

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
NAS REGIÕES SUDESTE E SUL DO BRASIL**

ERALDO SCHUNK SILVA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
– Área de Concentração em Energia na
Agricultura

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
NAS REGIÕES SUDESTE E SUL DO BRASIL**

ERALDO SCHUNK SILVA

Orientadora: Prof^ª Dra Luzia Aparecida Trinca
Co-orientador: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
– Área de Concentração em Energia na
Agricultura

BOTUCATU – SP

Dezembro - 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP – FCA – LAGEADO – BOTUCATU (SP)

Silva, Eraldo Schunk, 1961-
S586v Variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil /

Eraldo Schunk Silva.- Botucatu : [s.n], 2006.

xxii, 187 f. : il. color., grafs. tabs.

Tese (Doutorado) –Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006

Orientador: Luzia Aparecida Trinca

Co-orientador: Jonas Teixeira Nery

Inclui bibliografia

1. Precipitação (Meteorologia) – Variabilidade. 2. Radiação. 3. Análise de componentes principais. 4. Brasil, Região Sudeste. 5. Zona de convergência do Atlântico Sul. I. Trinca, Luzia Aparecida. II. Nery, Jonas Teixeira. (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

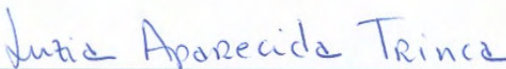
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

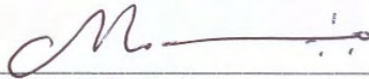
**TÍTULO: “VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NAS
REGIÕES SUDESTE E SUL DO BRASIL”**

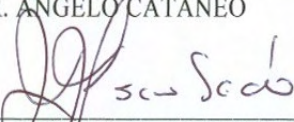
ALUNO: ERALDO SCHUNK SILVA

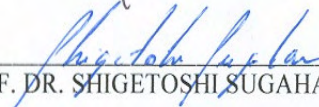
ORIENTADORA: PROFA. DRA. LUZIA APARECIDA TRINCA

Aprovado pela Comissão Examinadora


PROFA. DRA. LUZIA APARECIDA TRINCA


PROF. DR. ANGELO CATANEO


PROF. DR. JOÃO FRANCISCO ESCOBEDO


PROF. DR. SHIGETOSHI SUGAHARA


PROF. DR. PAULO HENRIQUE CARAMORI

Data da Realização: 07 de dezembro de 2006

Ofereço***Aos meus pais,***

Francisco e Norma que sempre me apoiaram e me incentivaram em todas as etapas da minha vida.

Aos meus irmãos,

Wilson, Noemi, Idelma, Rute, Marta, Solange, Suzete, Marluce, Petronília, Mirian, Paulo, Edson e Damares pelo convívio familiar;

Aos meus sogros,

Kunio e Shizuko, pelo apoio nestes anos todos;

As minhas tias

Nair e Atsuko por sentirem orgulho de mim;

Aos meus irmãos de coração

Sueli e Gilmar, Sônia e Paulinho;

***À minha esposa Ana e à minha filha Beatriz, por
compartilharmos sempre juntos a alegria de trazer
algo de precioso à vida.***

Essa chuva fria do sul da América não tem as rajadas impulsivas da chuva quente que cai como um látigo e passa deixando o céu azul. Pelo contrário, a chuva austral tem paciência e continua sem fim, caindo do céu cinzento.

Pablo Neruda

AGRADECIMENTOS

Dentre as pessoas que colaboram para realização e finalização desta Tese, quero primeiramente agradecer a Professora Dra. Luzia Aparecida Trinca, por ter aceitado a tarefa de me orientar neste trabalho e que desde do início demonstrou acreditar no meu potencial. Gostaria de exprimir minha gratidão, pelo tempo consagrado a dar um censo de direção a esta pesquisa e pela sua paciência sempre. Muito obrigado pela amizade, confiança e ensinamentos;

Eu agradeço igualmente o Professor Dr. Jonas Teixeira Nery da UNESP/Ourinhos pela imprescindível co-orientação. Sem sua valiosa ajuda e incentivo, certamente, minhas idéias iniciais teriam naufragado. Nossas discussões sempre foram bastante enriquecedoras. Obrigado de coração!

