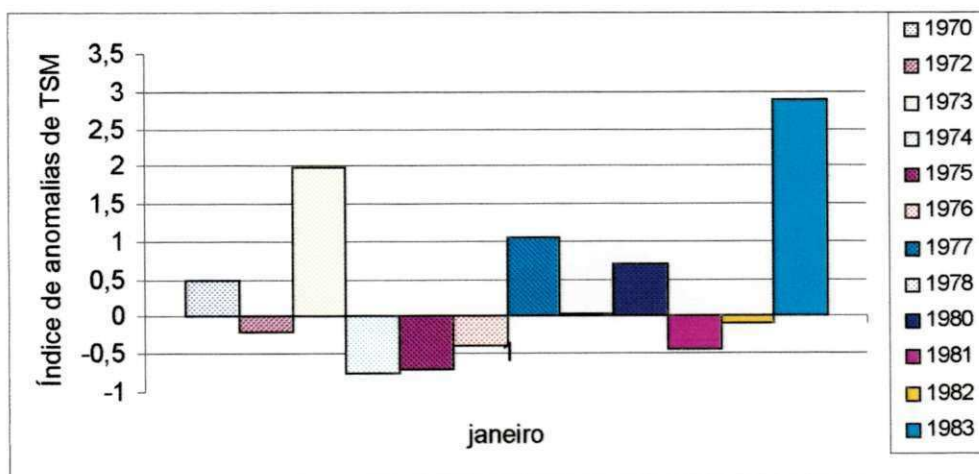


Figura 4.8 – Anomalias de TSM para o mês de janeiro dos anos em estudo



As Figuras 4.22 a 4.33, do Apêndice A, apresentam as correlações da precipitação com os índices de anomalias de TSM da área do Niño1+2, para os meses de janeiro a dezembro dos anos em estudo. Os meses de janeiro, Figura 4.22, apresentaram correlações positivas em toda a bacia, com destaques para as sub-região do ASF e MSF. Foi verificado que, quando ocorre o fenômeno El Niño na área do Niño 1+2, as precipitações nas sub-regiões do ASF e MSF são incrementadas. Ou seja, as precipitações nessas sub-regiões estão diretamente relacionadas com as ocorrências na área do Niño1+2. Nota-se, na Figura 4.22, que as correlações decrescem da ASF para a BSF.

Para o mês de fevereiro, como mostra a Figura 4.23, do Apêndice A, as correlações para a ASF e MSF aumentaram com relação ao mês anterior. Porém, na BSF o sinal das correlações foram invertidos. Isso evidencia baixos índices de precipitações nessa sub-região em anos de ocorrência do fenômeno El Niño, como mostra a Figura 4.9.

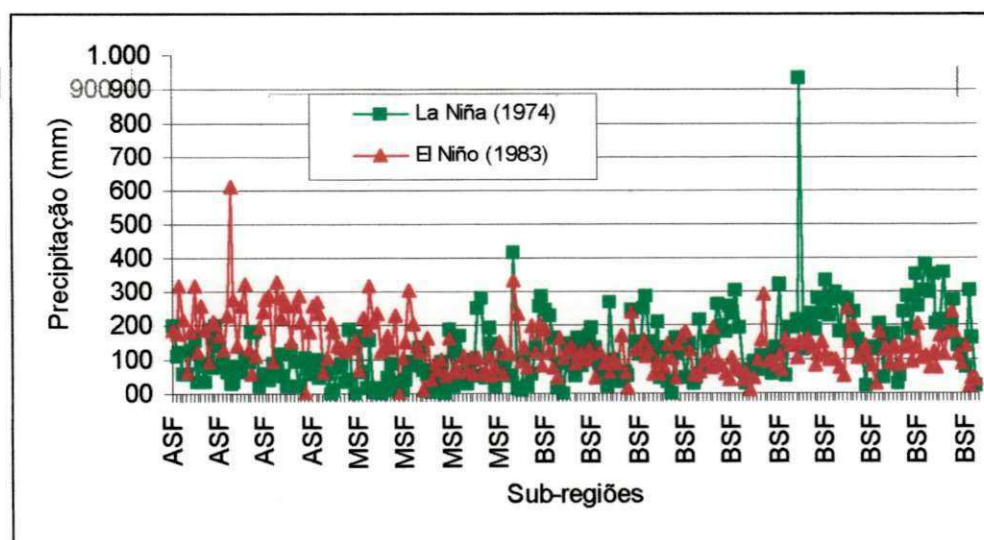


Figura 4.9- Totais precipitados no mês de fevereiro de 1974 e 1983

Na Figura 4.24, do Apêndice A, para o mês de março, nota-se o início de uma situação de inversão. Na ASF e MSF os valores das correlações diminuem em módulo, enquanto na

BSF, os valores das correlações aumentam em módulo. O significado físico desses valores é o mesmo dos meses anteriores.

Para os meses de abril a agosto, como mostram as Figura 4.25 a 4.29 do Apêndice A, os valores das correlações indicam, de um modo geral, baixos índices pluviométricos em toda a bacia, com exceção dos índices de pequenos núcleos, nos meses de julho e agosto, que podem estar associados à fenômeno de meso ou pequena escalas. Ou seja, chuvas que podem ser causadas por frentes frias. O mês que o El Niño têm maior influência é o mês de maio no BSF, chove menos. Nota-se na Figura 4.10, para ano de El Niño baixas precipitações sobre a BSF e altas em anos de La Niña.

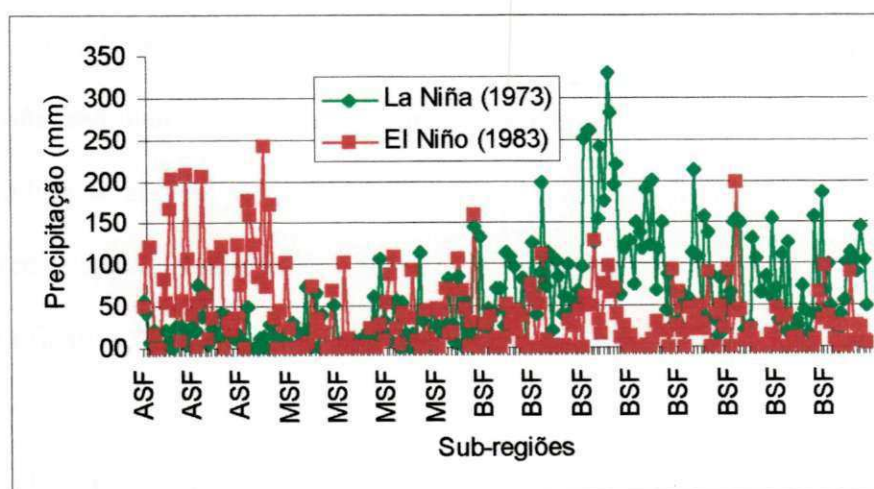


Figura 4.10-Totais precipitados no mês de abril de 1973 e 1983

No mês de maio de 1983, ano de El Niño, toda a bacia do Rio São Francisco encontrava-se estado de seca, já no ano de 1973 ano de La Niña toda a bacia do Rio São Francisco encontrava-se com altos índices de precipitações, como mostra a Figura 4.11.

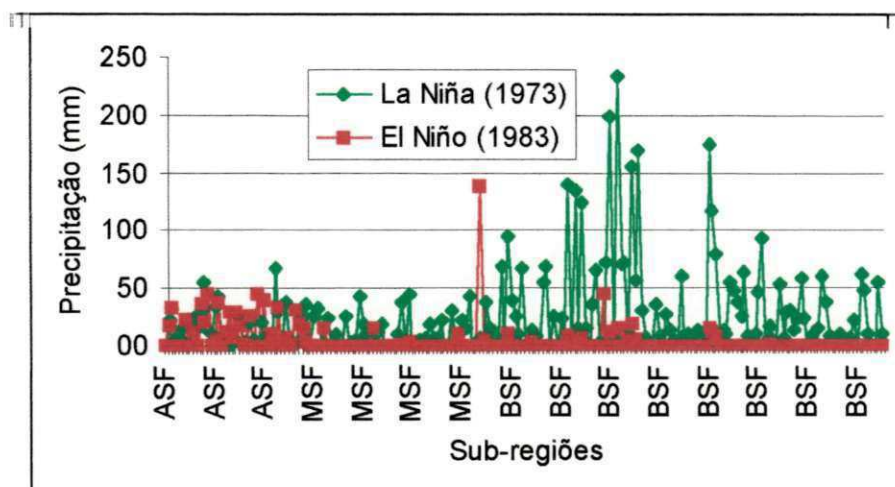


Figura 4.12- Totais precipitados no mês de setembro de 1973 e 1983

Para os meses de outubro e novembro, como mostram as Figuras 4.31 e 4.32 do Apêndice A, as correlações são negativas em toda a bacia. Isso significa baixos índices pluviométricos, para esses dois meses em ano de El Niño. Esse resultado pode ser entendido como um previsor. Visto que em anos de El Niño, outubro e novembro teriam chuvas abaixo das normais.

Finalmente, para o mês de dezembro como mostra Figura 4.33 do Apêndice A, as correlações são positivas em toda a bacia. Retorno das chuvas. Isso evidencia situação de ano úmido na ASF em anos de El Niño. Verifica-se umidade também, mas com menores índices na sub-região do BSF, como pode ser visto na Figura 4.13.



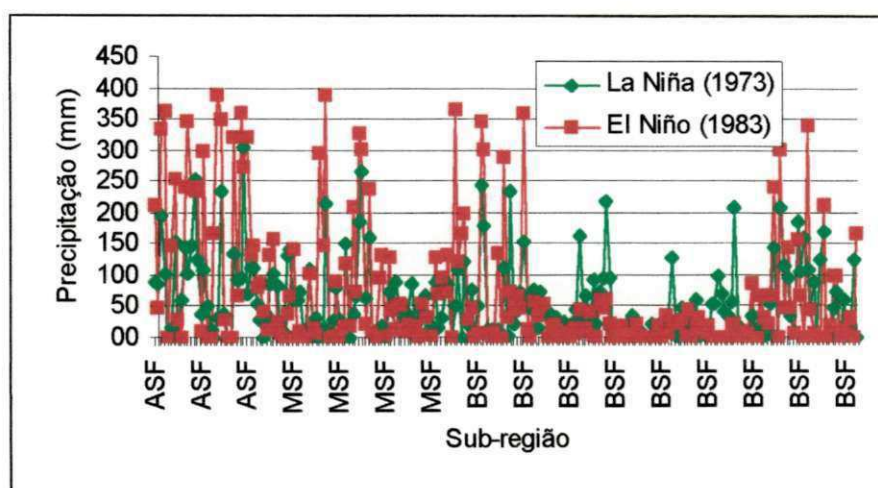


Figura 4.13- Totais precipitados no mês de dezembro de 1973 e 1983

#### 4.2 Análise das correlações para a área do Niño 3

A Figura 4.14 mostra que para a área do Niño 3, dos anos em estudo, os anos de 1982 e 1983 foram aqueles que o fenômeno El Niño mais se destacou. Dos anos de La Niña, 1973 foi o destaque. Pode ser visto na Figura 4.14 que no ano de 1982 os índices de anomalias de TSM apresentaram grandes intensidade, continuando assim até o ano de 1983.

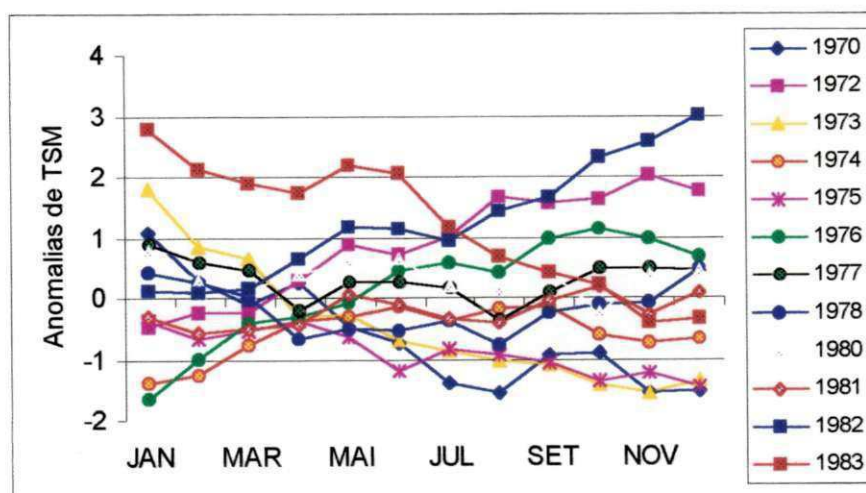


Figura 4.14- Evolução das TSM para a área do Niño 3

As Figuras 4.34 a 4.45, do Apêndice A, apresentam as correlações da precipitação da bacia com os índices de anomalias de TSM da área do Niño 3, para o meses de janeiro a dezembro dos anos em estudo. Os meses de janeiro, Figura 4.34, apresentam correlações positivas em toda a bacia, com destaques para as sub-regiões do ASF e MSF. Foi verificado que quando ocorre o fenômeno El Niño na área do Niño 3, as precipitações nas sub-regiões do ASF e MSF são incrementadas. Isto evidencia situação úmida sobre essas duas sub-regiões, porém para a sub-região do BSF, vê-se indicativos de seca para o mês seguinte, ou seja fevereiro.

Para o mês de fevereiro, como mostra a Figura 4.35, do Apêndice A, há uma diminuição dos valores das correlações em todas as sub-regiões da bacia. Porém, a situação de umidade encontra-se semelhante a do mês anterior.

Para os meses de março a junho, como mostram as Figuras 4.36 a 4.39, do Apêndice A, as correlações são negativas em todas as sub-regiões da bacia. O significado físico desses valores indicam baixos índices de precipitação sobre a bacia. Ou seja, nesses meses são mais secos que os normais. Sendo portanto, relativamente mais seco no mês de maio nas MSF e BSF.

Para os meses de julho a setembro, como mostram as Figuras 4.40 a 4.42 do Apêndice A, os valores de correlações indicam, aumento dos índices pluviométricos nas sub-regiões do ASF e MSF e diminuição dos índices pluviométricos na sub-região do BSF, em anos de El Niño. Tem-se comportamento semelhante a Fig. 4.28. Interferências de frentes frias.

Para o meses de outubro e novembro, como mostram as Figuras 4.43 e 4.44, do Apêndice A, as correlações são negativas em todas as sub-regiões da bacia. Evidenciando-se, assim, situação de seca sobre toda a bacia, em ano de El Niño. Isto pode ser usado como previsor.



Para o mês de dezembro, como mostra a Figura 4.45, do Apêndice A, os valores das correlações indicam, de um modo geral, aumento nos índices pluviométricos em toda a bacia, em anos de El Niño. É importante ressaltar que o mês de dezembro é um dos meses do período chuvoso de todas as sub-regiões. O que indica uma relação direta entre a precipitação de dezembro de todas as sub-regiões da bacia e os índices de anomalias das TSM na área do Niño3.

#### 4.3 Análise das correlações para a área do Niño 4

A Figura 4.15, mostra que dos anos em estudo, 1972 e 1982 foram anos de destaque do fenômeno El Niño. Dos anos de La Niña, 1975 foi o que mais destacou-se.

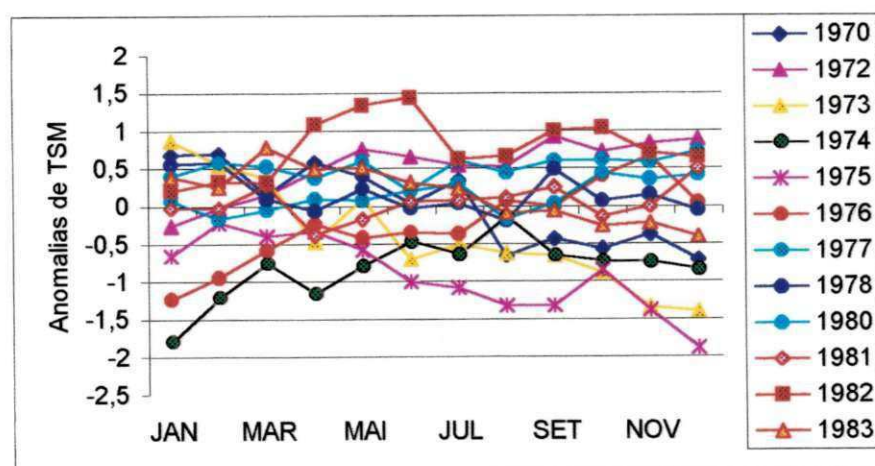


Figura 4.15- Evolução das TSM para a área do Niño 4

As Figuras 4.46 a 4.57, do Apêndice A, apresentam as correlações entre a precipitação da bacia e os índices de anomalias de TSM na área do Niño 4, para os meses de janeiro a dezembro dos anos em estudo.



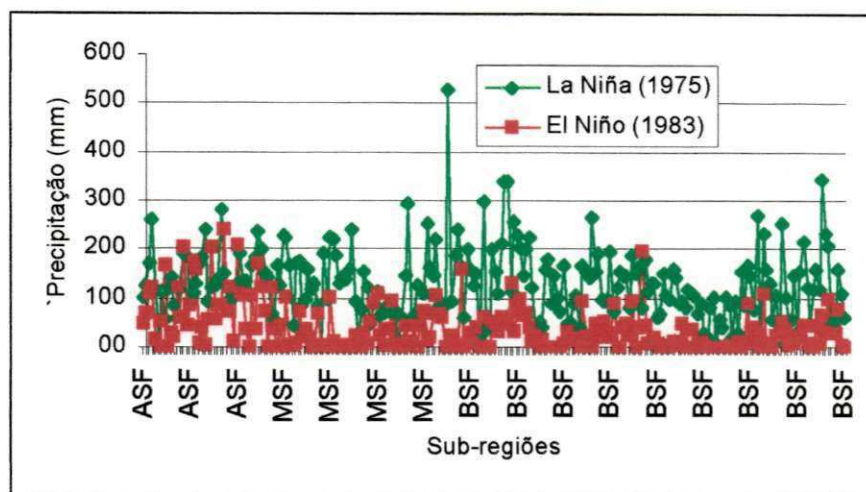


Figura 4.17- Totais precipitados no mês de abril de 1975 e 1982

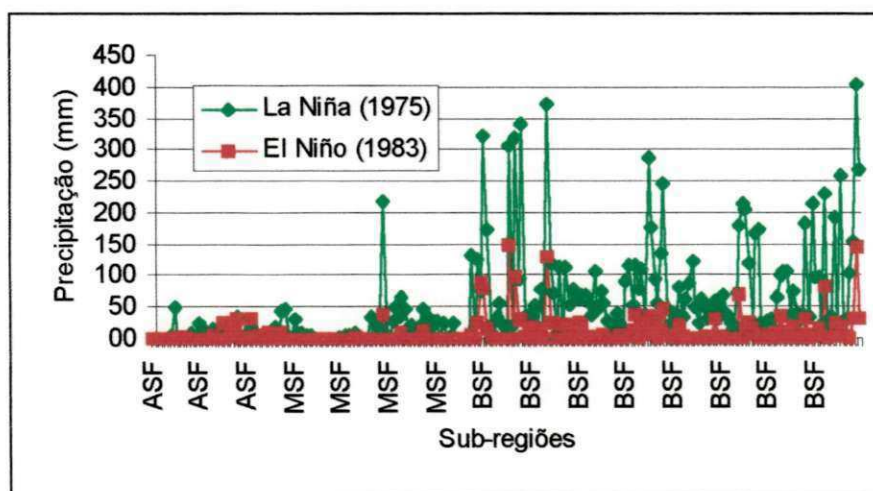


Figura 4.18- Totais precipitados no mês de julho de 1975 e 1982

Para os meses de agosto e setembro, como mostram as Figuras 4.53 e 4.54 do Apêndice A, toda a bacia encontra-se com correlações positivas. O significado físico desses valores indicam, de modo geral, anomalias positivas de precipitação na bacia, em anos de El Niño.

Para os meses de outubro e novembro, como mostram as Figuras 4.55 e 4.56 do Apêndice A, as correlações são negativas sobre todas as sub-regiões da bacia. Isso evidencia precipitações abaixo da média na bacia, em ano de El Niño. Em anos de La Niña, ocorreram

precipitações acima da média, principalmente nas sub-regiões do ASF e MSF, como mostram as Figuras 4.19 e 4.20.

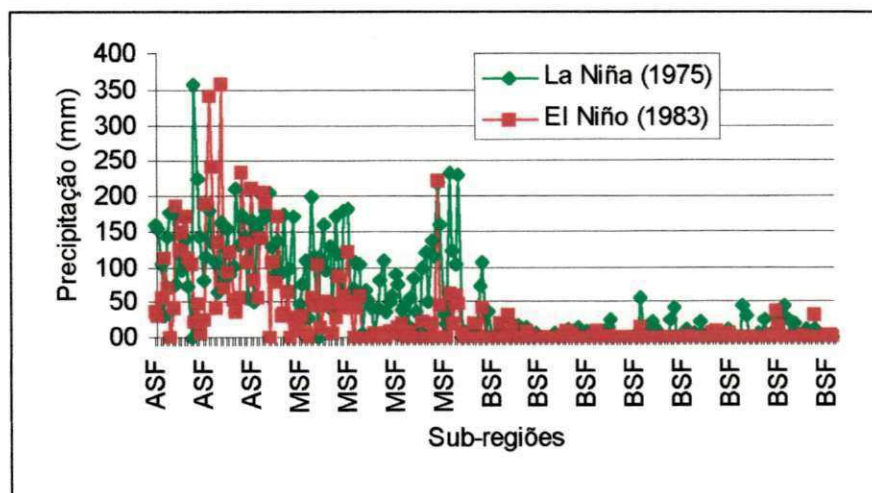


Figura 4.19 - Totais precipitados no mês de outubro de 1975 e 1982

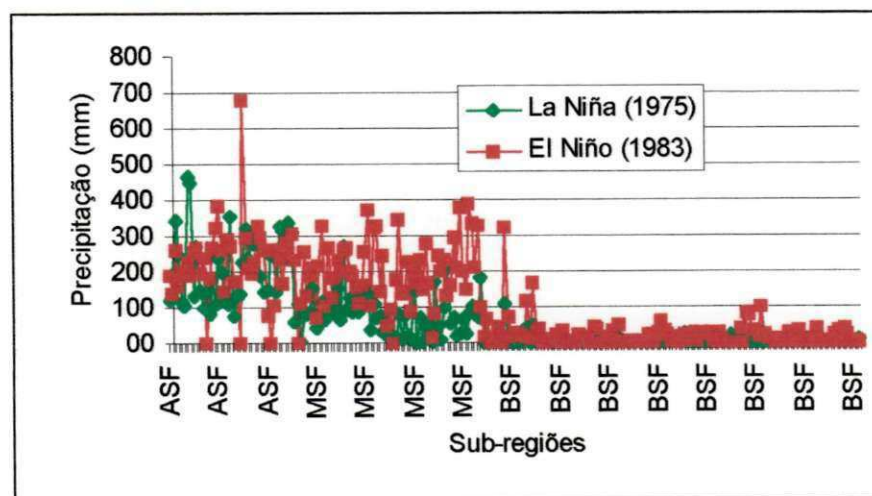


Figura 4.20 - Totais precipitados no mês de novembro de 1975 e 1982

Finalmente, para o mês de dezembro, como mostra a Figura 4.57 do Apêndice A, as correlações são positivas sobre todas as sub-regiões da bacia. Retorno das chuvas. Isso evidencia uma situação de umidade sobre a bacia em anos de El Niño, como mostra a Figura 4.21.



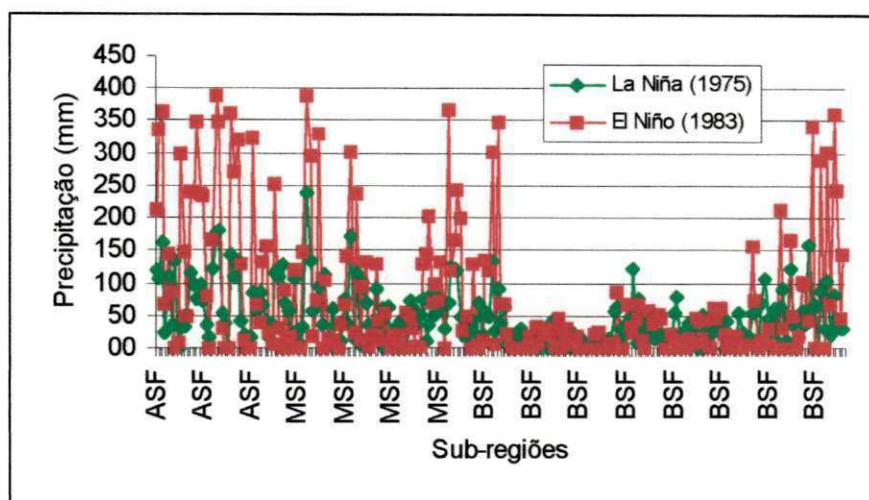


Figura 4.21- Totais precipitados no mês de dezembro de 1975 e 1982

#### 4.4- Interpretação e confiabilidade estatística dos valores das correlações

A interpretação do coeficiente de correlação, como medida de intensidade da relação linear entre duas variáveis, é uma interpretação estatística que pode evidenciar algumas relações físicas de fenômenos naturais. Os coeficientes de correlação devem ser empregados com cuidados quando forem utilizados para se obter informações qualitativas referentes à pares de variáveis. O sucesso com esses coeficientes exige familiaridade com o campo de aplicação, bem como suas propriedades matemáticas. Aqui, os coeficientes de correlação mostraram-se muito úteis, para verificar as relações das precipitações em anos de El Niño e La Niña sobre a bacia. Para verificar a significância desses coeficientes, utilizou-se o teste de hipóteses para dois níveis de significância. A Tabela 4.1 mostra os valores percentuais de ocorrência de correlações, aceitas e rejeitadas, para os níveis de significância ( $\alpha$ ) de 0,05 e 0,10. A probabilidade de ocorrer correlações acima de 0,49, e portanto aceitas pelo teste, para  $\alpha=0,05$ , é em média 14%. Para  $\alpha=0,10$ , a probabilidade de ocorrer correlações acima de 0,39, e portanto aceitas pelo teste, é em média 52%.

Em resumo, em média 86% dos coeficientes de correlação deste estudo, para o nível de significância  $\alpha=0,05$ , não têm significado estatístico. Já para o nível de significância  $\alpha=0,10$ , esse percentual de rejeição, em média, cai para 48%. Vale salientar que neste estudo, o interesse nesses coeficientes concentra-se no significado físico deles. Ou seja, busca-se aqui a relação ou anti-relação entre os fenômenos El Niño – La Niña e as precipitações sobre a bacia hidrográfica.

Tabela 4.1- Probabilidade percentual para ocorrência de correlações

		Nível de significância de 0.05			Nível de significância de 0.10		
		janeiro			janeiro		
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 4	Niño 1+2	Niño 3	Niño 4	
<b>PA</b>	8%	23%	16%	22%	37%	30%	
<b>PR</b>	92%	76%	84%	78%	63%	70%	
		fevereiro			fevereiro		
<b>PA</b>	8%	3%	11%	14%	13%	20%	
<b>PR</b>	92%	97%	89%	86%	87%	80%	
		março			março		
<b>PA</b>	1%	19%	11%	2%	28%	17%	
<b>PR</b>	99%	81%	89%	98%	72%	83%	
		abril			abril		
<b>PA</b>	7%	25%	40%	22%	43%	51%	
<b>PR</b>	93%	75%	60%	78%	57%	49%	
		maio			maio		
<b>PA</b>	11%	1%	6%	37%	19%	18%	
<b>PR</b>	89%	99%	94%	63%	81%	82%	
		junho			junho		
<b>PA</b>	2%	7%	7%	6%	18%	12%	
<b>PR</b>	98%	93%	93%	94%	82%	88%	
		julho			julho		
<b>PA</b>	5%	16%	41%	17%	34%	51%	
<b>PR</b>	95%	84%	59%	83%	66%	49%	
		agosto			agosto		
<b>PA</b>	5%	22%	11%	19%	28%	17%	
<b>PR</b>	95%	78%	89%	81%	72%	83%	
		setembro			setembro		
<b>PA</b>	20%	22%	14%	25%	31%	21%	
<b>PR</b>	80%	78%	86%	75%	69%	79%	
		outubro			outubro		
<b>PA</b>	4%	26%	35%	34%	41%	45%	
<b>PR</b>	96%	74%	65%	66%	59%	55%	
		novembro			novembro		
<b>PA</b>	11%	11%	2%	19%	20%	5%	
<b>PR</b>	89%	89%	98%	81%	80%	95%	
		dezembro			dezembro		
<b>PA</b>	3%	8%	35%	9%	21%	55%	
<b>PR</b>	97%	92%	65%	91%	79%	45%	

PA = Percentual de Aceitação e PR= Percentual Rejeição

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÃO

### 5.1 Conclusões

Os resultados deste estudo indicaram que existe uma relação direta entre a precipitação e os índices de anomalias de TSM das diferentes áreas do Niño. Em ano de El Niño, apresentaram um aumento das precipitações nas sub-regiões do ASF e MSF e uma diminuição na BSF. Em ano de evento La Niña, ocorrem o contrário. Esse é o padrão geral de comportamento dessa relação, apesar de algumas poucas contradições. Como a soma das sub-regiões ASF e MSF corresponde a cerca de 80% da área da bacia, é bem provável que em anos de El Niño a bacia do São Francisco produza mais água do que em anos de La Niña. Portanto, o impacto do fenômeno El Niño sobre a bacia em estudo é positivo.

Em média 86% dos coeficientes de correlação deste estudo, para o nível de significância  $\alpha=0,05$ , não têm significado estatístico. Já para o nível de significância  $\alpha=0,10$ , esse percentual de rejeição, em média, cai para 48%. Vale salientar que, neste estudo, o interesse nesses coeficientes concentra-se no significado físico deles. Ou seja, busca-se aqui a



relação ou anti-relação entre os fenômenos El Niño – La Niña e as precipitações sobre a bacia hidrográfica.

Do exposto acima, pode-se concluir que: a análise de correlação entre os índices de anomalias de TSM e os índices de precipitação sobre a bacia hidrográfica do Rio São Francisco, apesar de baixa significância estatística dos coeficientes, indica uma relação ou anti-relação direta entre os fenômenos El Niño – La Niña e a precipitação. Como as secas nordestinas são atribuídas ao El Niño, chega-se a conclusão que a transposição para os Estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte é possível de ser feita, uma vez que, nos anos de El Niño, o leito do rio terá mais água que o normal, conforme sugerem as correlações obtidas.

## 5.2 Sugestão

Aqui, estudaram-se fenômenos de escala global. Ou seja, a relação entre a precipitação de uma grande bacia e os fenômenos El Niño – La Niña. No entanto, verificou-se, ao longo deste trabalho, dificuldades para explicar a ocorrência de alguns núcleos isolados de precipitação. O aparecimento desses núcleos pode estar relacionado com a influência da circulação de escala sinoptica ou de meso escala. Sugere-se, para melhor entender a dinâmica da precipitação nessas pequenas áreas, um estudo particularizado das durações e frequências da precipitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.C. Variabilidade Pluviométrica no setor norte do nordeste do Brasil e os eventos El – Niño/ Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 7(2), 588-592, 1992.
- ALVES, J.M.B.; SOUZA, B.E.A Relação Entre os Fenômenos El Niño e La Niña e a Distribuição Interanual da Precipitação no Estado do Ceará. Notas Técnicas, **Monitor Climático**, vol. 11, N<sup>o</sup> 127, 1997.
- ALVES, J.M.B. Características Intrasazonais da Precipitação no Estado do Ceará em Anos de Contrastes Climatológicos. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XI**, Florianópolis, 1999. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999.
- ARAGÃO, J.O.R. Fatos Sobre o Fenômeno El Niño e Sua Relação Com as Secas no Nordeste do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia-SBMET-Vol 14**, n<sup>o</sup> 1, P. 2-8, 1990.
- ARAGÃO, J.A.R. Tempo e Clima no Nordeste do Brasil: A influência dos Fenômenos El Niño/Oscilação Sul e Dipolo do Atlântico. Livro em fase de publicação, 2000.
- BAROUCHE, J.M.; SAPORTA, A.G. Análise de Dados. Zahar Editores, Rio de Janeiro, RJ, 116p, 1982.
- BJERKNES, J. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**. Vol.97, pág. 163 – 172, 1969.
- BELTRANE, Z.V. Geografia Ativa. A paisagem Regional Humanizada. Editora ática, vol.2, 42<sup>o</sup> edição, 200p, 1995.

- BROWN, C.E. Use of Principal – Component, Correlation and Stepwise Multiple-Regression Analyses to Investigate Selected Physical and Hydraulic Properties of Carbonate, Rock Aquifers. *Journal of Hydrology*, vol.147, p. 169-195, 1993.
- CARLOS, E.M.T. Hidrologia Ciência e Aplicação. Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, v.4, 1993.
- CASARIN, D.P. Um Estudo Observacional sobre os Sistemas de Bloqueio no Hemisfério Sul. São José dos Campos, INPE, fev. 1983. (INPE – 2638 – TDL/114).
- CHAYES, F. On Correlation in Petrography. *Journal Geological*. V. 57: 239-254, 1949.
- CHAYES, F. On Correlation Between Variables of Constant Sum. *Journal Geophys. Res.* V.65, 4185-4193, 1960.
- EFRON, B. Estimating the Error rate of a Prediction Rule: Improvement on Cross Validation. *J. Amer. Stat. Assoc.*, 78, 316- 331, 1983.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação e rendimento de milho no estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, 1996.
- FUENTES, M.V. Bloqueios. CPTEC/INPE. 1998.
- FUNCENE. *Boletim de Monitoramento do El Niño de 1997*.
- GALVANI, E.; PEREIRA, A.R. El Niño Oscilação Sul (ENOS), quantificação e classificação da intensidade do fenômeno. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, X, Piracicaba,1997. *Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia*,1997. P. 280-282.
- GRIFFITHS, J. C. *Scientific Method in Analysis of Sediments*.Mc Graw-Hill, New York, 508pp.
- GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation Anomalias in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. *Journal of Climate*. Vol. 11, número 11, pp. 2863 – 2880, 1998.
- HANSEN, D.V. **Physical Aspects of the EL NIÑO Events**. Atlantic Oceanographic and Meteorological Lab., 4301. Rickenbacker Causeway, Miami., Florida 33149 (USA), and Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies, University of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, Florida 33149 (USA).
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. dynamics of climate Hazards in Northeast Brazil – *Quart. Journal Roy. Meteor. Soc.* Vol. 103, pág. 77 – 92, 1977.

- HSIEH, C.H.; RAO, A.R. Empirical Orthogonal Function Analysis of Hydrologic Data, I. Tech. Rep. CE-HSE-88-2, School of Civil Engineering, Purdue University, w. Lafayette, IN, 259pp, 1988.
- INPE. Boletim Informativo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.
- ISHII, M. A statistical forecast experiment for seasonal air temperature in Japan using a model identification criterion, Participant Report of the Second International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short Term Climate Predictions, **IRICP Pilot Project**, 14 pp, 1995.
- KANE, R.P. Relationship of El Niño – Southern Oscillation and Pacific Sea Surface Temperature with Rainfall in Various Regions of the Globe. **Month Weather Review**, n.8, v.125, p.1972-1800, Aug. 1997.
- KOUSKI, V.E. Atmospheric circulation changes associated with rainfall anomalies over tropical Brazil. **Monthly Weather Review**, 113 (2): 1951-1957, 1985.
- MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C. Análise da Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña no Clima de Piracicaba. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, X**, Piracicaba, 1997. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997.
- MARKHAM, C. G.; MCLAIN, D. Sea Surface Temperature Related to Rain in Ceará, North – Eastern Brazil. *Nature*, v. 265, p. 320-3, 1977.
- MELLO, A.B.C.de. **Previsibilidade da Precipitação na Região Semi-árida do Nordeste do Brasil, Durante a Estação Chuvosa, em Função do Comportamento Diário das chuvas na Pré-estação**. Dissertação de MESTRADO EM METEOROLOGIA. Universidade Federal da Paraíba –UFPB. 1997, 124 p. (DCA-CMM.TD N°06)
- MONTECINOS, A. On the Predictability of the Austral Winter Rainfall in Central Chile (30S-40S) Using Sea Surface Temperatures in the Pacific Ocean, Participant Report of the First International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short Term Climate Predictions, **IRICP Pilot Project**, 46 pp, 1995.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of in northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments With a General Circulation Model. **Jounal Atmospheric Sci.**, v.38, p. 2653 –75, 1981.
- MOURA, M. S.B.; SOBRINHO, J.E. Variações Pluviométricas Associadas ao Fenômeno El Niño Oscilação Sul em Mossoró- RN. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XI**, Florianopolis-SC, 1999. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999.

- ONDRICK, C. W.; SRIVASTAVA, G. S. CORFAN-FORTRAN IV Computer Program for Correlation, Factor Analysis (R- and Q-mode) and Varimax Rotation. Kansas Geological Survey Computer Contribution 42, 92pp, 1970.
- PHILANDER, S.G. El Niño, La Niña and The Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, California. 292p. 1990.
- ROPELEWISKY, C.F., JONES, P.D. Na extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. *Monthly Weather Review.*, Washington, v.115, p. 2161-2165. 1987.
- ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño Southern Oscillation. *Monther Weather Review.* V.115, 1606-1626, 1987.
- ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2, 268-284. 1989.
- ROPELEWISKY, C.F.; HALPERT, M.S. Quantifying southern oscillation-precipitation relationships. *Journal of Climate*, Boston, 1996 (no prelo).
- ROSWINTIARTI, O . Climate Anomaly of the Indonesian Archipelago Related With El Niño / Southern Oscillation and Its Short- Term Prediction, Participant Report of the First International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short Term Climate Predictions, *IRICP Pilot Project*, 79 pp, 1995.
- SAUCIER, W.J. Principios de Análise Meteorológica. Rio de Janeiro-RJ, 459p, 1969.
- SOUZA, E. B. Um Estudo Observacional sobre o Padrão de Dipolo de Anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical-Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos (SP) – 1995.
- SILVA, J.F.da. El Niño, Fenômeno Climático do Século. Brasília-DF, 139p, Editora: Thesaurus, 2000.
- STONE, M. Cross Validatory Choice and Assessments of Physical Predictions. *J. Roy. Stat. Soc.*, B36, 111-147, 1974.
- STUDZINSKI, C.E.; DIAZ, R. Main Feature of Rainfall Variability in Uruguay-Southern Brazil Region and Prediction Experiments Through Statistical Models, Participant Report of the First International Training Course on Pratical and Theoretical Aspects of Short Term Climate Predictions, *IRICP Pilot Project*, 32pp, 1995.
- SCHOTT, G. Der Peru Strom end Seine Nordlichen Nachborgebeite in Normalen end anormaler Ausbildung. *Ann. Hydr. Mar. Met.*, 59 (5): 161-169, (6): 200- 213, (7): 240-253, 1931.
- SPIEGEL, M.R. Estatística. McGraw-Hill, São Paulo-SP, 580p, 1972.

- TASSO, S.A.S. **Influência do El Niño - Oscilação Sul na Distribuição Espacial da Precipitação no Estado da Paraíba**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Meteorologia. Publicação DCA-CMM TD N<sup>o</sup>02 -1996.
- THENBERTH, K.E.; HOAR, T. J. The 1990 – 1995 El Niño – Southern Oscillation event. Longest on Record. *Geopy. Res. Letters*, 23, 57 – 177, 1996.
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, v.4, 1993.
- UVO, B.C. REPELLI, C.C. A Study on the Pacific and Atlantic SST on the Northeast Brazil Monthly Precipitation Using Singular Value Decomposition, Participant Report of the First International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short Term Climate Predictions, **IRICP Pilot Project**, 49pp, 1995.
- XAVIER, T.de M.B.S. Eventos de “El Niño”: Sua Influência Sobre as Chuvas no Estado do Ceará e Comparação com Papel de Outras Covariáveis. Fortaleza – Ceará. **Monitor Climático**, 11 (123): 8-26, julho de 1997.
- WARD, M.N.; FOLLAND, C. K. Prediction of Seasonal Rainfall in The North Nordeste of Brazil Using Eigenvectors of Sea-Surface Temperature. *Int. Journal of Climate*. v. 11,p. 711-43, 1991.
- WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. Academic Press, San Diego, Califórnia, 467p, 1995.
- ZHAO, Z. Practical Applications of Short – Term Climate Forecast to Crop Yield Predictions in China, Participant Report of the Second International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short Term Climate Predictions, **IRICP Pilot Project**, 62 pp, 1995.

# APÊNDICE A

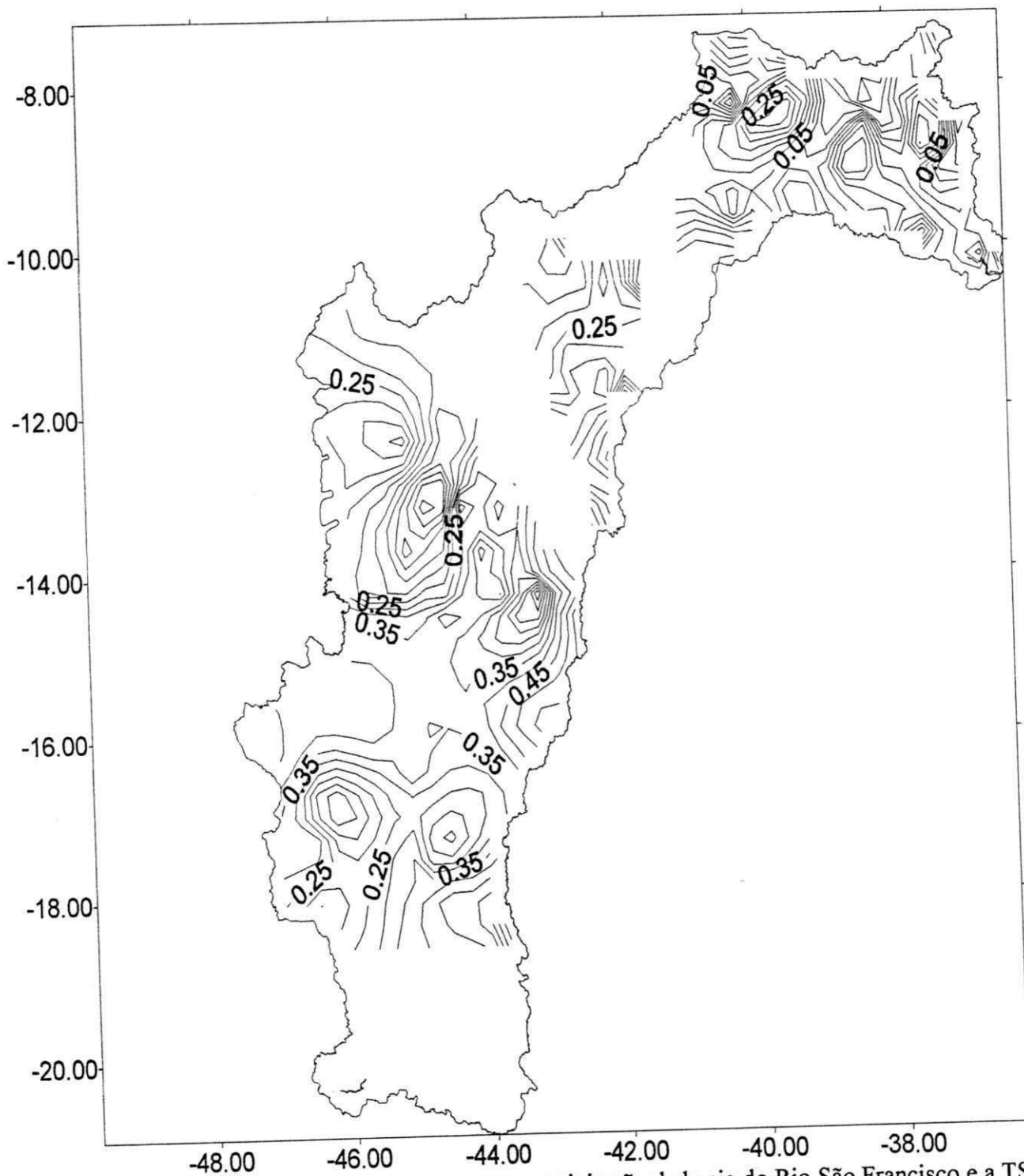


Figura 4.22. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de janeiro.