Agradeço aos membros da banca examinadora por aceitarem avaliar esta tese e pelas sugestões e críticas apresentadas. Será sempre uma grande honra tê-los numa banca de avaliação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PQI) pela concessão da bolsa de estudo;

À Universidade Estadual de Maringá –UEM, pela oportunidade concedida ;

Meus sinceros agradecimentos ao Dr. Clóvis Angeli Sansigolo (INPE), pelas discussões, valiosas sugestões e imensa ajuda no levantamento das referências bibliográficas;

Ao Dr. Edmilson Dias de Freitas (IAG/USP) pela imensa ajuda na parte computacional. Dois Palitos! Valeu mesmo!

Toda minha gratidão ao professor Dr. Paulo M. Barbosa Landim, que me abriu os olhos para uma área apaixonante: a geoestatística. Sua humildade, disposição e abnegação são incomensuráveis;

À Sônia Stivari pela amizade e convívio fraterno durante todos estes anos;

Agradeço a todos os funcionários da FCA/UNESP, sobretudo, os da Biblioteca e da PG, pela simpatia, respeito, prontidão, presteza e eficiência no atendimento prestado. Valeu, Hellen Sato, Nilson de Camargo, Joel Di Creddo, Maria Inês, Marilena Santos, Marlene Rezende e Jaqueline Gonçalves. Muito obrigado!

Obrigado, aos meus colegas de curso, Wagner Ismanhoto, José Arimatea, Ivan Fernandes, Caca Padovani, Luiz Perea, Lizandra Bringhenti (Gaúcha), Francisco Giglioti, Marcos Tenore, Reinaldo Nocchi, Gilberto Alves, Maria Andréia Lima e muito outros, com quem eu pude partilhar excelentes momentos de discussão, que muito contribuíram para o meu crescimento. Tenho saudades das nossas visitas extra curriculares e dos momentos de descontração. Que falta vocês me fazem!

Ao pessoal do “Lab-UEM”, Lurdinha, Patrícia, Sueli Ichiba e Ana Scarfan, pelo convívio e constante apoio;

Muito obrigado a todos aqueles que fizeram de minha estadia em Botucatu um tempo agradável, entre tantos, Silvia, Ivan, Mamona, Gilmar (Baiano);

Durante minha permanência em Botucatu, eu encontrei um grande amigo a quem tenho muito apreço. Conte sempre comigo Ricardo Rodrigues! Como dizia Bertrand Russell: “Por que cometer erros antigos se há tantos erros novos para se escolher?”

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a pós-graduação: Sergio Benez, João Escobedo, Carlos Padovani, Elías Simon, Odivaldo Seraphim,

Maristela Simões, Dinival Martins, José Cagnon, Luiz Targa e Nelson Teixeira. Muito obrigado, pelos preciosos conhecimentos, que muito contribuíram para a minha formação.

Agradeço em particular ao professor Dr. Ângelo Catâneo. Mais que um simples professor, um Mestre. Muito mais que um Mestre, um grande amigo. Compreendeu-me e me incentivou desde o início a seguir meu caminho.

Aos meus amigos “distantes”, mas sempre presentes, Viviane e Marcelo, Cris e Nivaldo, Ana Paula e Cacau, por compartilharem comigo tantos ideais;

Aos meus amigos de Maringá: Fúlvia, Neide, Aloísio e Clarinha, Marcelo e Rose, Inesa, Ivete, Sr. Pedro e Dona Maria, Regina, Romão e Elzinha, Rosemari e Wilson, Paulo Inada e Rosângela, Neusa, Margarida, Sandra, Fabiana e Maurício, Marcos e Rosangela, Henrique, Junior, Claudia Oneida, Cleide Baldo e Helio pelo carinho, amizade e sobretudo por enriquecerem meu cotidiano. Valeu a torcida!

Muito obrigado a Sra. Shizuko e ao Sr. Kunio (meus sogros), pelo apoio e incentivo nas horas mais difíceis. Esta vitória é muito mais de vocês do que minha. Dedico a vocês esta conquista;

Em especial, muito obrigado a minha esposa Ana e minha filha Beatriz pelo encorajamento, compreensão e sobretudo pelo carinho. Eu amo vocês!