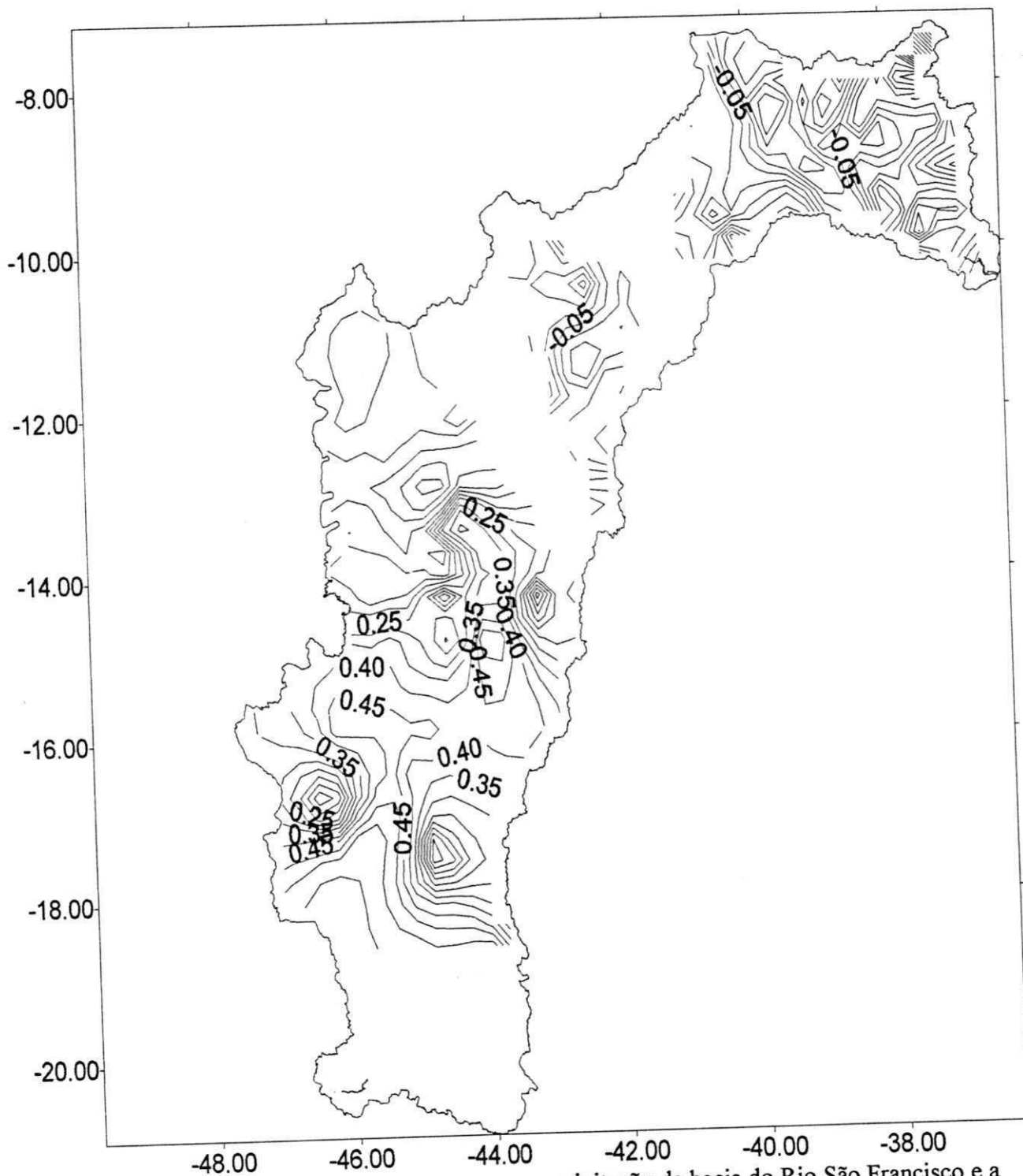


Figura 4.23. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de fevereiro

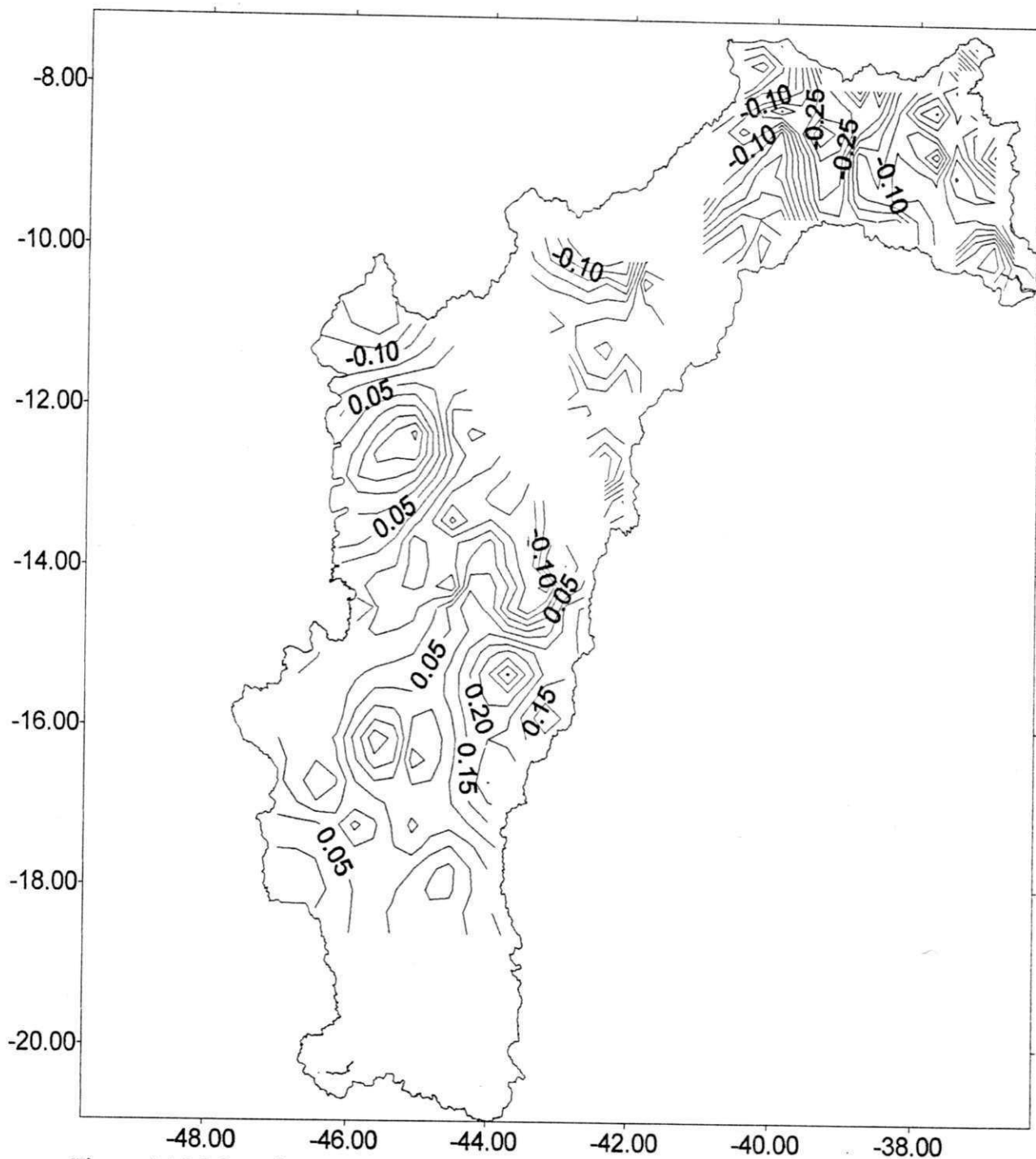


Figura 4.24. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de março

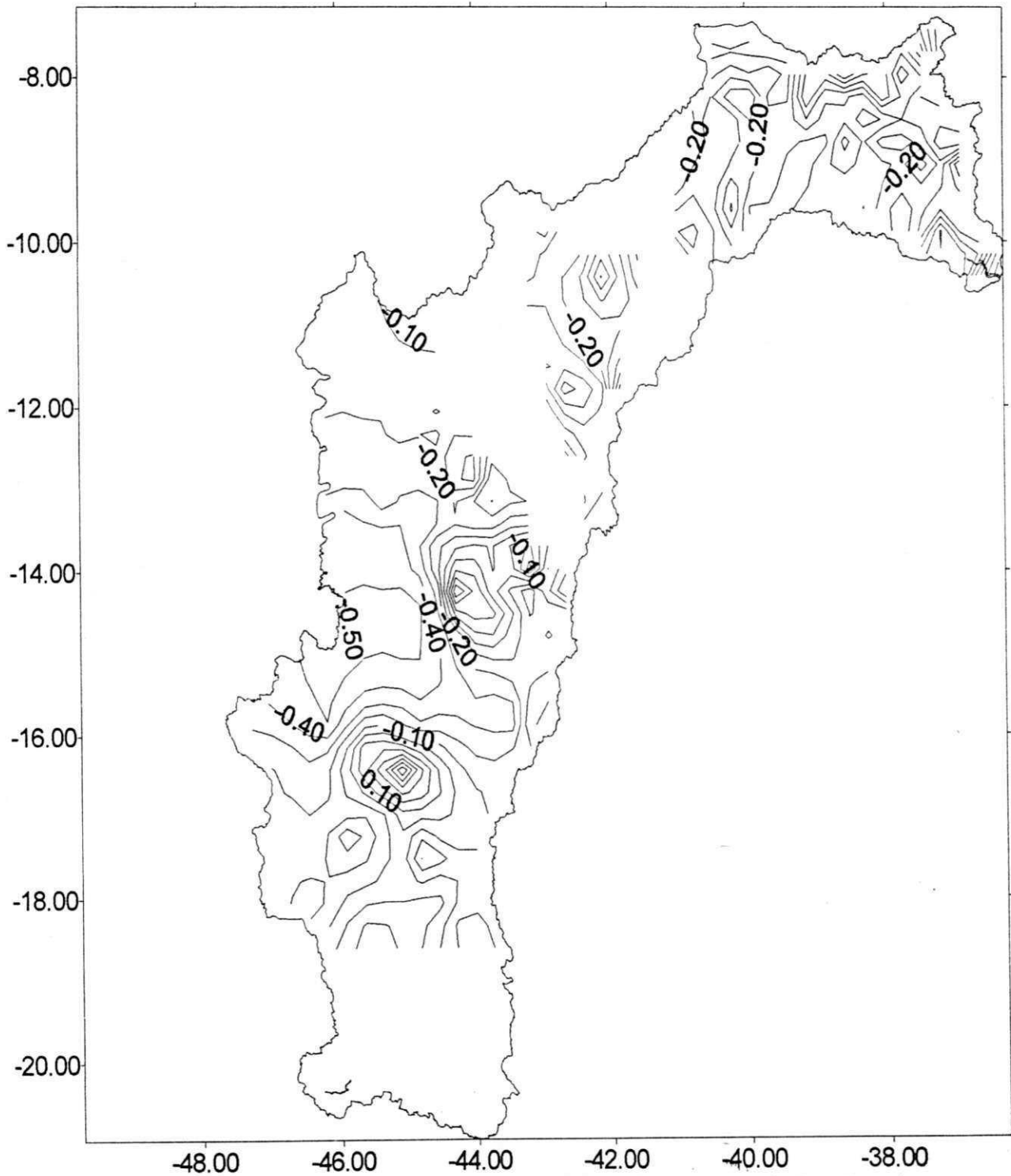


Figura 4.25. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de abril

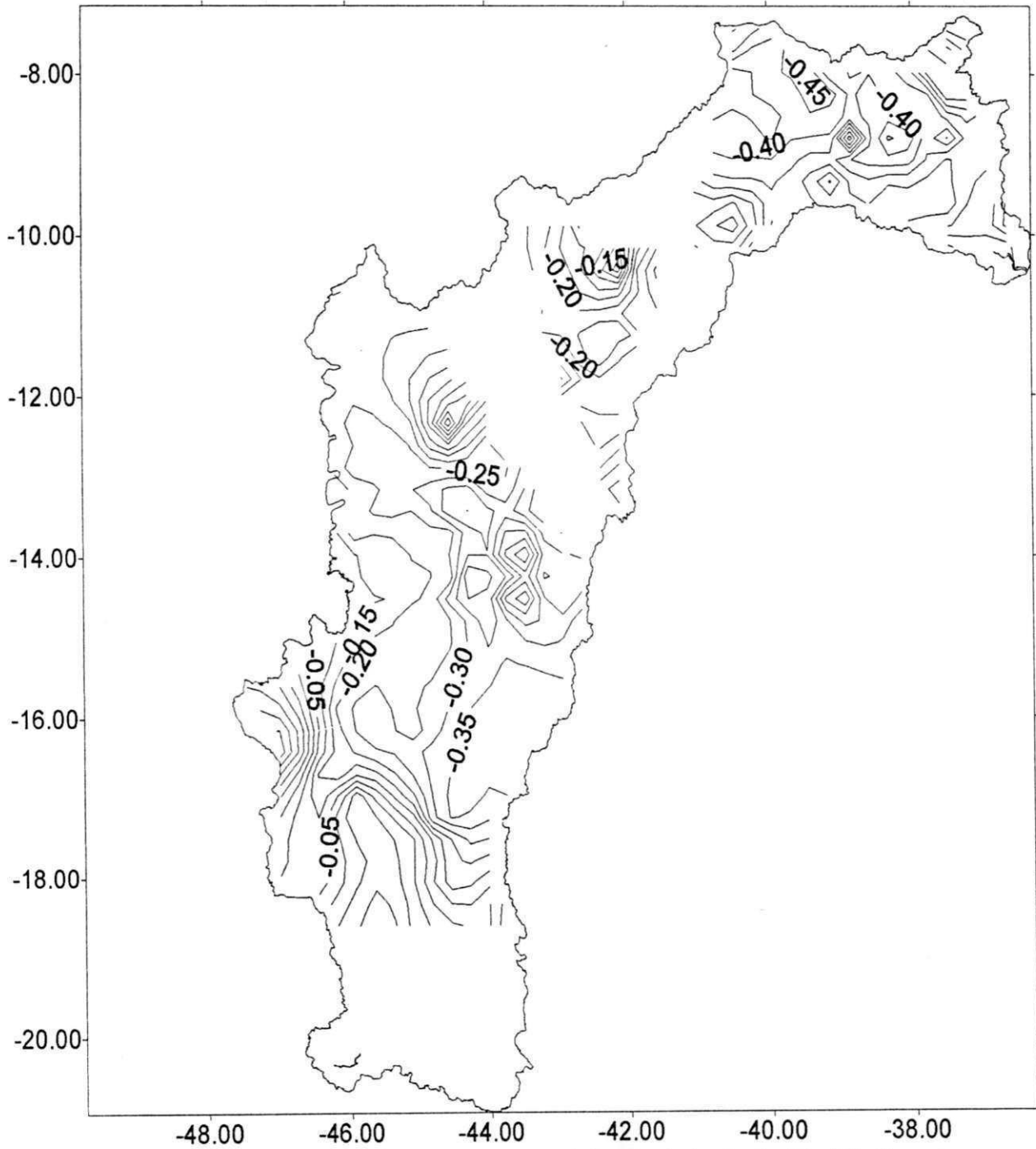


Figura 4.26. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de maio

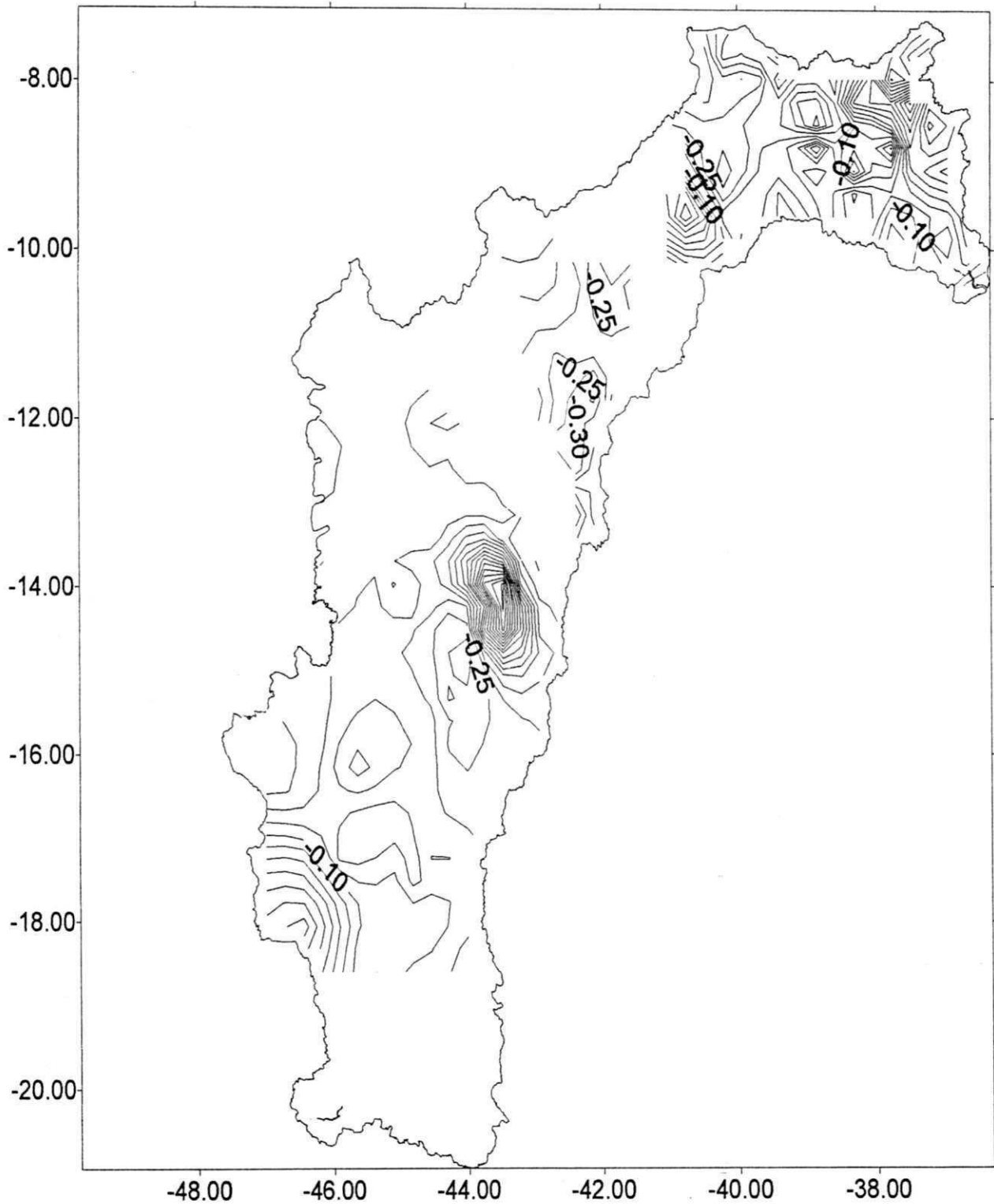


Figura 4.27. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de junho

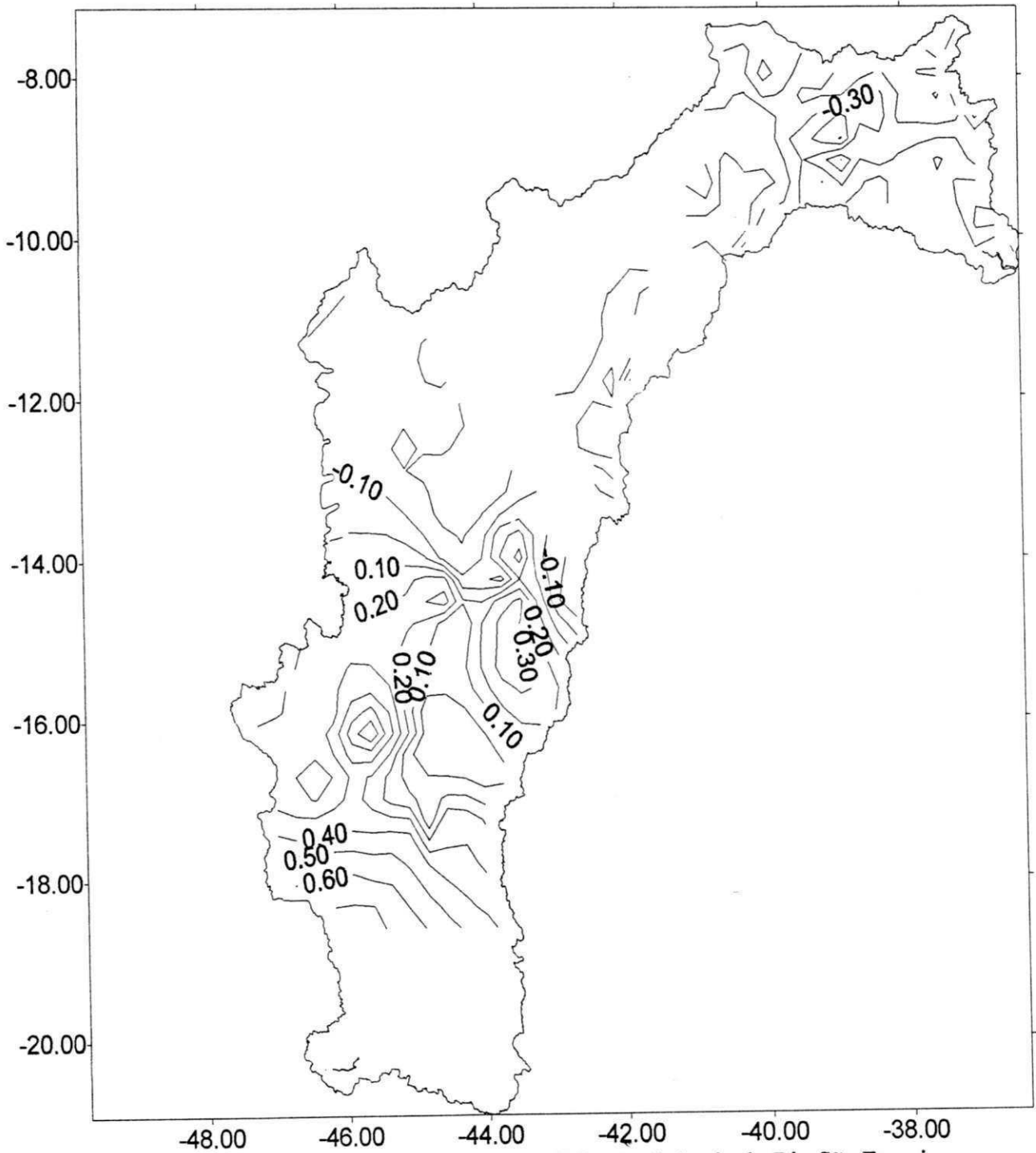


Figura 4.28. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de julho

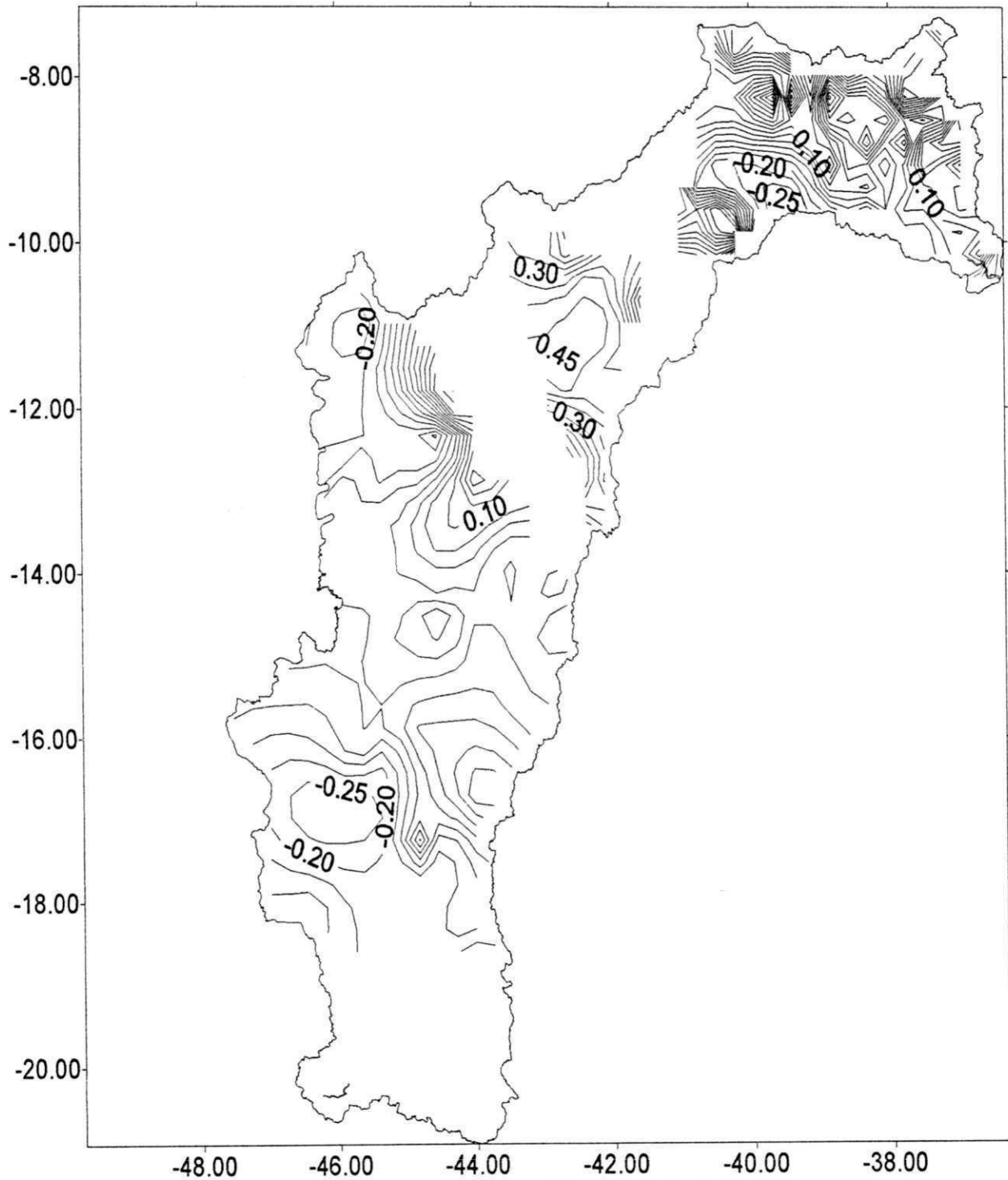


Figura 4.29. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de agosto

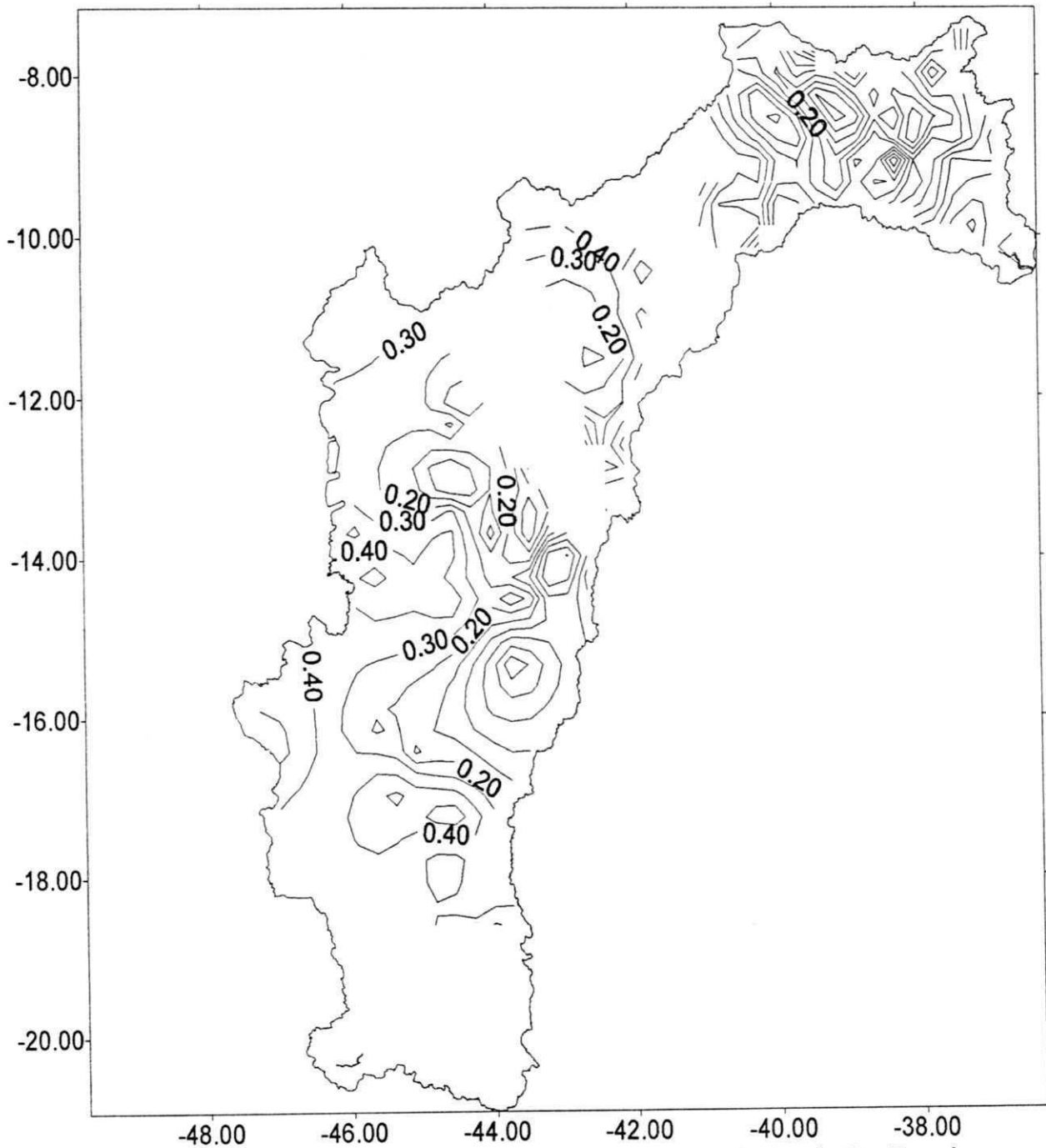


Figura 4.30. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de setembro



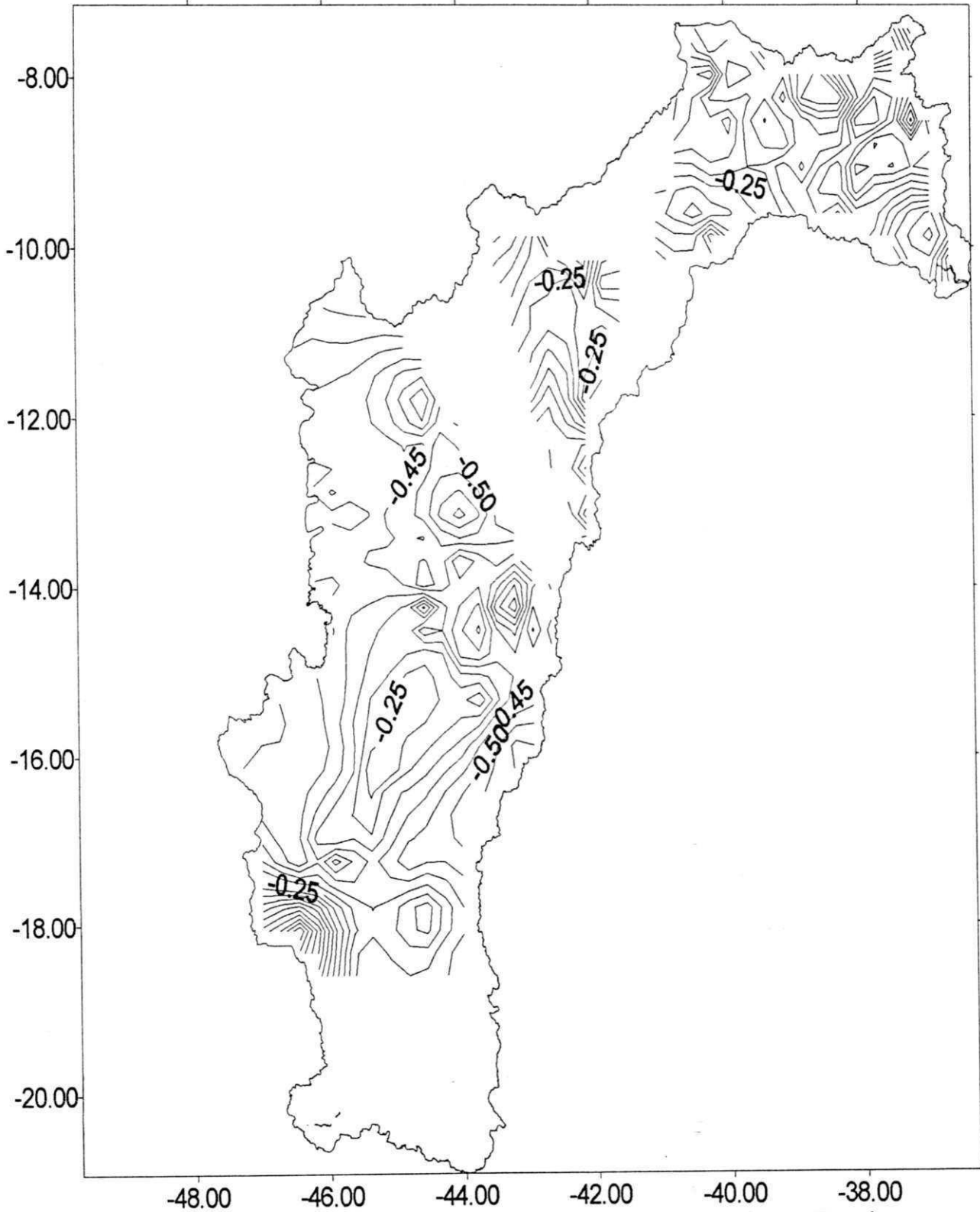


Figura 4.31. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de outubro

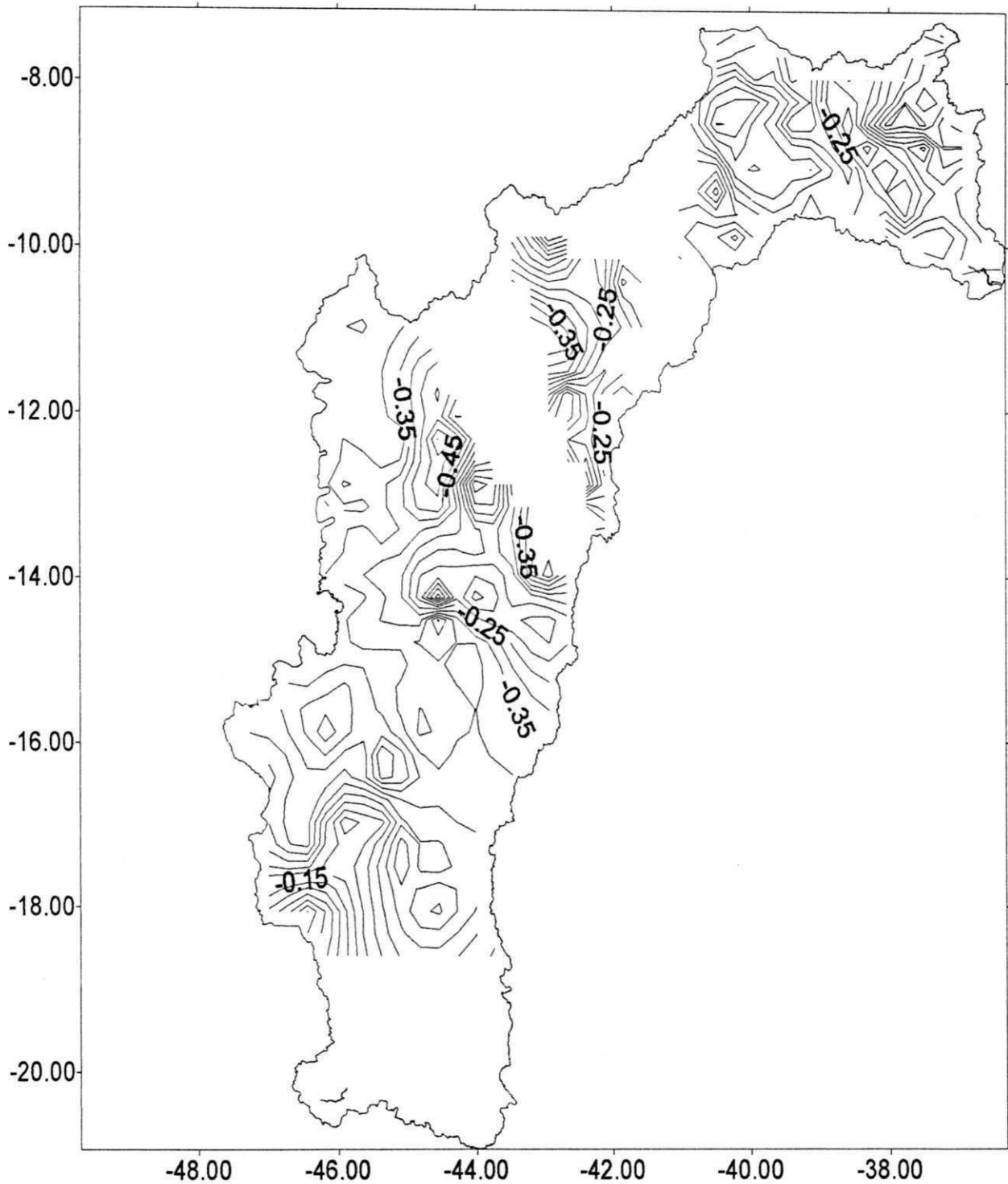


Figura 4.32. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de novembro

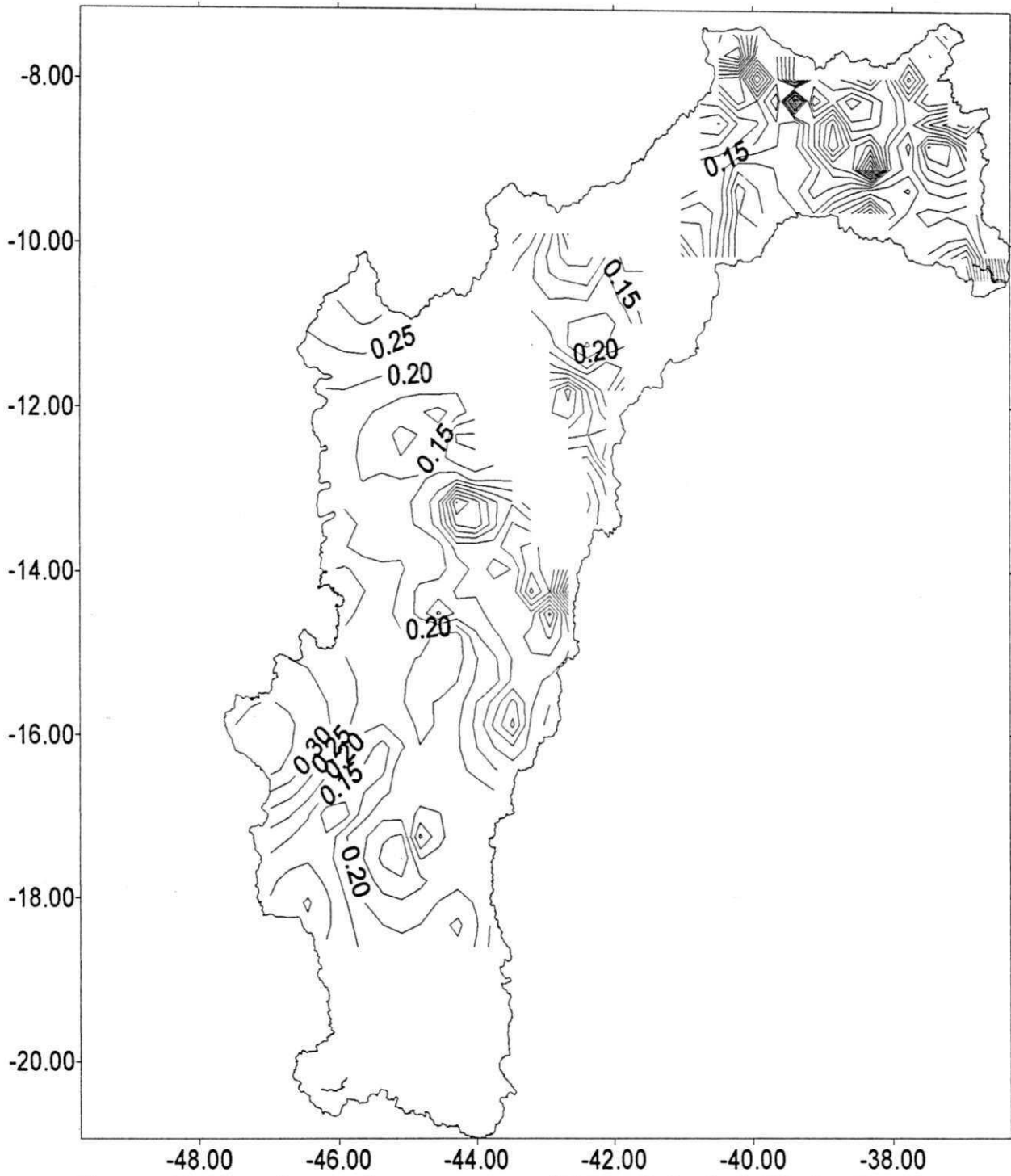


Figura 4.33. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 1+2 em anos de El Niño e La Niña para o mês de dezembro

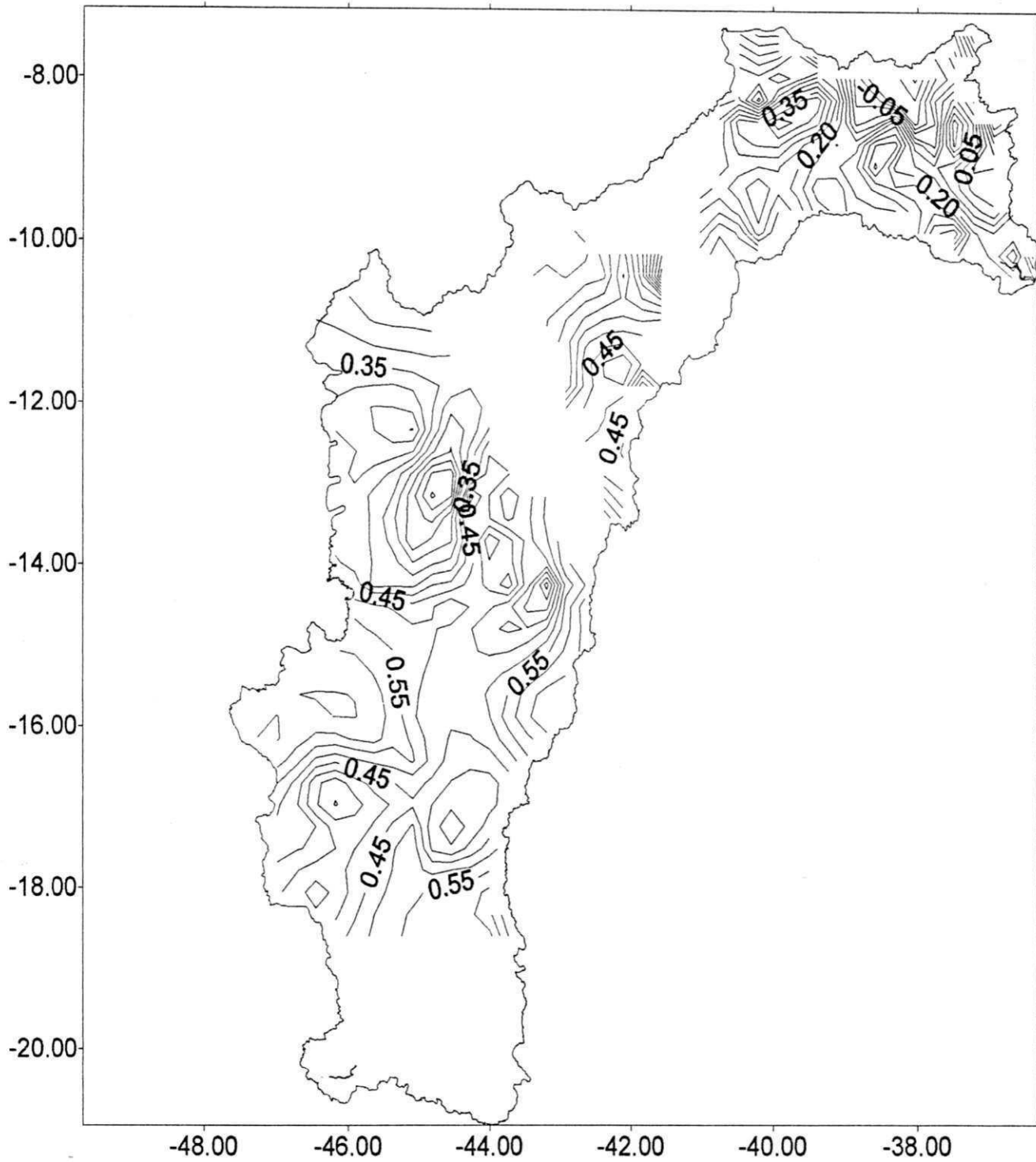


Figura 4.34. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de janeiro

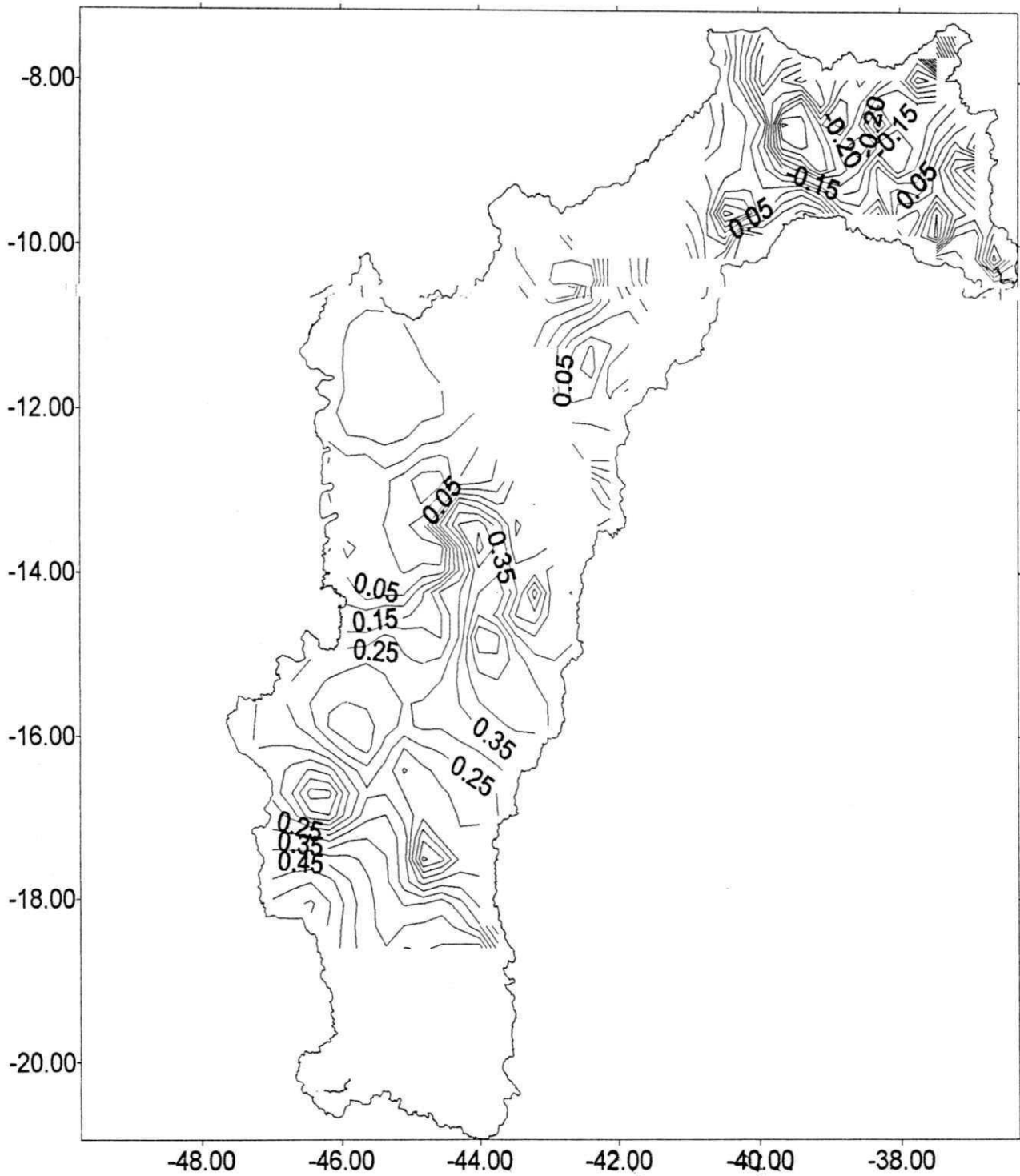


Figura 4.35. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de fevereiro

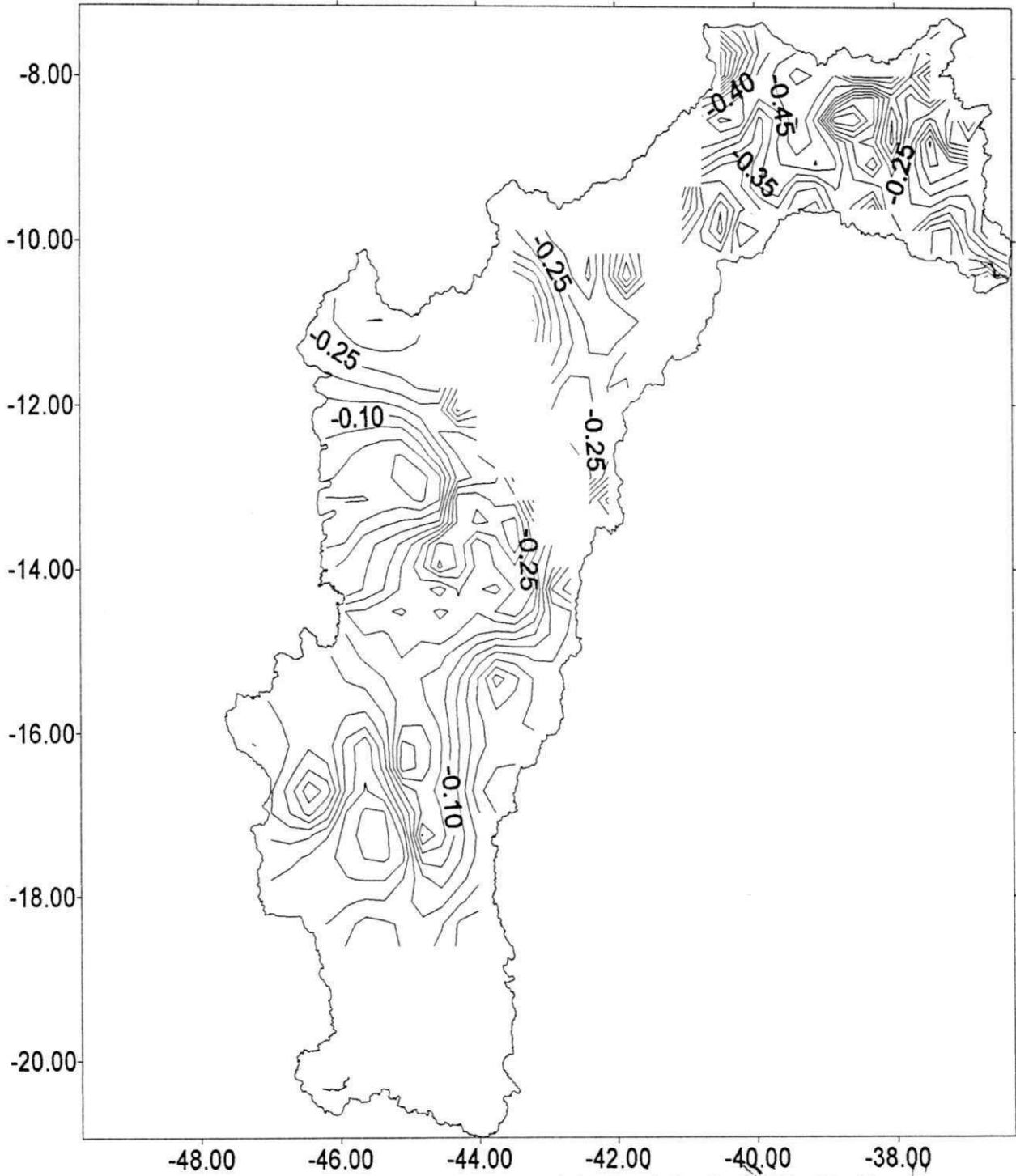


Figura 4.36. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de março

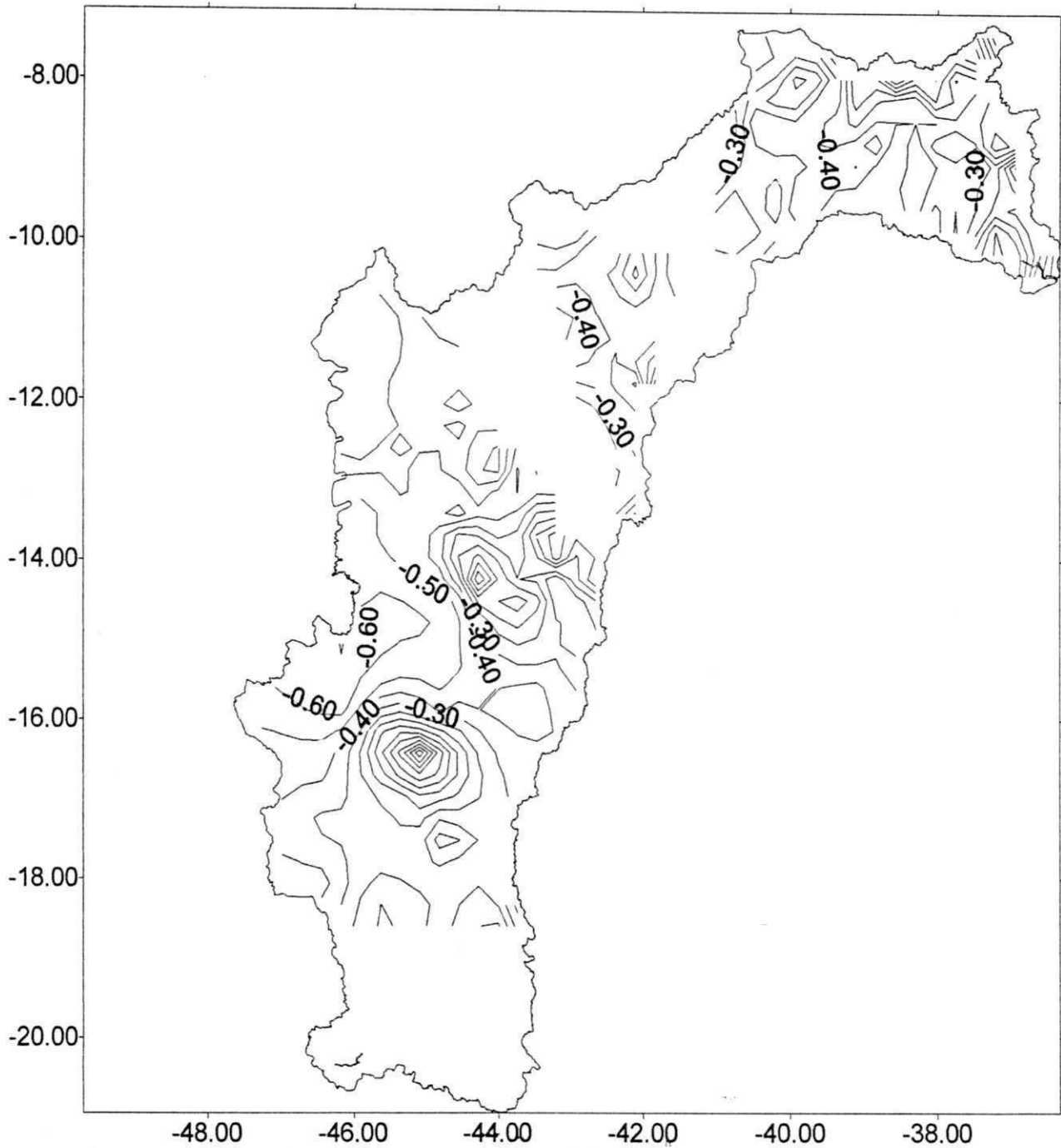


Figura 4.37. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de abril

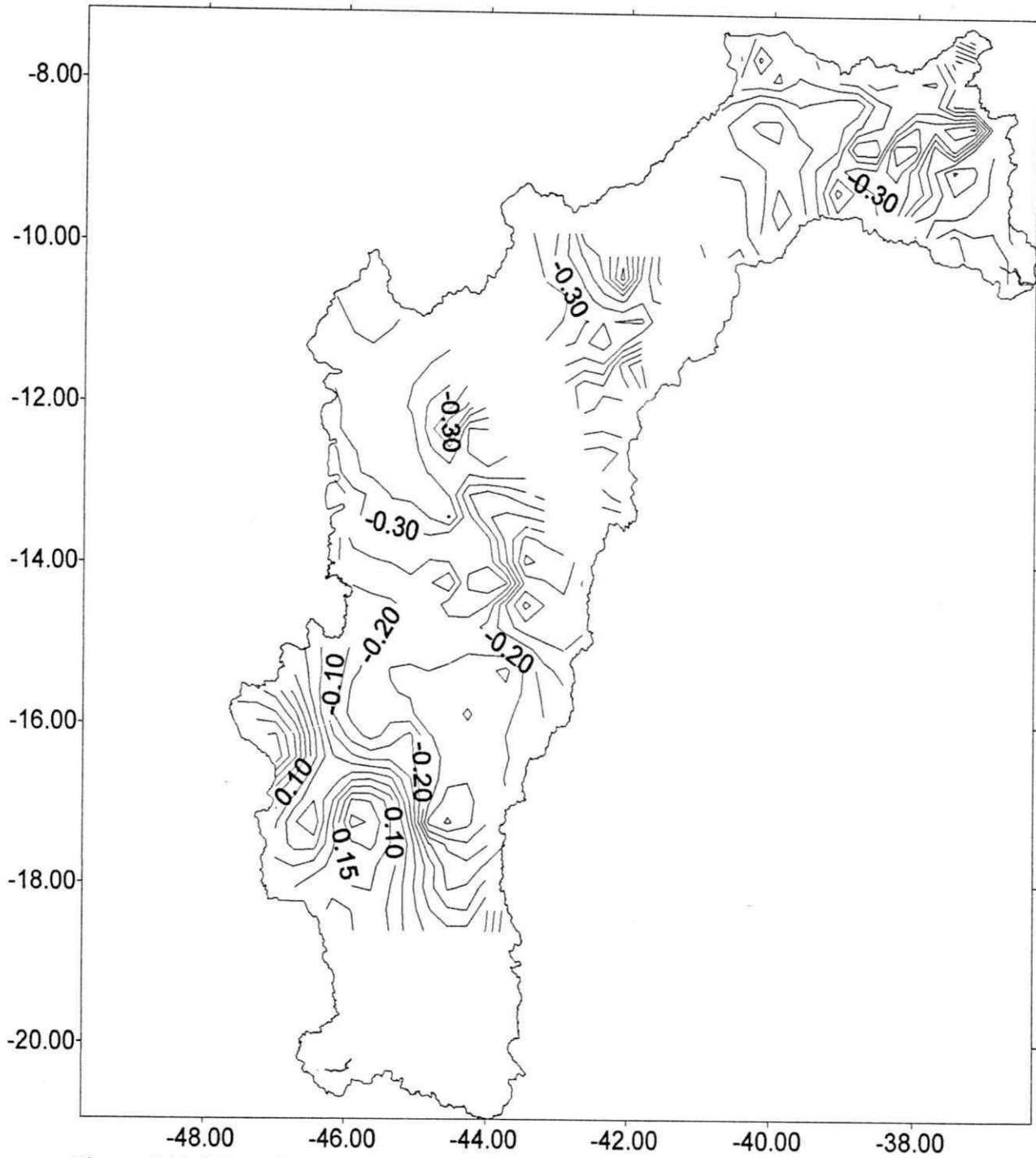


Figura 4.38. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de maio



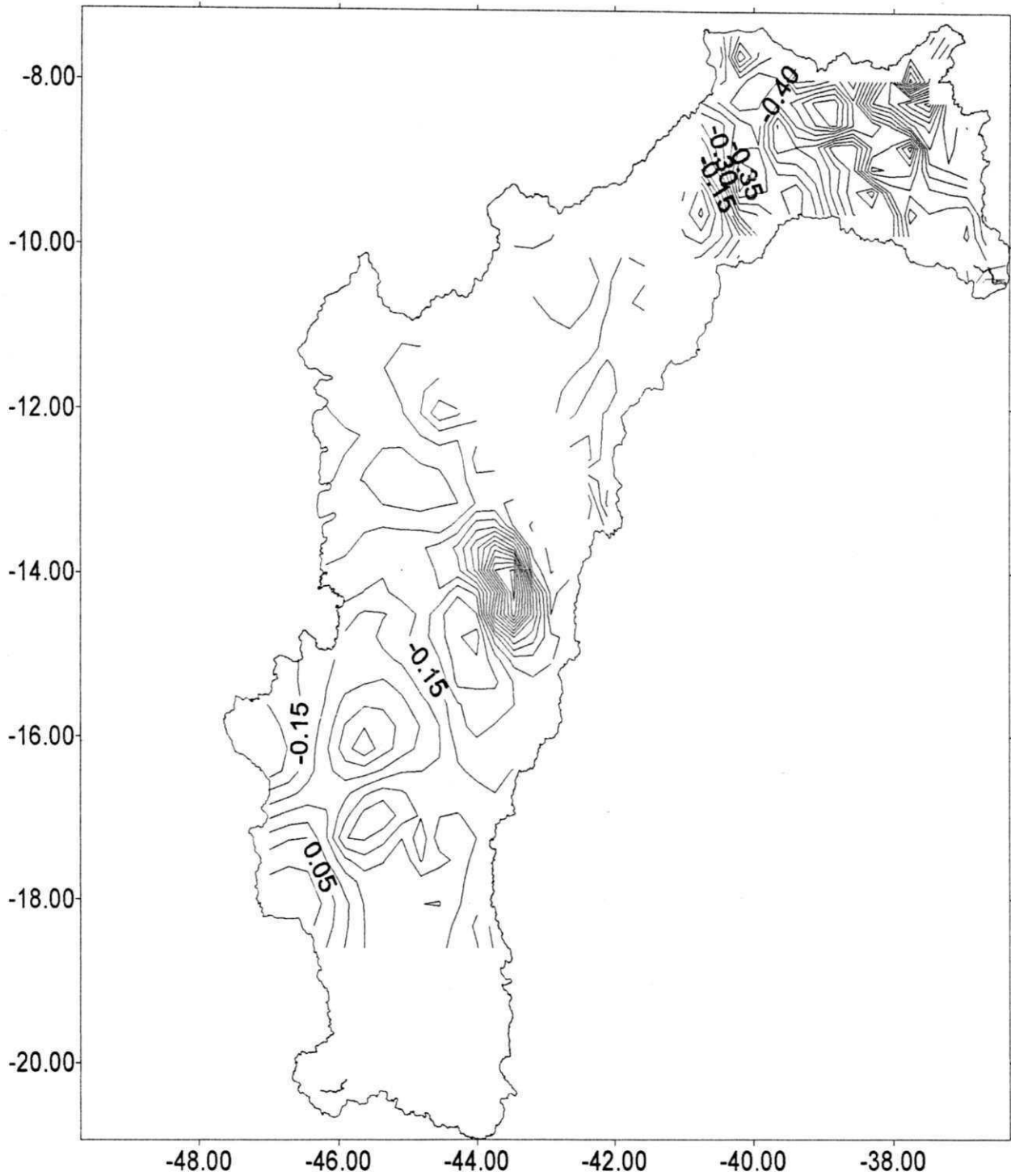


Figura 4.39 Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de junho

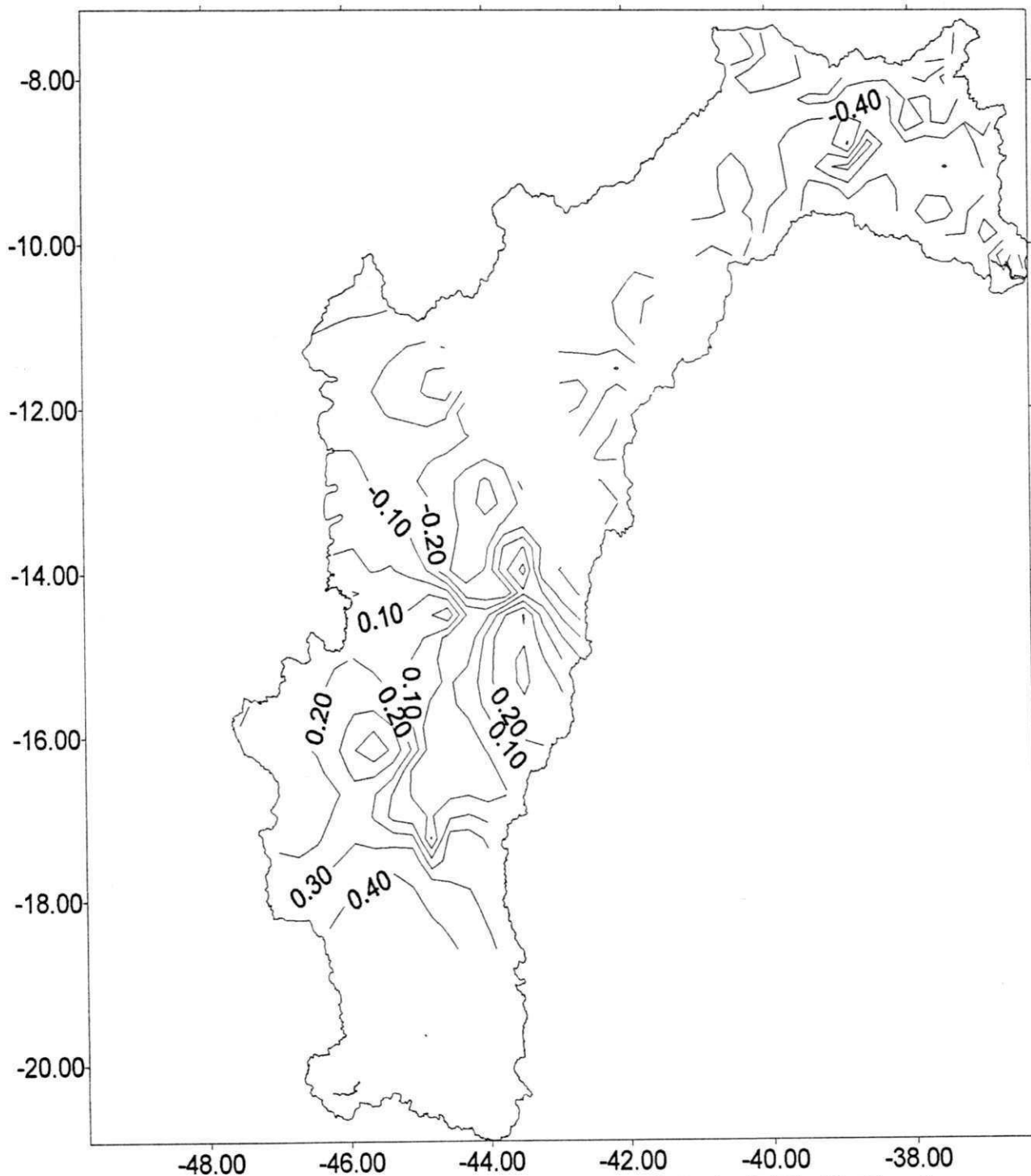


Figura 4.40. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de julho

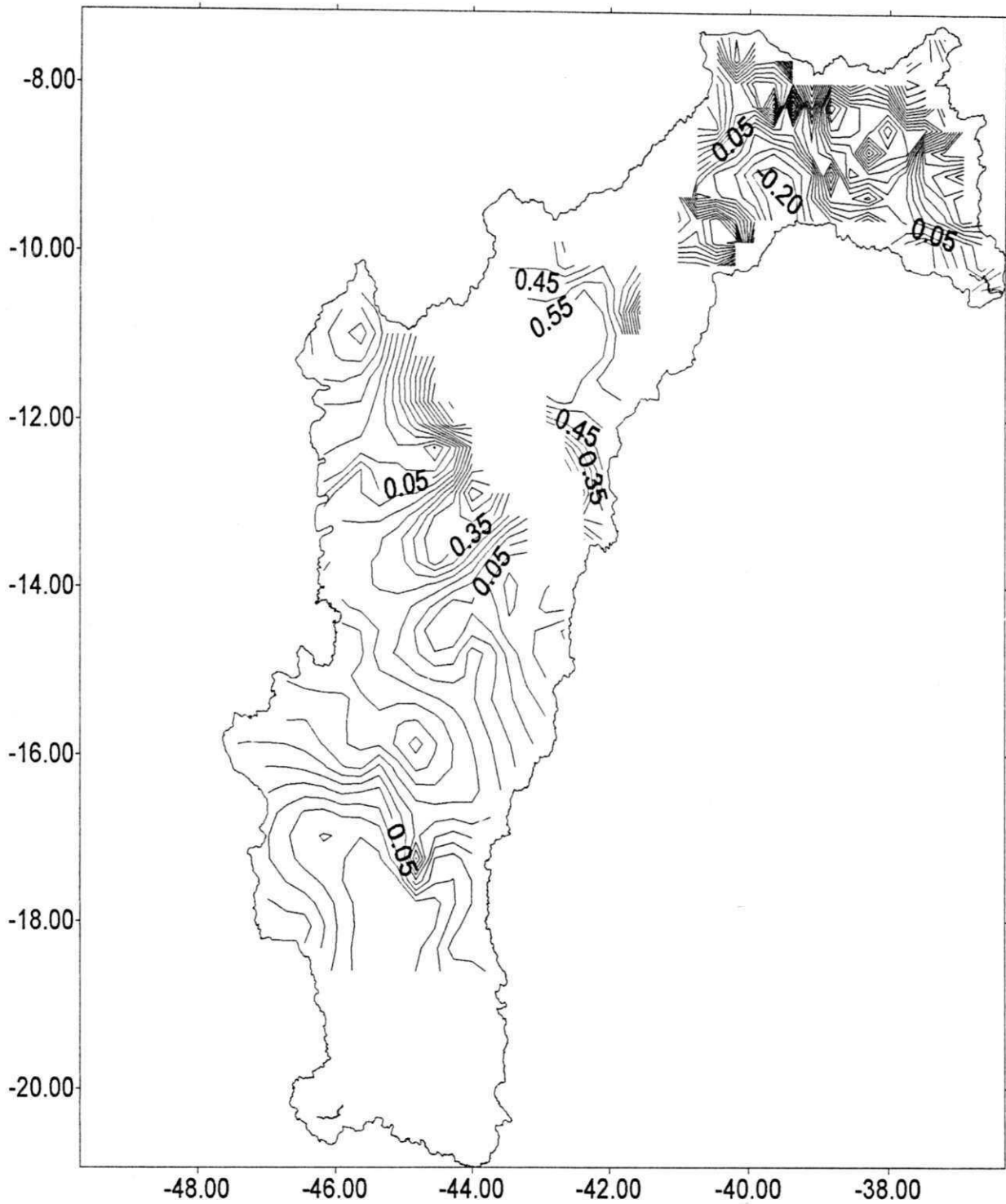


Figura 4.41. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de agosto

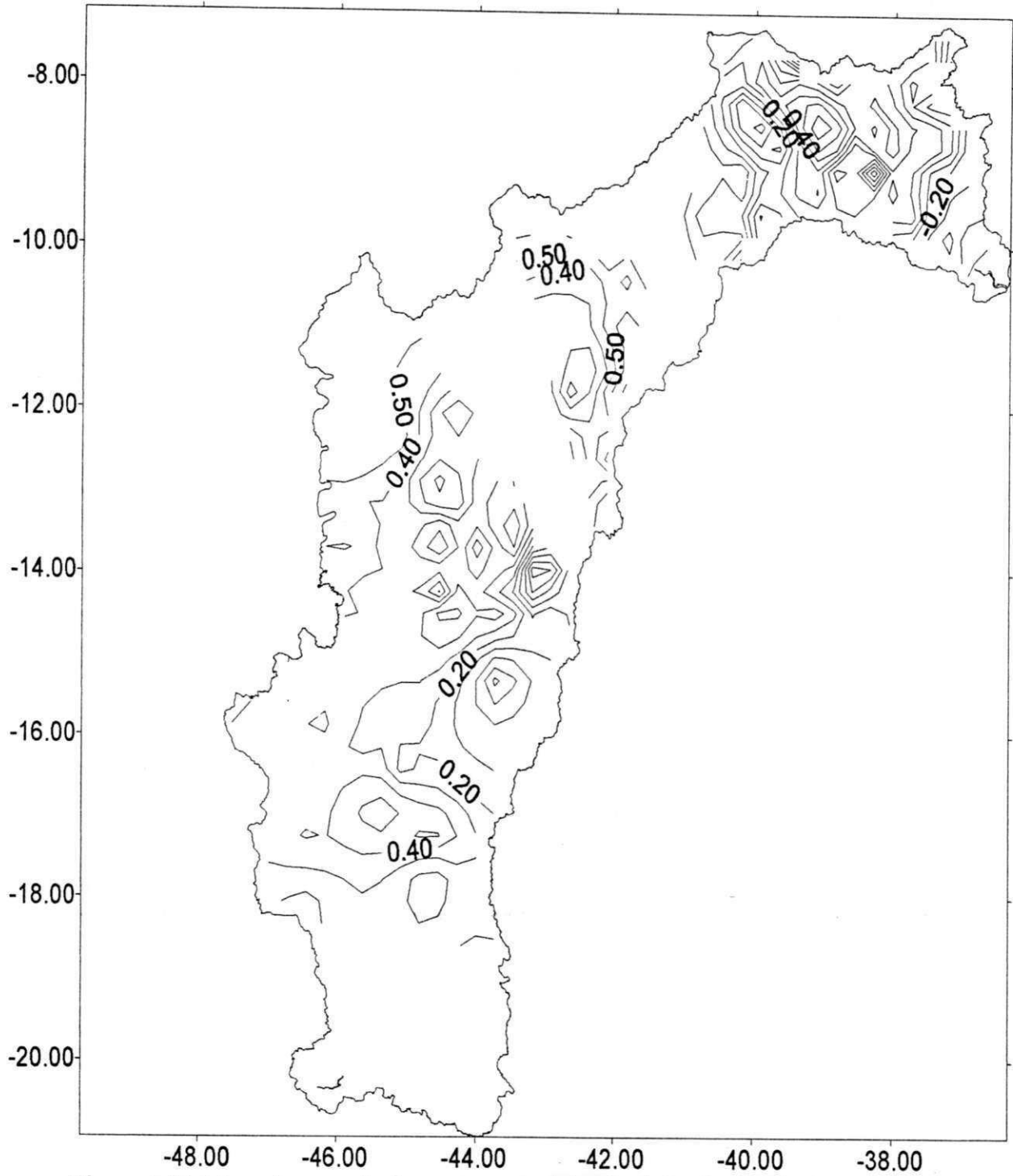


Figura 4.42. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de setembro

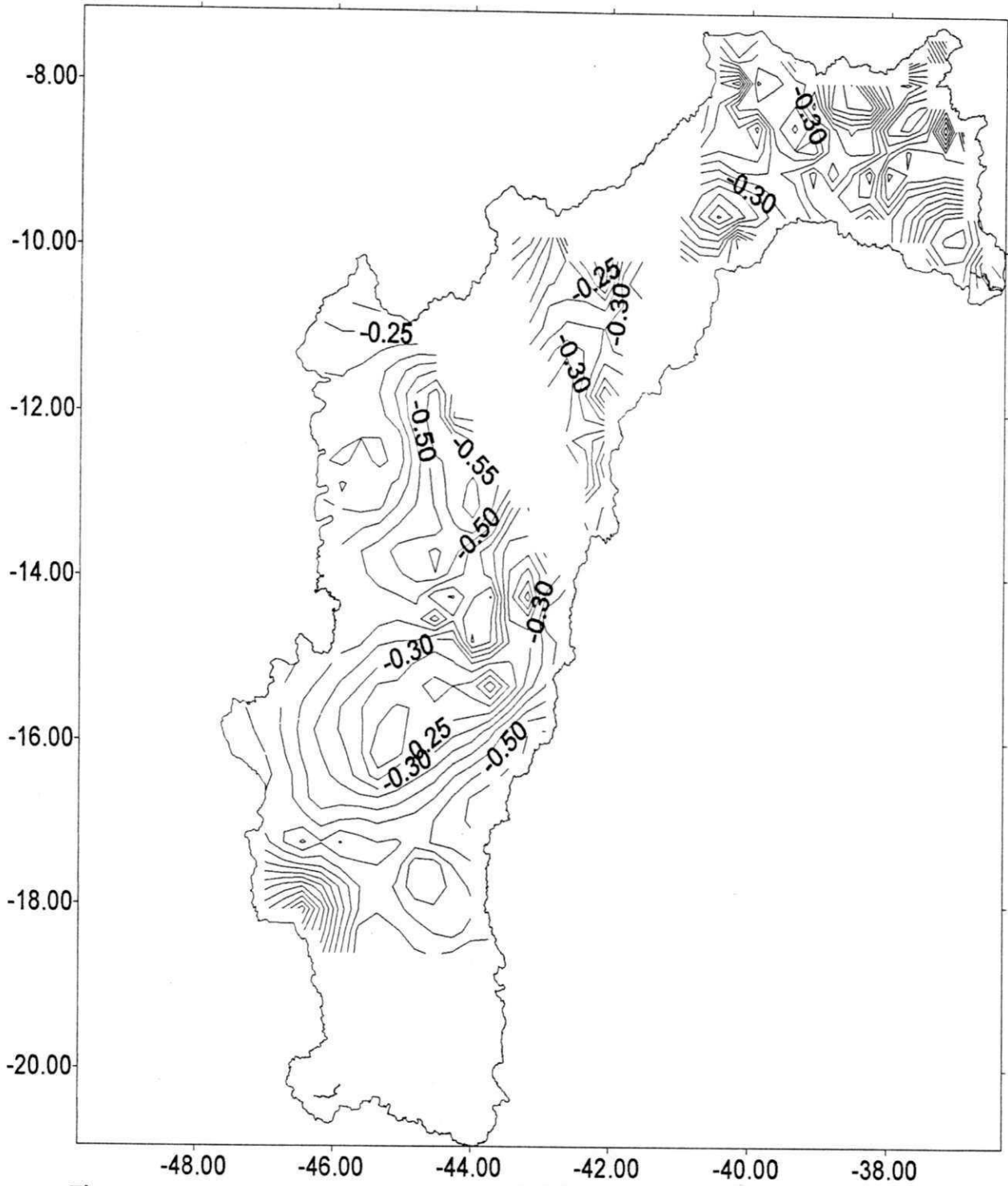


Figura 4.43. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de outubro

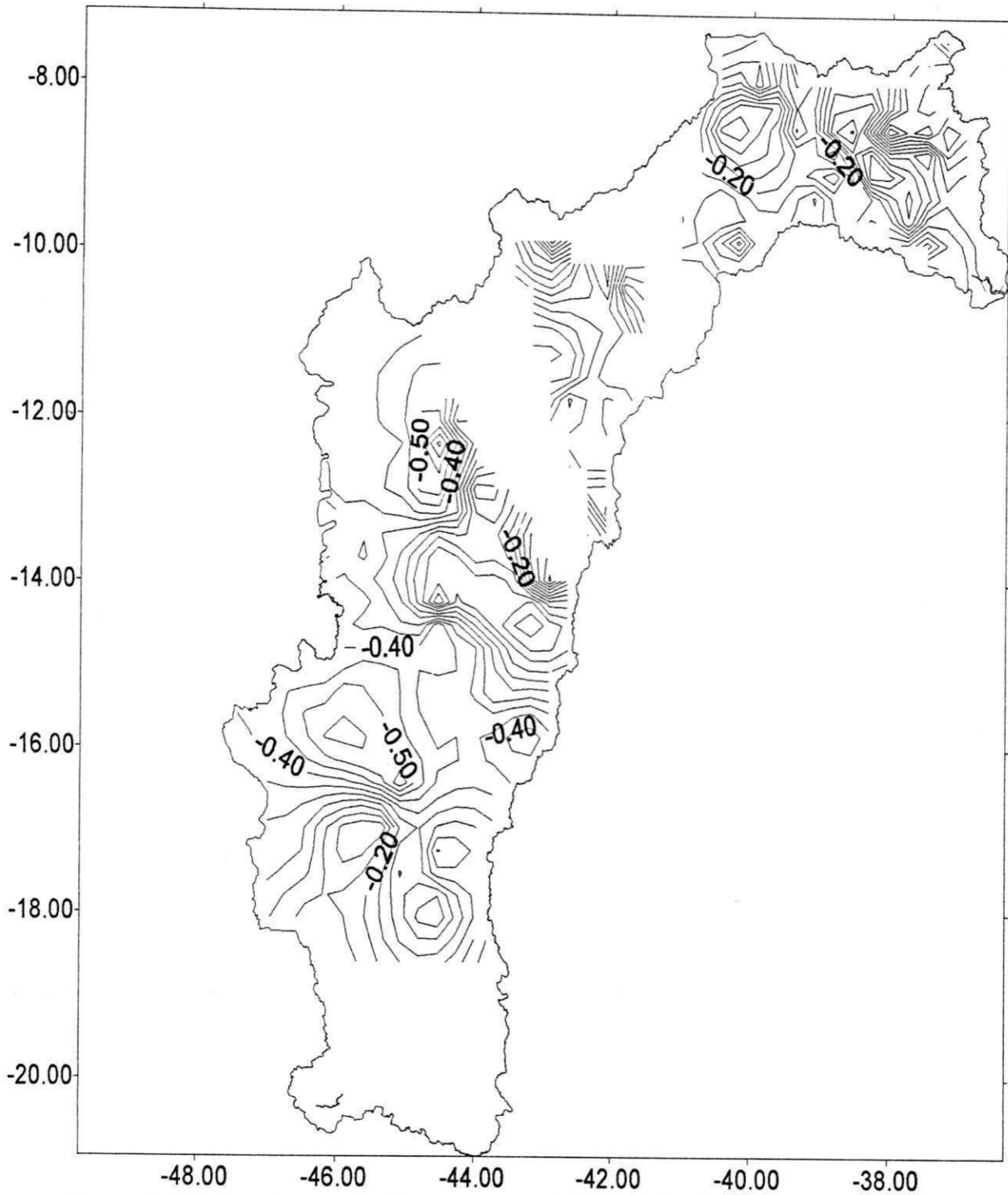


Figura 4.44. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de novembro

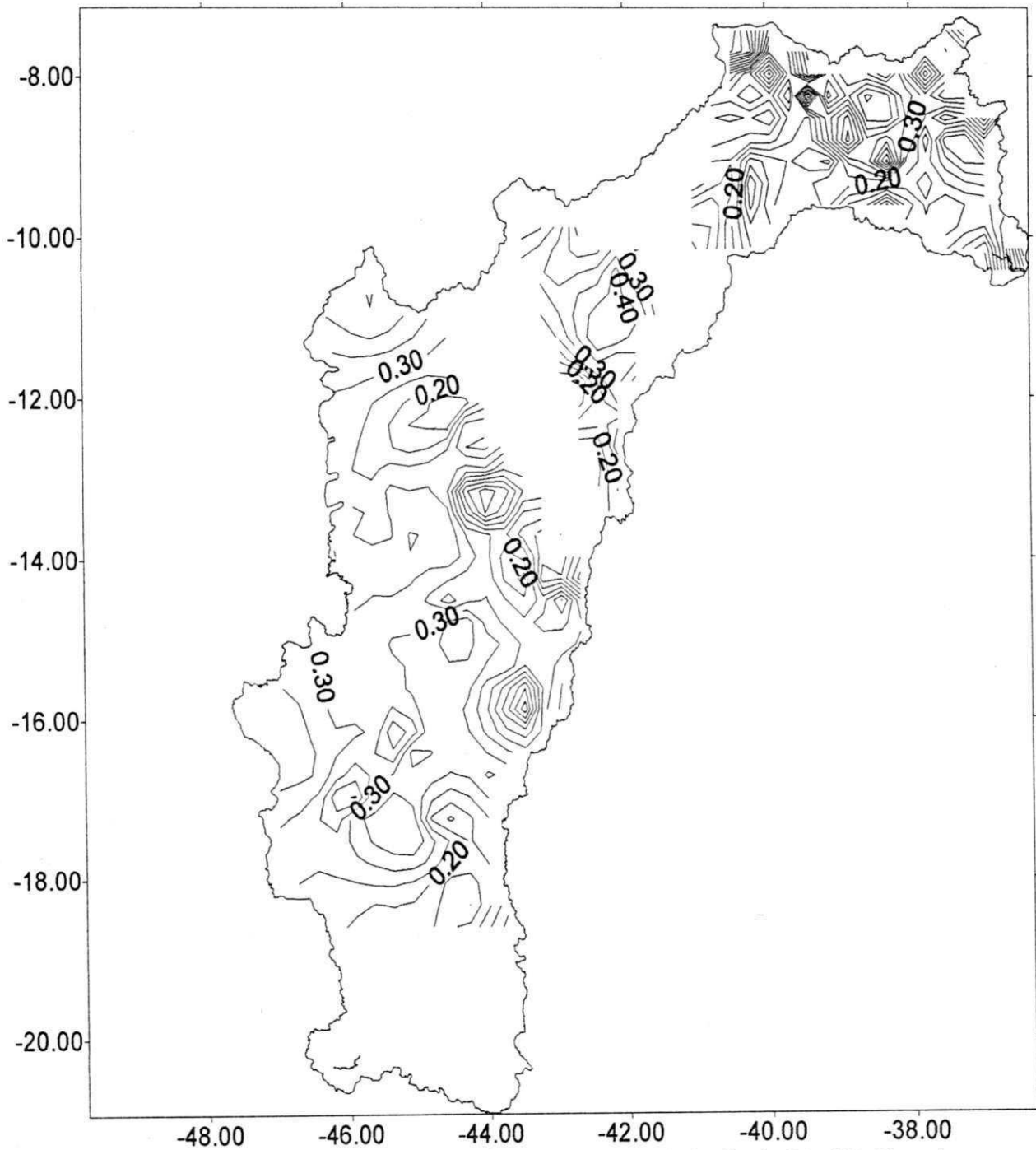


Figura 4.45. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 3 em anos de El Niño e La Niña para o mês de dezembro

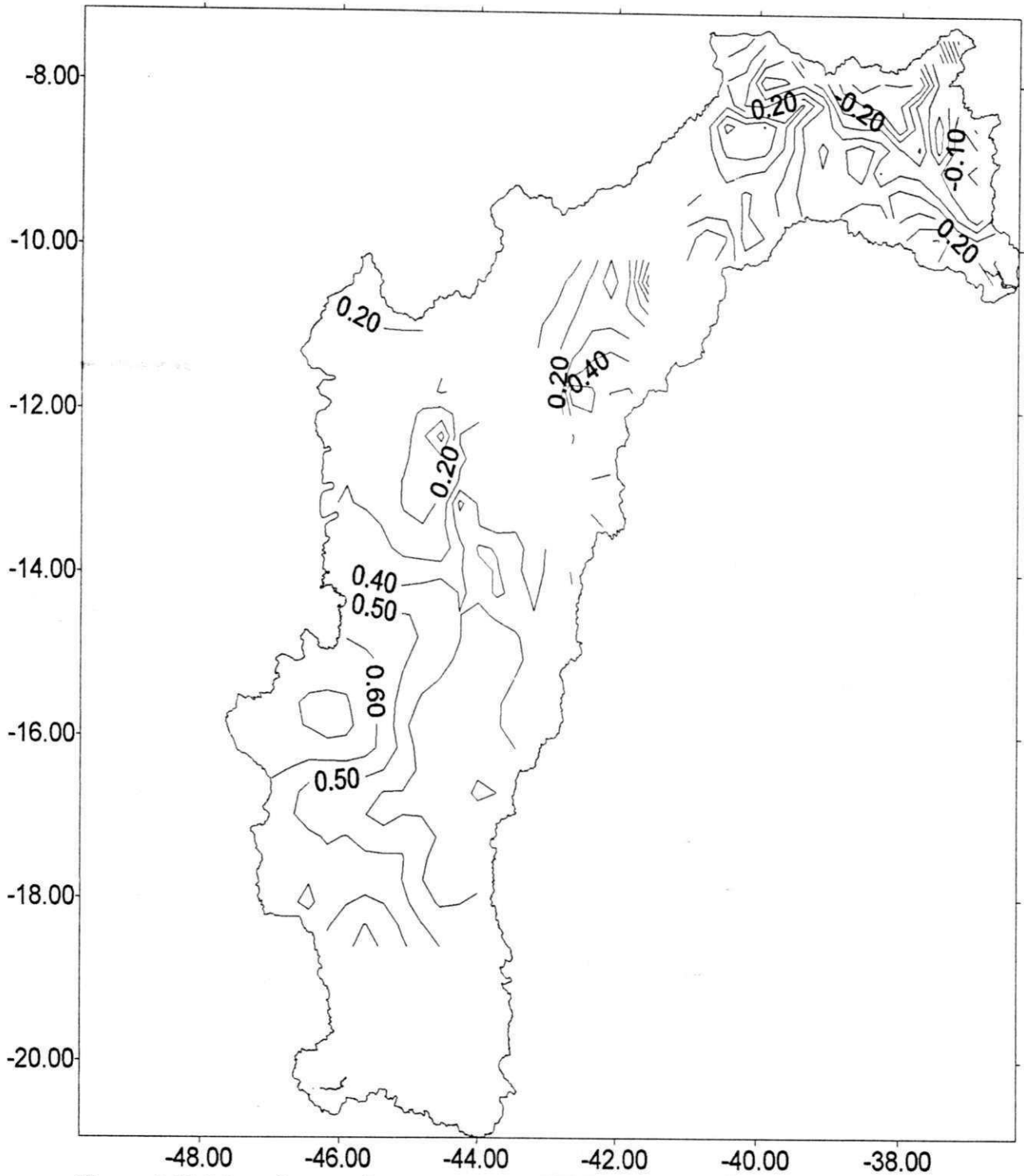


Figura 4.46. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de janeiro



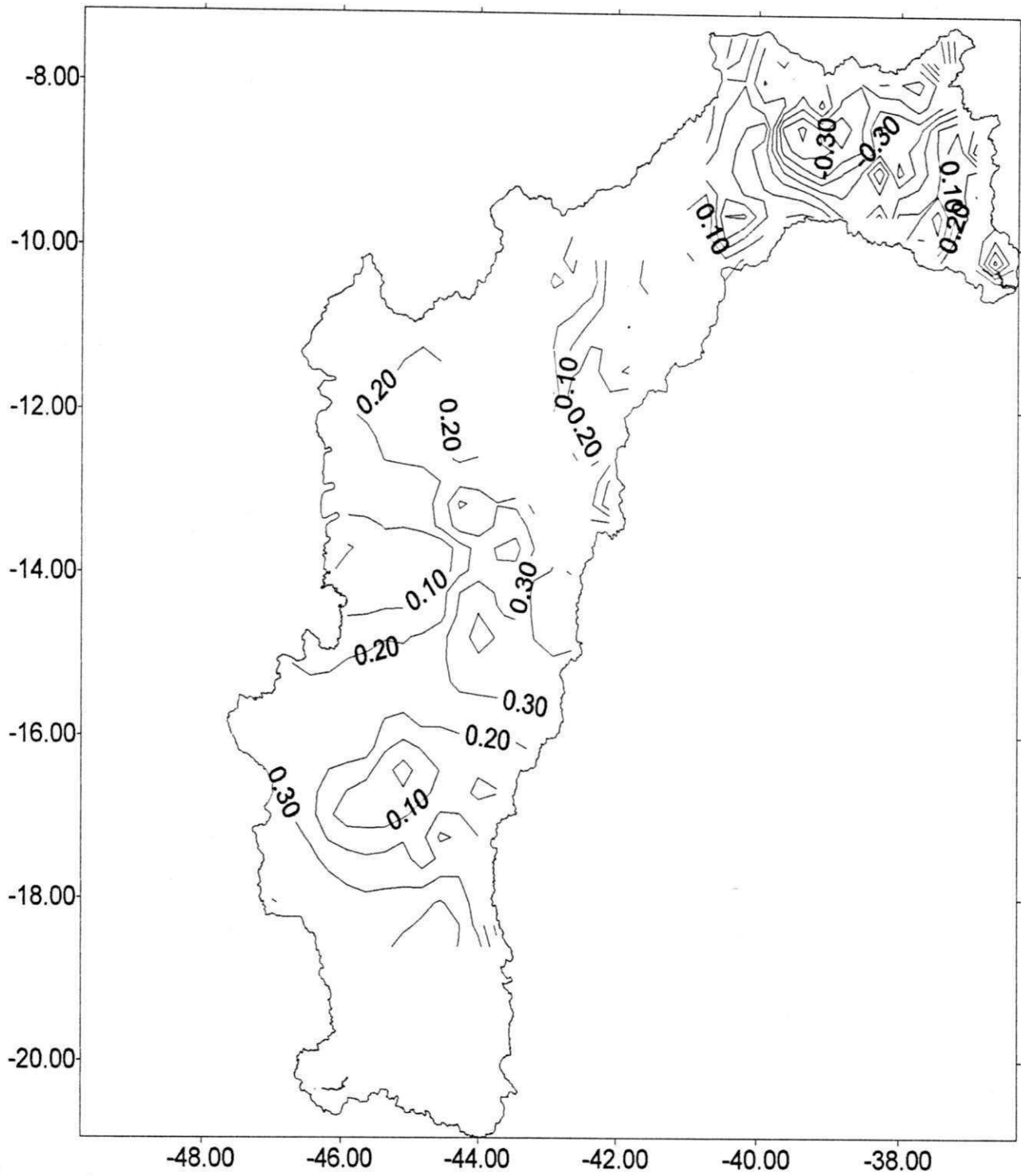


Figura 4.47. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de fevereiro

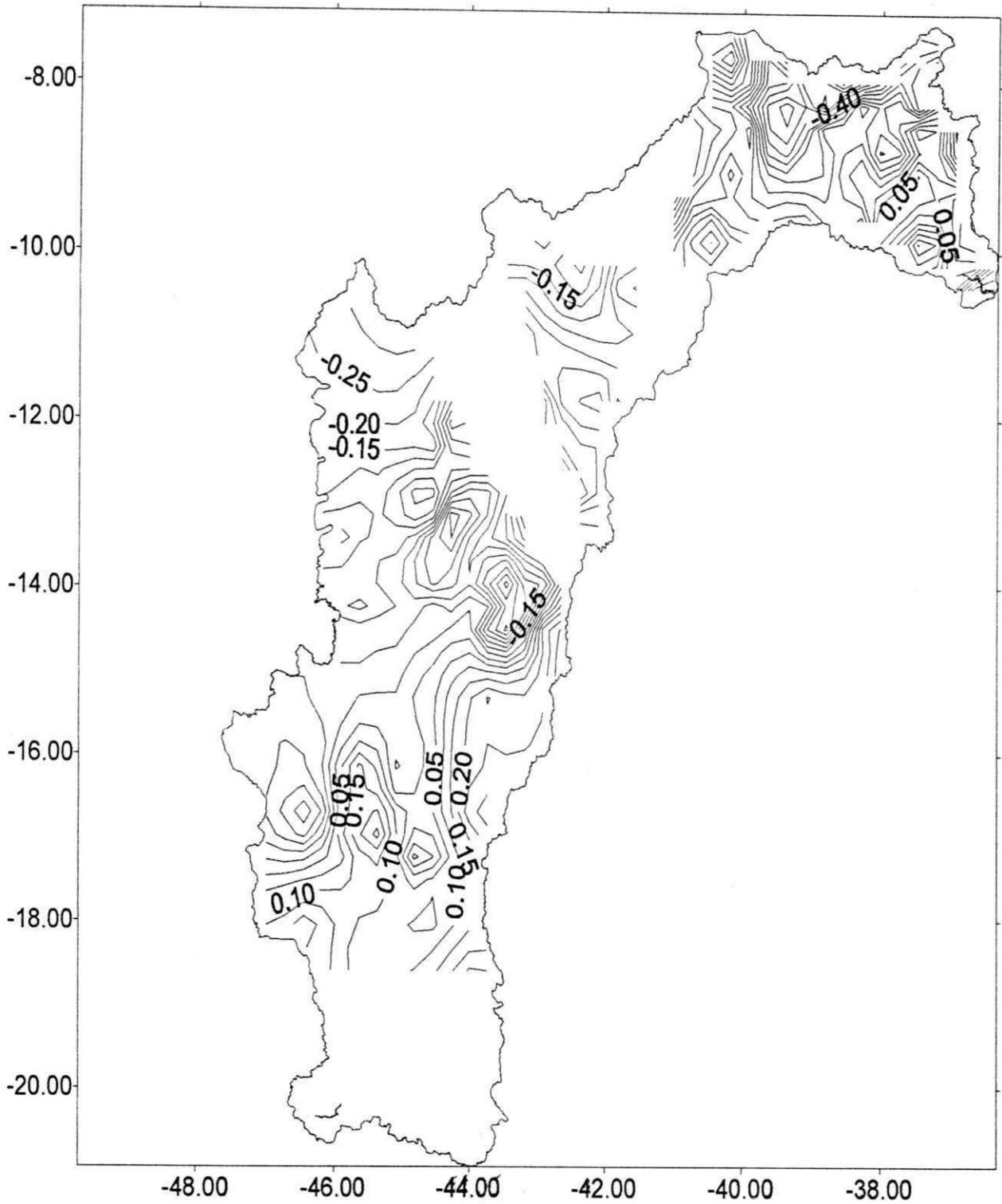


Figura 4.48. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de março

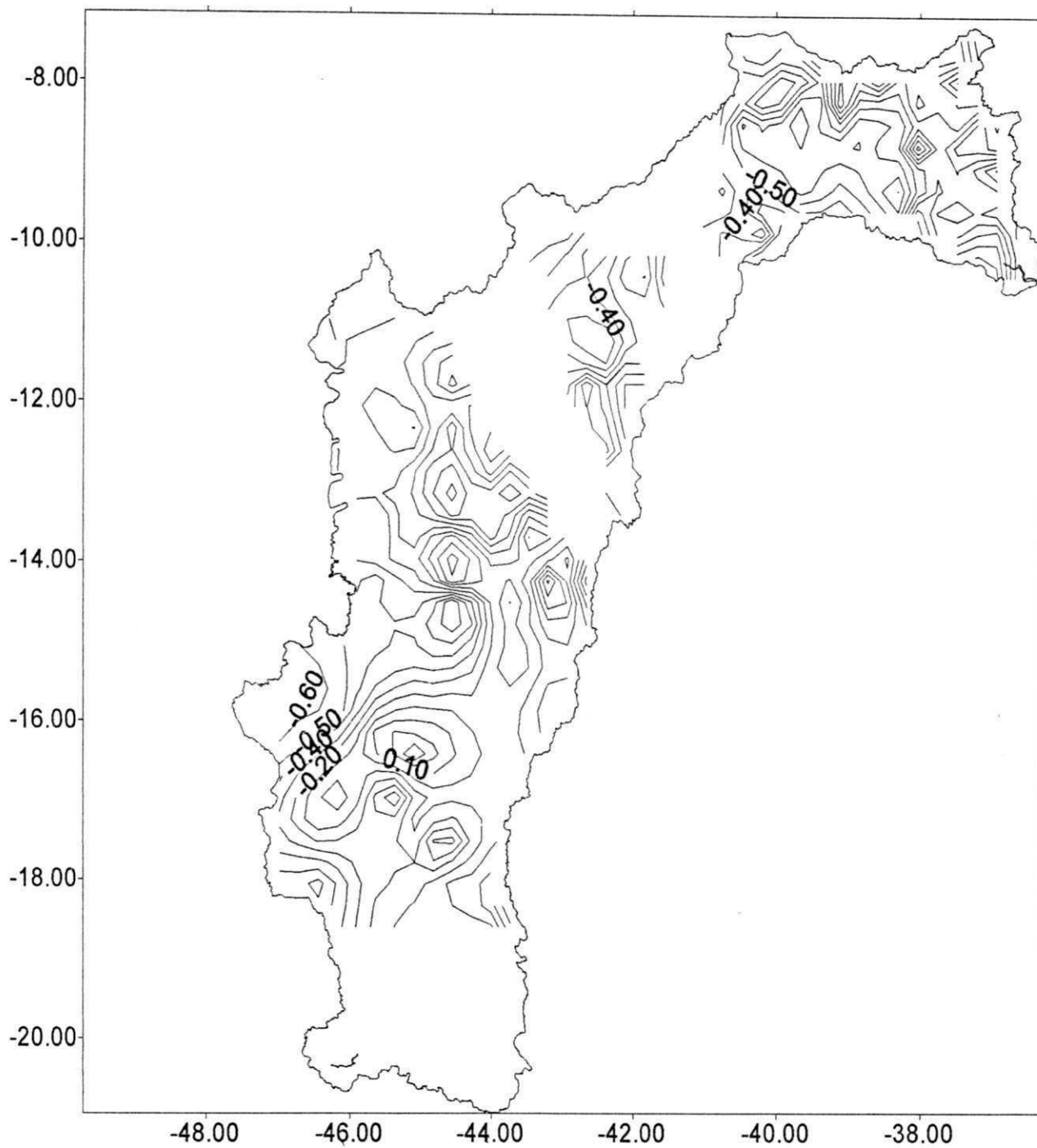


Figura 4.49. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de abril

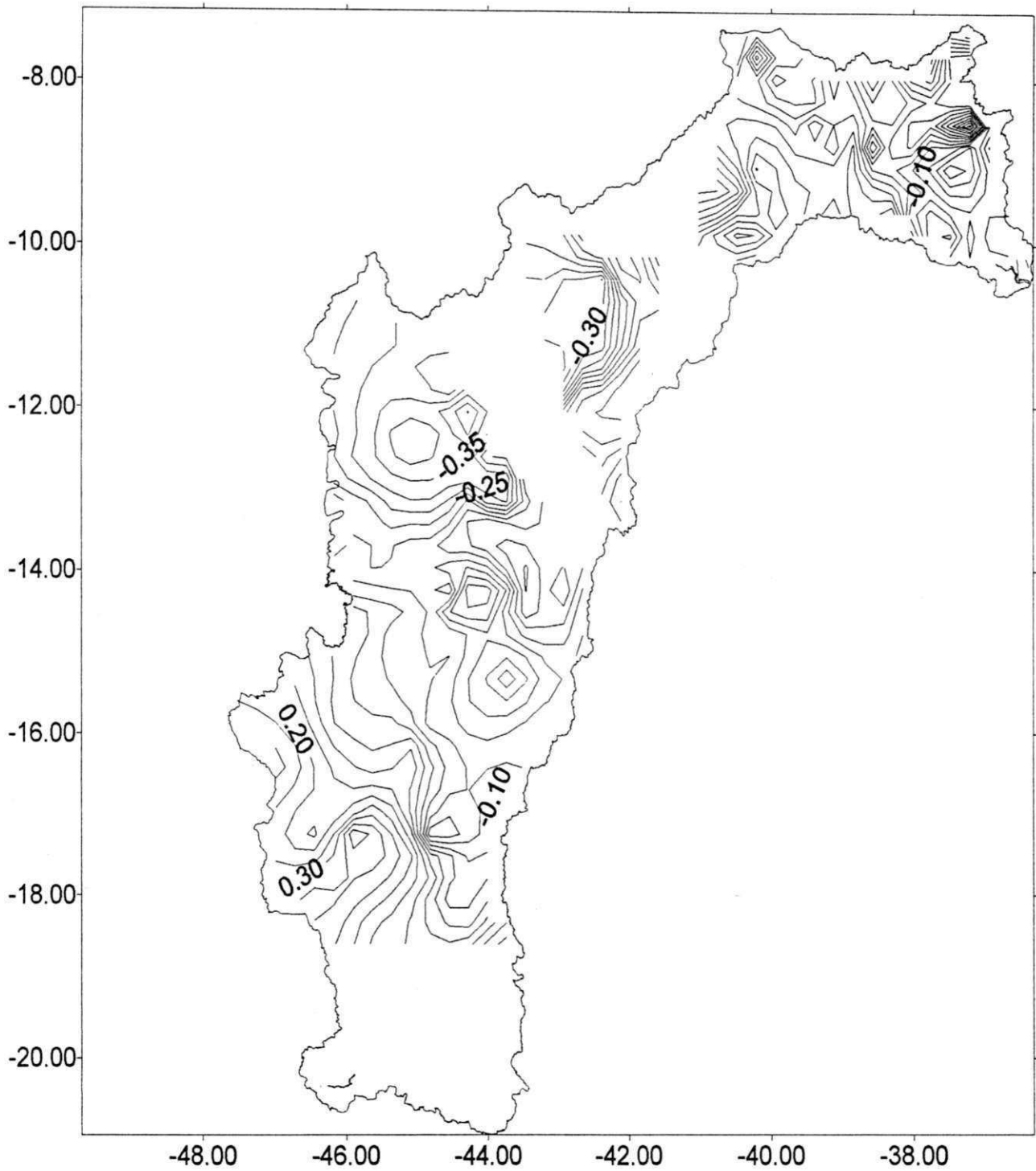


Figura 4.50. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de maio

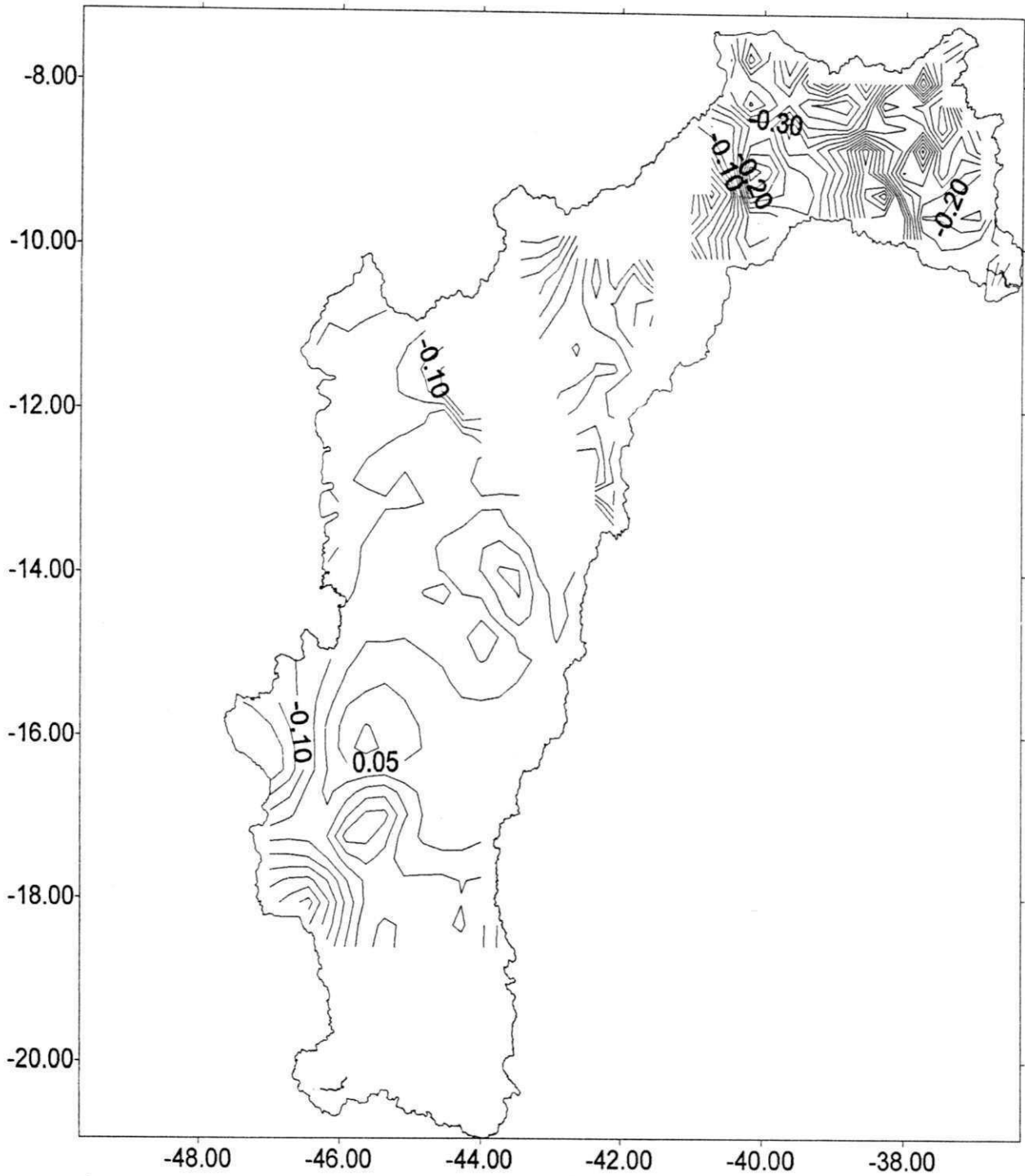


Figura 4.51. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de junho

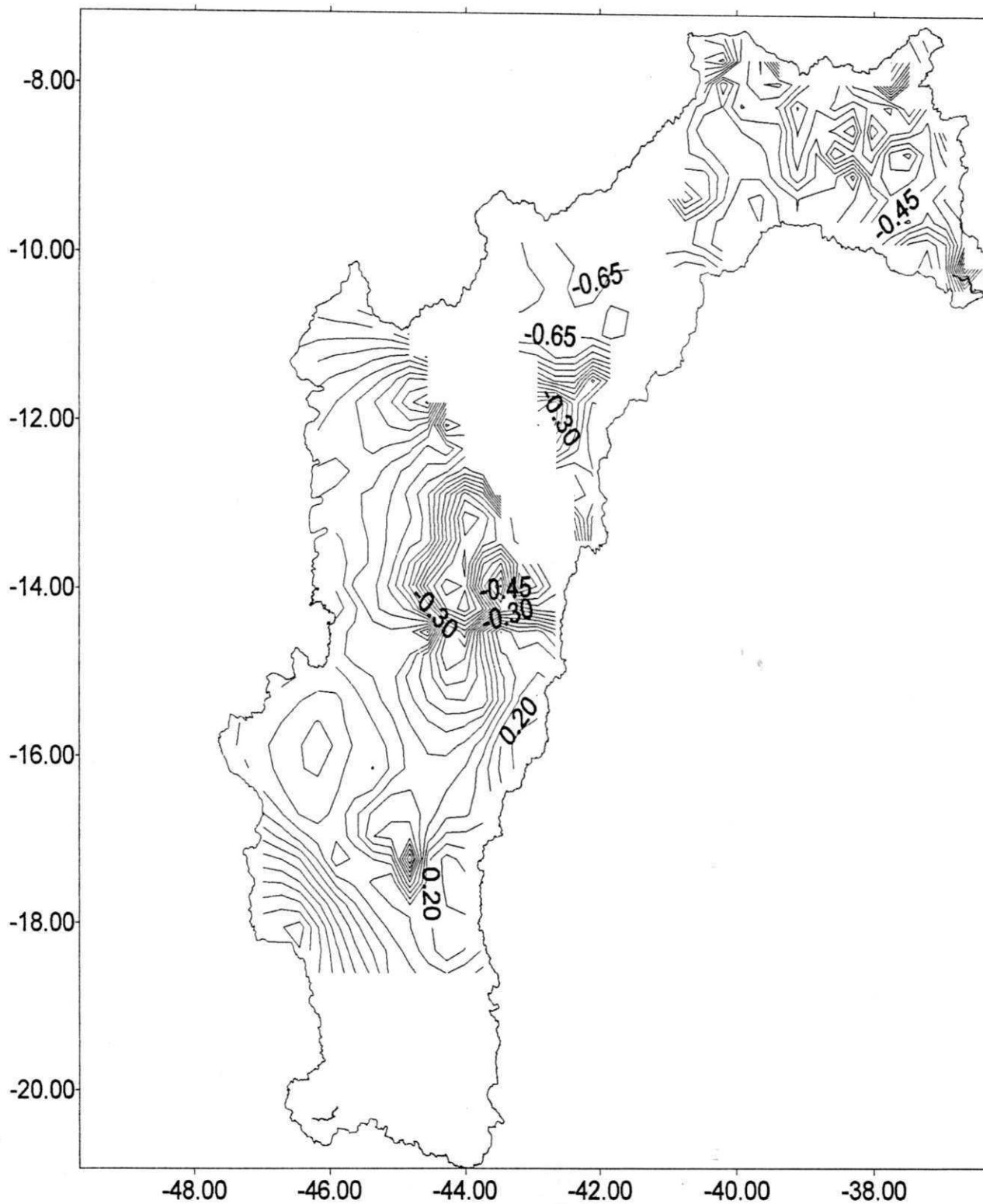


Figura 4.52. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de julho

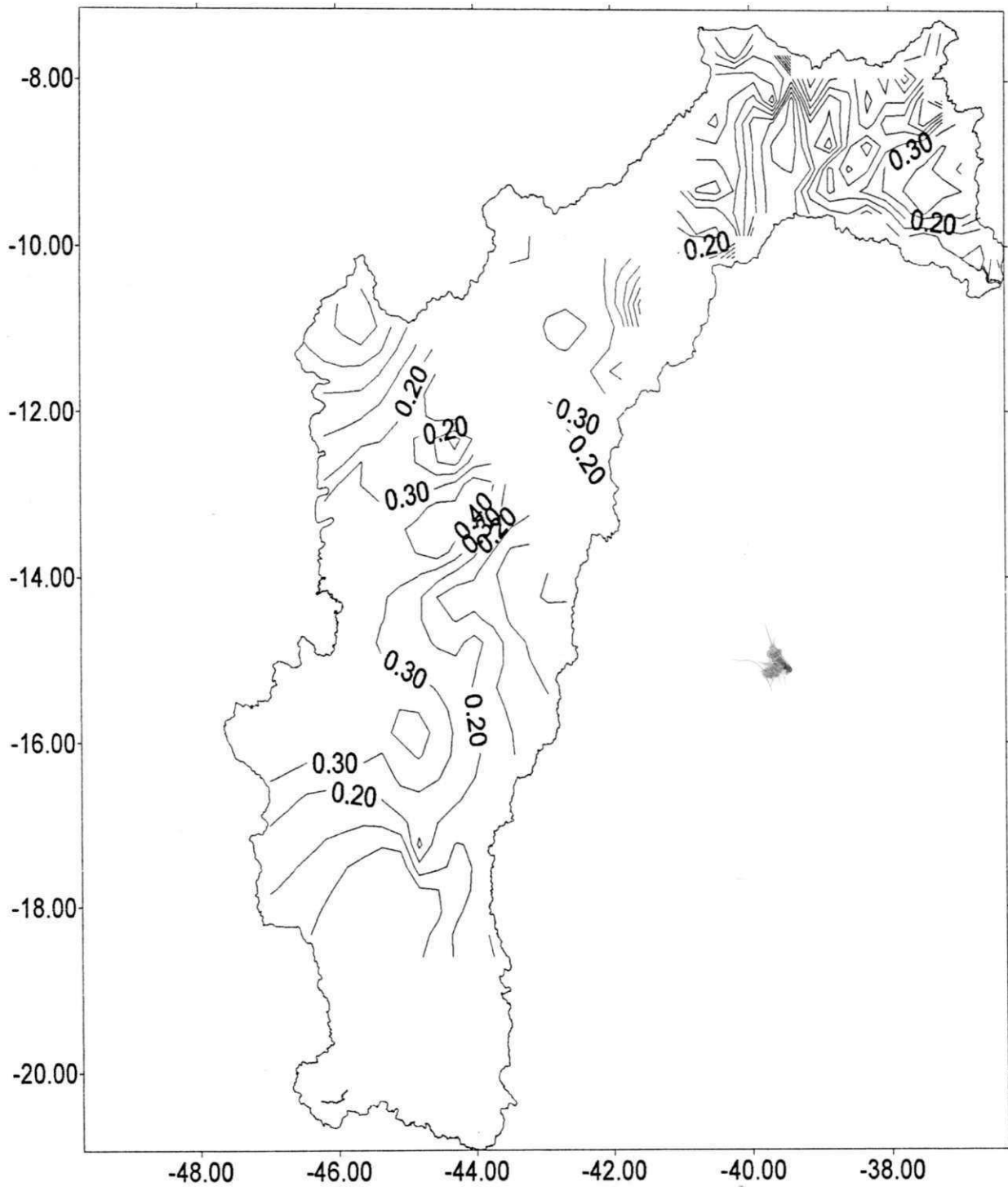


Figura 4.53. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de agosto

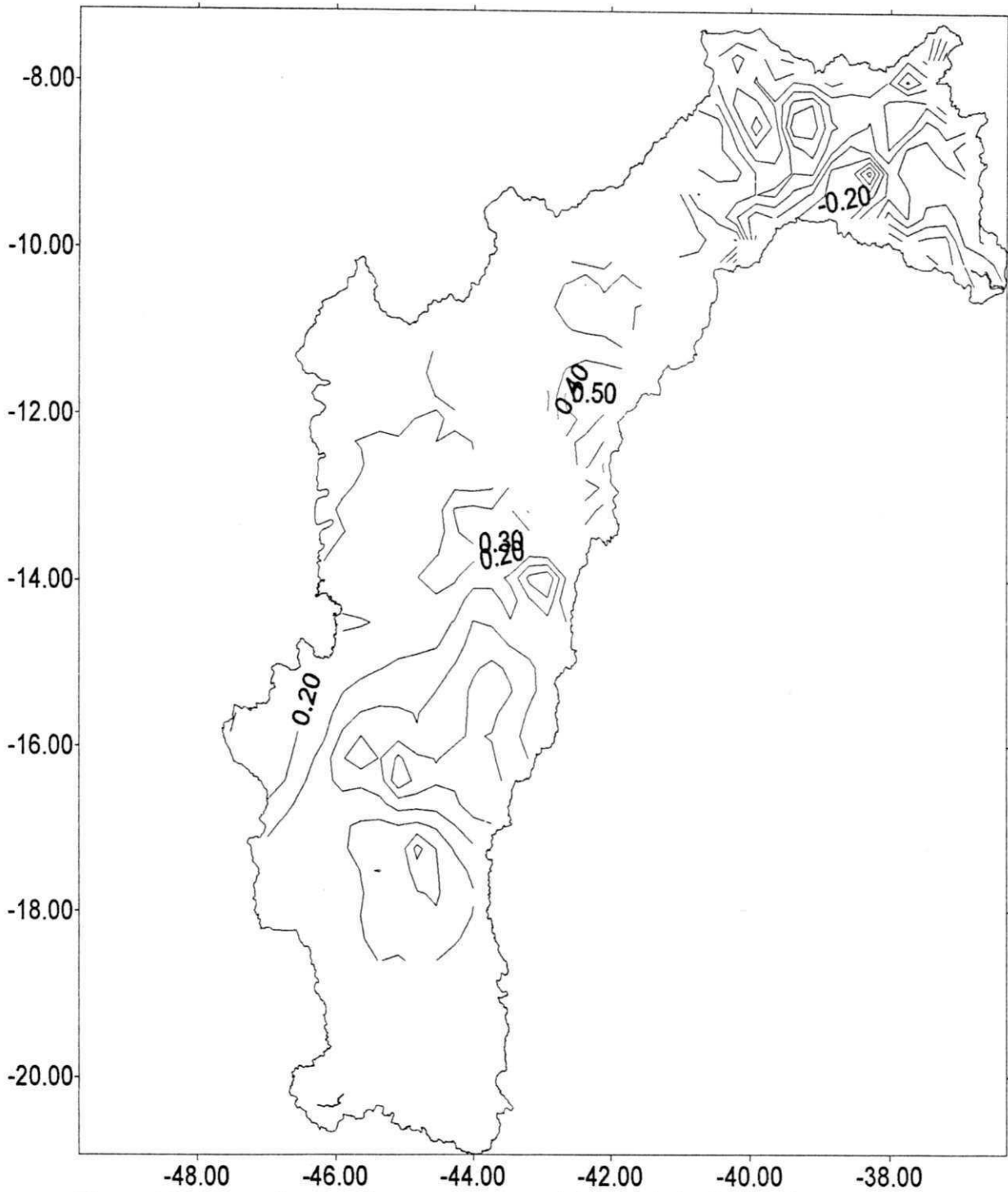


Figura 4.54. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de setembro



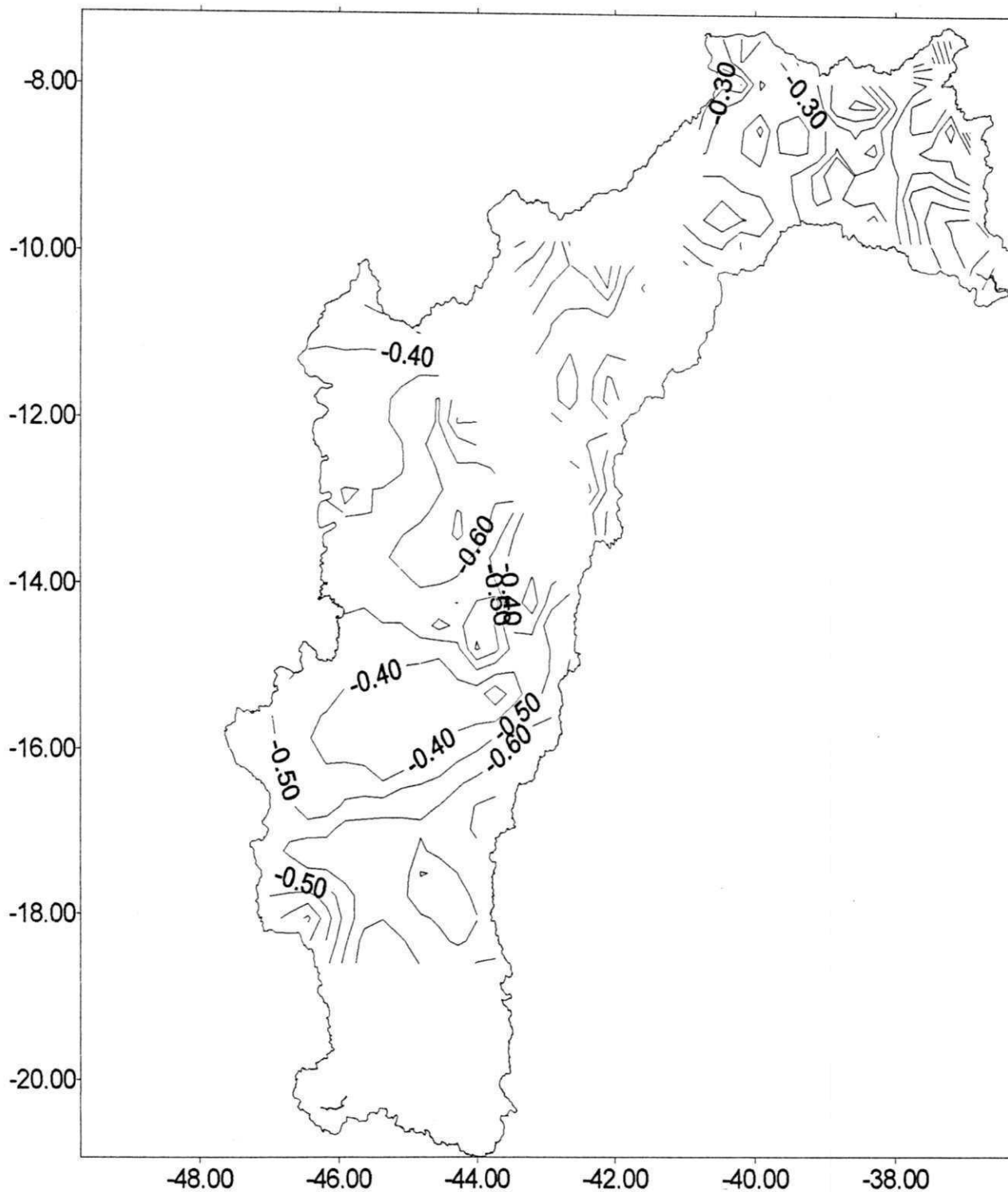


Figura 4.55. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de outubro

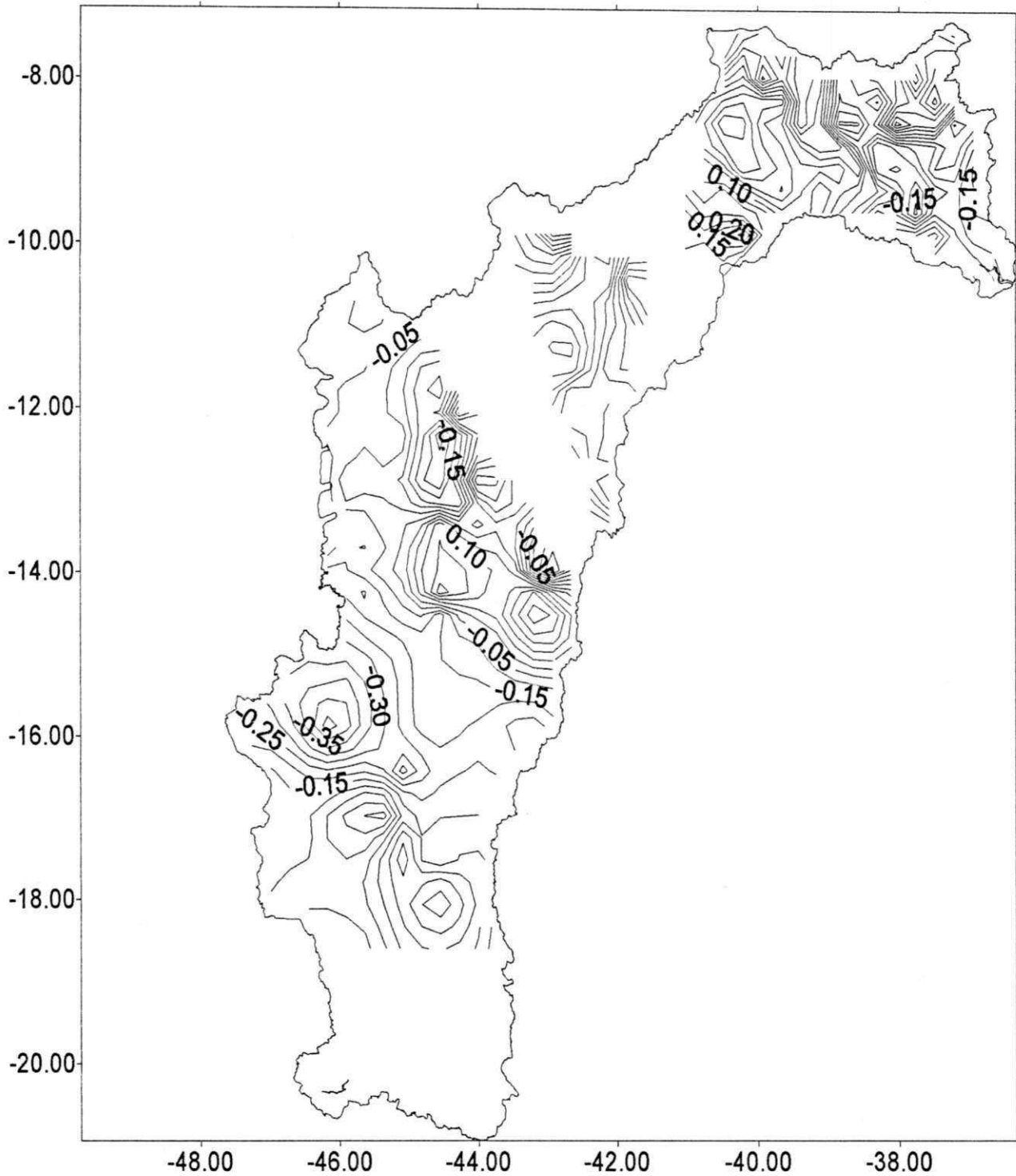


Figura 4.56. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de novembro

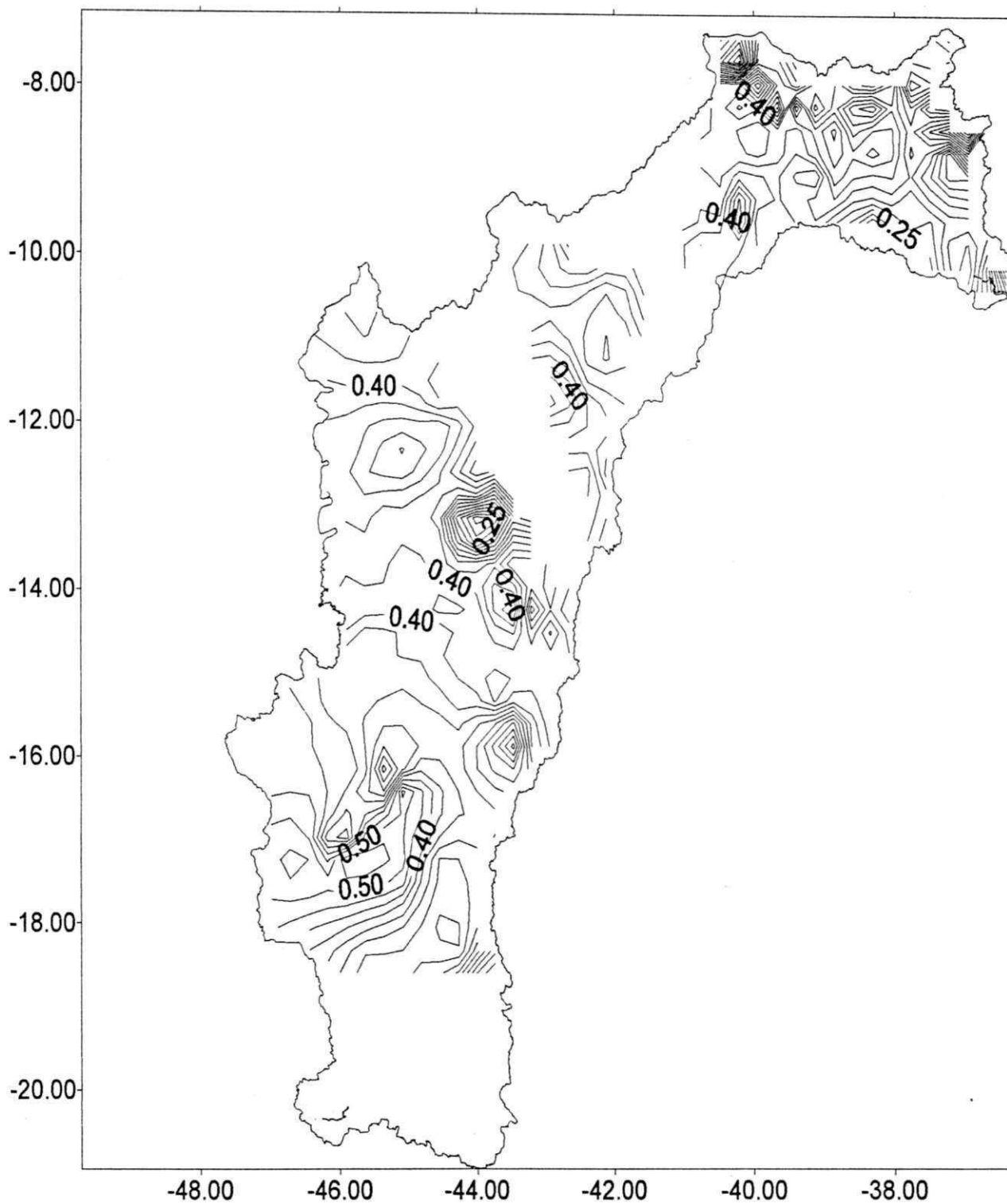


Figura 4.57. Mapa das correlações entre a precipitação da bacia do Rio São Francisco e a TSM da área do Niño 4 em anos de El Niño e La Niña para o mês de dezembro

# APÊNDICE B

Tabela 3.1. Localidades onde se encontra os postos pluviométricos, respectivas latitudes, longitudes, média anual das precipitações (mm), código dos postos.

Localidade	Postos	Latitude	longitude	Precipitação	Código
Afranio	Cachoeira do Roberto	-8,6	-41,2	603,9	841011
Alagoinha	Alagoinha	-8,5	-36,8	579	836002
Arinos	Arinos	-15,9	-46,1	1211,8	1546000
São Romão	Barra do Escuro	-16,27	-45,2	1099,7	1645003
Betânia	Fazenda Cachoeira do Leite	-8,2	-37,9	604,5	837013
Camarana	Barro Alto	-11,77	-41,9	617,5	1141009
Candiba	Candiba	-14,4	-42,9	901,6	1442001
Manga	Colônia Jaiba	-15,3	-43,68	830,6	1543002
Coribe	Coribe	-13,8	-44,5	729,4	1344001
Bom Jesus da Lapa	Fazenda Batalha	-13,55	-43,4	735,2	1343009
Tacaratu	Fazenda Juazeiro	-8,8	-38,17	510,2	838012
Riacho de Santo Antônio	Fazenda Tubuinha	-13,65	-43,9	1010,7	1343010
Grancho Cardoso	Grancho Cardoso	-10,9	-37,2	797,5	1037016
Itaiba	Itaiba	-8,95	-37,4	715,3	837024
Jacobina	Açude Serrinha	-10,95	-40,9	386,9	1040015
Jequitai	Jequitai	-17,25	-44,49	1157,7	1744008
Maltavânia	Lagoa das Pedras	-14,28	-44,4	964,7	1444005
Lassance	Lassance	-17,89	-44,6	1155,4	1744010
Malhada	Iuiu	-14,4	-43,6	725,8	1443019
Parnamirim	Matias	-8,2	-40,1	512,1	840016
Manga	Miravânia	-14,75	-44,4	1061,9	1444003
Montes Claros	Montes Claros	-16,7	-43,9	1293,5	1643018
Cabrobo	Murici	-8,3	-39,2	484,8	839010
Petrolina	Lagoa das Pedras	-8,5	-40,42	484,6	840014
Padre Olegário	Ponte Firme	-18,03	-46,4	1475,9	1846016
Riacho de Santana	Campinhas	-13,9	-43,2	921,6	1397008
Santa Brigada	Santa Brigada	-9,7	-38,11	493,7	938013
Santa Fé de Minas	Porto Alegre	-16,9	-45,4	1063,4	1645007
Santana	Santana	-12,98	-44,05	949,3	1257023
São Francisco	São Francisco	-15,95	-44,88	1053,7	1544012
São Gonsalo do Abaite	São Gonsalo do Abaite	-14,3	-44,5	879,7	1845011
São José do Belmonte	Bom Nome	-7,98	-38,64	696,2	738027
Correntina	São Manoel	-13,4	-44,47	981,2	1344000
Sertânia	Algodões	-8,3	-37,38	498,9	837039
Tacaratu	Tacaratu	-9,1	-38,15	762,3	938002
Unai	Unai	-16,35	-46,89	1307	1646001
São Francisco	Vila Urucua	-16,13	-45,7	1092,2	1645005
Remanso	Tanque Velho	-9,42	-42,34	716,7	942010
Poço Redondo	Curralinho	-9,7	-37,68	822,6	937029
Bodoco	Bodoco	-7,15	-39,95	603	739021
Bom Jesus da Lapa	Favelândia	-13,2	-43,2	950,2	1343006
Bonfinópolis	Porto do Poções	-16,8	-46,3	1096	1646000
Botupora	Tanque Novo	-13,55	-42,53	848,4	1342008
Buique	Ponta da Vargem	-8,58	-37,3	447	837031
Campo Alegre de Lourdes	Campo Alegre de Lourdes	-9,5	-43	692,3	943005
Juazeiro	Campo dos Cavalos	-9,56	-40,6	462,5	940018
Canide de São Francisco	São Francisco	-9,65	-37,8	480,5	937028
Motalvania	Capitânia	-14,42	-44,49	917,8	1444001
Carinhanha	Carinhanha	-14,3	-43,78	740,1	1443002

## Continuação

Cocos	Cocos	-14,17	-44,5	931,2	1444015
Erico Cardoso	Água Quente	-13,4	-42,12	833,6	1142001
Malhada	Fazenda Venda	-14,2	-43,6	657,7	1443016
Gouvea	Gouvea	-18,47	-43,75	1301,7	1843002
Guanambi	Guanambi	-14,2	-42,8	640,6	1442009
Inaja	Juazeiro Candidos	-8,8	-37,99	519,6	837026
Santa Maria das Vitorias	Inhaúmas	-13,03	-44,6	996,9	1344003
Janauba	Janauba	-15,77	-43,3	789,8	1543013
Jaboata	Jaboata	-10,35	-36,8	1481,3	1036018
João Pinheiro	Caatinga	-17,15	-45,89	1124,1	1745000
Montalvania	Juvenilia	-14,3	-44,15	815,7	1444004
Juazeiro	Lagoa do Boi	-9,5	-40,2	515,4	940013
Guanambi	Lagoa dos Cachos	-14,1	-42,9	693,1	1442007
Macaúbas	lagoa Clara	-13,4	-42,7	734,5	1342003
Macaúbas	Açude de Macaúbas	-13,02	-42,7	656,6	1342009
Macurere	Macurere	-9,2	-39,1	374,4	939009
Macurere	São Saite	-9,1	-38,9	361,1	938016
Major Isodoro	Major Isodoro	-9,5	-36,99	665,4	936028
Malhada	Parateca	-13,9	-43,56	685,9	1343001
Manga	Manga	-14,76	-43,9	825,2	1443001
Olho D'água do Casado	Olho D'água Casado	-9,52	-37,86	558,1	937017
Ouricuri	Açude Engenheiro Camacho	-7,87	-40,15	617,4	740015
Palmas de Monte Alho	Palmas de Monte Alho	-14,3	-43,2	728,5	1443015
Pacaratu	Santa Rosa	-17,3	-46,5	1306,8	1746002
Parnamirim	Icaicara	-8,1	-39,79	604,5	839008
Paulo Afonso	Riacho de Paulo Afonso	-9,6	-38,22	569,6	938012
Pedra	Pedra	-8,5	-36,9	767,2	836029
Penedo	Penedo	-10,3	-36,6	1287,4	1036004
Pindai	Pindai	-14,5	-42,7	561,5	1442006
Pindai	Guirapa	-14,4	-42,6	724,6	1442010
J. Pinheiro	Porto da Extrema	-17,02	-46	1155,9	1746001
Porto da Folha	Porto da Folha	-9,9	-37,3	557,2	937026
Santana	Porto Novo	-13,3	-43,9	730,1	1343004
Presidente Jucelino	Usina Paraúna	-18,6	-43,9	1263,6	1843000
Bom Conselho	Quati	-9,12	-36,78	645,9	936009
Rio do Pires	Ibiajara	-13	-42,22	786,7	1342000
Salgueiro	Açude Boa Vista	-8,07	-38,99	631,6	838001
Santa Maria do Bonfim	Urimama	-8,4	-39,97	561,1	839023
Santana	Fazenda Baixa Funda	-13	-43,78	801,7	1343002
Santo Hipolito	Santo Hipolito	-18,3	-44,2	1017,1	1844001
São Romão	Santo Inácio	-16,28	-45,4	1050,1	1645002
São Gonsalo do Abaite	Fazenda São Félix	-18,46	-45,6	1388,2	1845002
São Romão	São Romão	-16,37	-45,1	1003,3	1645000
Serra Dourada	Serra Dourada	-12,77	-43,97	845,3	1243013
Flores	Sítio das Nunes	-8,07	-37,86	544,8	837035
Várzea da Palma	Várzea da Palma	-17,59	-44,7	1422	1744009
Verdejante	Verdejante	-7,92	-38,99	538,6	738036
Sertânia	Xilili	-8,4	-37,22	551,8	837037
Santa Maria das Vitorias	Vila de Acudina	-13,2	-44,2	1218,4	1344008
Afogados da Ingazeira	Afogados da Ingazeira	-7,7	-37,6	612,1	737023
Carnaíba	Carnaíba	-7,8	-37,72	769,2	737025

## Continuação

Flores	Flores	-7,87	-37,98	751,7	737027
Flores	Fátima	-7,95	-37,73	630,5	737026
Iguaraci	Irajai	-7,92	-37,53	778,4	737030
Itapetin	Itapetim	-7,37	-37,19	644,5	737031
Iguaraci	Jabitaca	-7,83	-37,39	692,6	737032
Taperatema	Jardim	-7,7	-37,36	693	737033
Custodia	Quitimbu	-7,9	-37,63	762,3	737034
Carnaíba	Quixada	-7,72	-37,88	830,2	737035
São José do Egito	São José do Egito	-7,47	-37,29	465,3	737036
Serra Talhada	Caiçara	-7,85	-38,58	804,2	738028
São José do Belmonte	São José do Belmonte	-7,87	-38,79	619,5	738029
Cedro	Cedro	-7,72	-39,34	700	739022
Exu	Exu	-7,82	-39,49	666,3	739023
Serrita	Ipucira	-7,93	-39,32	558,3	739026
Serrita	Serrita	-7,9	-39,3	558,3	739028
Sítio Moreira	Sítio Moreira	-7,7	-39,56	633,5	739029
Bodoco	Sítio Estaca	-7,95	-39,9	580,9	739030
Serrita	Santa Rosa	-7,77	-39,17	597,4	739031
Ouricui	Barra de São Pedro	-7,8	-40,34	667,1	740016
Araripina	Morais	-7,65	-40,41	1016	740019
Araripina	Nascente	-7,8	-40,46	674,7	740020
Trindade	Trindade	-7,75	-40,25	721,8	740025
São João do Tigre	São João do Tigre	-8,67	-36,88	473,7	836000
Pedra	Japecanga	-8,87	-36,98	407,4	836019
Pedra	Tara	-8,7	-36,88	495,8	836053
Buique	Amaro	-8,77	-37,05	435,1	837002
Buique	Brejo de São José	-8,5	-37,2	629,9	837007
Buique	Brejo do Piore	-8,62	-37,5	410,4	837008
Custodia	Fazenda Caiçara	-8,35	-37,7	525	837014
Águas Belas	Fazenda Garcia	-8,97	-37,02	409,6	837015
Floresta	Fazenda Jacaré	-8,42	-37,95	438,5	837016
Inaja	Fazenda Manaus	-8,78	-37,69	624,1	837017
Sertânia	Henrique Dias	-8,28	-37,19	422,6	837021
Sertânia	Moderna	-8,4	-37,4	483,3	837027
Ibimirim	Moxotó	-8,72	-37,5	402	837028
Sertânia	Sertânia	-8,08	-37,27	535	837033
Tupanatinga	Tupanatinga	-8,75	-37,2	918,9	837036
Floresta	Airi	-8,5	-38,2	495,6	838000
Belém de São Francisco	Belém de São Francisco	-8,77	-38,98	456,6	838003
Floresta	Carnaubeira	-8,4	-38,9	506	838007
Floresta	Carqueja	-8,3	-38,4	571,4	838008
Salgueiro	Conceição dos Crioulos	-8,3	-38,9	542,6	838009
Belém de São Francisco	Fazenda Angicos	-8,67	-38,78	509,4	838010
Petrolândia	Fazenda Olho D'água	-8,67	-38,2	507	838014
Serra Talhada	Fazenda Quixada	-8,08	-38,4	679	838015
Petrolândia	Fazenda soares	-8,88	-38,2	505,4	838017
Floresta	Fazenda Várzea Comprida	-8,6	-38,3	549,8	838019
Itacuruba	Itacuruba	-8,82	-38,7	407,8	838024
Mirandiba	Mirandiba	-8,12	-38,7	704,4	838025
Tanapiranga	Tanapiranga	-8,17	-38,22	657,1	838026
Serra talhada	Varzinha	-8,03	-38,13	446,3	838029

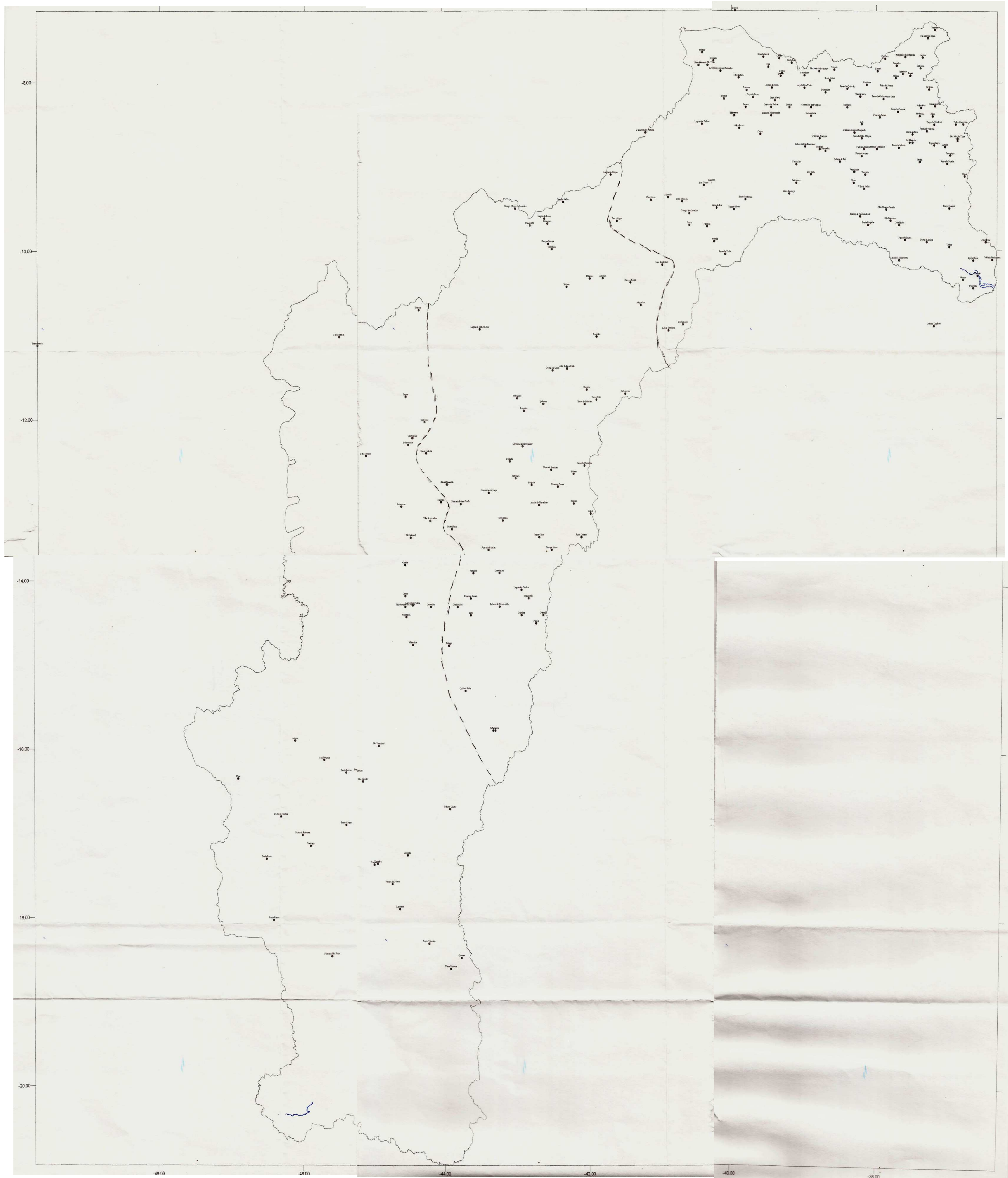
		Continuação			
Rodelas	Rodelas	-8,8	-38,78	446,3	838029
Rodelas	Cabeça de Boi	-8,95	-38,5	393,8	838030
Santa Maria da Boa Vista	Algodoeiro	-8,55	-39,89	483,5	839000
Parnamirim	Açude abóbora	-8,07	-39,44	609,6	839006
Cabrobo	Canto das Pedras	-8,3	-39,45	615,2	839006
Cabrobo	Fazenda Mancambira	-8,4	-39,45	497,7	839007
Parnamirim	Jacaré	-8,3	-39,8	522,2	839009
Oroco	Oroco	-8,62	-39,6	478,1	839011
Parnamirim	Poço do Fumo	-8,18	-39,7	588,7	839014
Terra Nova	Terra Nova	-8,22	-39,4	682,7	839021
Chanacho	Chanacho	-8,98	-39,1	377,7	839027
Junqueira	Junqueira	-9,9	-36,49	1046,5	936020
Traipu	Traipu	-9,96	-36,99	770,8	936050
Poço Redondo	Fazenda Lagoa	-9,88	-37,6	470,9	937024
Gloria	Gloria	-9,2	-38,31	406	938007
Curaca	Barro Vermelho	-9,4	-39,8	471,6	939000
Petrolândia	Petrolândia	-9,07	-38,3	377,3	938000
Petrolândia	Vila da Volta	-9,27	-38,17	450,7	938003
Jaguarari	Barrinha	-9,9	-40,23	418,2	940009
Petrolina	Bom Sossego	-9,42	-40,7	507,5	938016
Chorrocho	Bom Sossego	-9,33	-39,2	474,2	940002
Juazeiro	Junco	-9,7	40,6	423,3	940015
Juazeiro	Juremal	-9,72	-40,36	405,7	940019
Casa Nova	Lagoa do Alegre	-9,1	-41,68	549,5	941001
Juazeiro	Manicoba	-9,2	-40,28	562,3	940022
Petrolina	Pau D'ouro	-9,23	-40,4	510	940003
Curaca	Poço de Fera	-9,62	-39,79	423,1	939010
Casa Nova	Sobrado	-9,37	-40,89	477,4	940019
Juazeiro	Tanque Novo	-9,52	-39,96	575,7	939013
Ibipira	Alto da Boa Vista	11,4	-42,3	673,7	114202
Campo Afonso	Alagadico	-10,65	-41,28	570,7	1041008
Santa Se	Amaniu	-10,33	-41,8	575,1	1041005
Alagadico	Alagadico	-10,65	-41,29	570,7	1041008
Barra do Mendes	Barra do Mendes	-11,82	-42,06	572,1	1142014
Morpara	Brundue	-11,9	-42,9	781,2	1142000
Cafarnaum	Cafarnaum	-11,7	-41,5	551,4	1141010
Pilão Arcade	Campestre	-9,7	-42,8	756,7	942020
Casa Nova	Casa Nova	-9,4	-41,13	482,3	941014
Pilão Arcade	Campo Grande	-9,92	-42,55	731,1	942019
Santa Se	Campo Largo	-10,38	-41,42	817	1041007
Caruripe	Colônia Pindorama	-10,11	-36,4	1572,7	1036011
Juaguará	Fazenda Volta	-10,05	-40,08	763,3	1040017
Gentio do Ouro	Gentio do Ouro	-11,42	-42,5	768,1	1142010
Ibipeba	Ibipeba	-11,65	-42,03	599,2	1142011
Ibitiara	Ibitiara	-10,43	-42,3	652,5	1042001
Arrecife	Arrecife	-11,02	-41,89	575,7	1141008
Igreja Nova	Igreja Nova	-10,12	-36,66	1117,6	1036003
Ipubiara	Ipubiara	-11,82	-42,63	643,3	1142013
Remanso	Lagoa da Barra	-9,62	-42,6	654	942014
Campo Formoso	Laje dos Petros	-10,17	-40,98	469,3	1040007
Barra	Lagoa de João Carlos	-10,93	-43,5	894	1043003



		Continuação			
Nossa Senhora da Gloria	Lagoa da Serradinha	-10,12	-37,68	649,8	1037027
Morpara	Mocambo	-11,75	-42,99	1055,2	1142008
Pacatuba	Pacatuba	-10,45	-36,66	1195,8	1036021
Casa Nova	Pau a Pique	-9,65	-41,6	465,3	941013
Remanso	Remanso	-9,68	-42,56	578,8	942016
Pilão Arcado	Salininha	-9,98	-42,5	676,9	942012
Gentio do Ouro	Santo Inácio	-11,12	-49,7	698,7	1142004
Santa Rita de Cassio	Tanque	-10,7	-44,34	1240,5	1044006
Mirangaba	Taquarandí	-10,88	-40,7	398,2	1040016
Baianopolis	Baianopolis	-12,3	-44,5	1053	1244007
Boquira	Boquira	-12,78	-42,8	886,2	1242005
Cotegipe	Cotegipe	-12,03	-44,27	1069,8	1244004
Cristopolis	Cristopolis	-12,22	-44,44	1078,7	1244003
Ibipiara	Fazenda Carnaíba	-12,55	-42,07	630	1242003
Ibirapitanga	Fazenda Covas	-12,8	-42,44	726,9	1242002
Ibitiara	Fazenda Surubim	-12,6	-42,53	720,3	1242001
Sítio do Mato	Cameleira da Lapa	-12,87	-43,39	944,1	1243008
Ibitiara	Ibitiara	-12,65	-42,22	834,8	1242012
Piata	Inubia	-13,12	-41,99	1157,1	1341009
Januaba	Januaba	-15,77	-43,27	789,8	1543013
Milagres	Milagres	-10,33	-41,98	522,7	1241015
Ibimirim	Moxoto	-8,72	-37,54	402	837028
Oliveiras dos Brejinhos	Oliveiras dos Brejinhos	-12,32	-42,92	761,9	1242008
Paratinga	Paulista	-12,5	-43,1	867,6	1243007
Barra	Piragiba	-17,35	-44,9	992,9	1242012
Pirapora	Pirapora	-17,36	-44,95	1141,8	1744006
Piratinga	Piratinga	-12,7	-43,02	740,5	1243006
Santana	Santana	-12,98	-44,05	949,3	1244018
Serra Dourada	Serra Dourada	-12,77	-43,96	845,3	1243013
São Desterro	Sítio Grande	-12,43	-45,08	1194,5	1245001
Tabocas do Brejo Velho	Santa Helena	-12,4	-44,25	903,9	1244008
Formoso do Rio Preto	São Marcelo	-11,02	-45,54	1082,5	1145006
Cotegipe	Tagua	-11,73	-44,53	1076,5	1144013

# APÊNDICE C





**FIGURA 3.2—Localização espacial dos postos pluviométricos em estudo.**