SUMÁRIO

	Página
LISTAS DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS	XIV
LISTAS DE QUADROS	XV
LISTAS DE FIGURAS	XVII
RESUMO	001
SUMMARY	002
1. INTRODUÇÃO.	003
1.1. Objetivos gerais.	005
1.2. Organização do trabalho.	005
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	007
2.1. Importância da precipitação para as regiões Sudeste e Sul do Brasil.	007
2.2. Variabilidade da precipitação nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.	011
2.3. Influência do fenômeno <i>El Niño</i> -Oscilação Sul na precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.	013
2.4. Influência das temperaturas da superfície do mar (TSM) na variabilidade da precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.	018
2.5. Influência dos sistemas atmosféricos na precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.	021
2.6. Considerações sobre o relevo e a hidrografia das regiões Sudeste e Sul.	026
3. DADOS E METODOLOGIA.	031
3.1. Dados.	031
3.2. Metodologia.	034
3.2.1. Análise das séries de precipitação pluviométrica.	034
3.2.2. Grupos homogêneos de regime de precipitação.	034
3.2.3. Análise de componentes principais.	035
3.2.4. Análise de agrupamentos.	036
3.2.5. Regionalização.	037
3.2.6. Análise da variabilidade sazonal e interanual da precipitação.	040

3.2.7. Análise da variabilidade espacial da precipitação.	041
3.2.8. Análise das séries de radiação de ondas longas emergentes.	042
3.2.9. Recursos computacionais.	043
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	044
4.1. Áreas homogêneas de regime de precipitação.	044
4.1.1. Análise geoestatística.	044
4.1.2. Análise de agrupamentos.	051
4.1.3. Regionalização das áreas homogêneas de regimes de precipitação.	052
4.2. Variabilidade espacial e sazonal da precipitação nas regiões Sudeste e Sul.	055
4.3. Variabilidade espacial e sazonal da precipitação por áreas homogêneas.	060
- Área I: <i>Vales do São Francisco e do Jequitinhonha</i>	060
- Área II: <i>Minas Gerais Centro-Norte</i>	064
- Área III: <i>Minas Gerais Centro-Sul</i>	066
- Área IV: <i>Zona da Mata, Norte (RJ) e Litoral (ES)</i>	068
- Área V: <i>Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas</i>	071
- Área VI: <i>Planalto Arenito-Basáltico</i>	074
- Área VII: <i>Vale do Paraíba</i>	078
- Área VIII: <i>Paraná Central</i>	082
- Área IX: <i>Bacia do Chapecó-Iguaçu</i>	088
- Área X: <i>São Paulo Sul</i>	092
- Área XI: <i>Vale do Itajaí – Planaltos de Lages</i>	095
- Área XII: <i>Bacia do Uruguai</i>	099
- Área XIII: <i>Serra Geral – Bacia do Rio Guaíba</i>	104
4.4. Variabilidade interanual da precipitação por áreas homogêneas.	110
4.4.1. Áreas com forte variabilidade interanual.	110
4.4.2. Áreas com fraca variabilidade interanual.	114
4.4.3. Áreas com intermediária variabilidade interanual.	121
4.4.4. Influência do <i>El Niño</i> e do <i>La Niña</i> na variabilidade da precipitação.	132
4.4.4.1. Influência do <i>El Niño</i> na precipitação.	132
4.4.4.2. Influência do <i>La Niña</i> na precipitação.	134

4.5. Influência da variabilidade sazonal da atmosfera no regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul.	136
4.5.1. Variabilidade sazonal da ZCAS.	137
4.5.2. Padrões sazonais da radiação de ondas longas emergentes e suas relações com a precipitação nas regiões Sudeste e Sul.	146
4.6. Influência da variabilidade interanual da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no regime de precipitação das Regiões Sudeste e Sul.	157
4.6.1. Padrões interanuais da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e suas relações com a precipitação nas regiões Sudeste e Sul.	159
5. CONCLUSÕES.	168
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	172
ANEXOS.	

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

AS	América do Sul
ATSM	Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar
ATL	Oceano Atlântico
ATLS	Oceano Atlântico Sul
ATLSW	Oceano Atlântico Sudoeste
ENOS	<i>El Niño</i> /Oscilação Sul
ES	Espírito Santo
HS	Hemisfério Sul
IAP	Índice de Anomalia Padronizado
IIM	Índice de Irregularidade Meteorológica
IOS	Índice de Oscilação Sul
MG	Minas Gerais
NEB	Nordeste do Brasil
PACE	Pacífico Equatorial
PR	Paraná
RJ	Rio de Janeiro
ROLE	Radiação de Ondas Longas Emergentes
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SP	São Paulo
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência inter-tropical

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. População Economicamente Ativa (por 1000 hab), por região, para o período 1992-2003, em regiões geográficas - Brasil.	007
2. População economicamente ativa (por 1000 hab), e populações ocupada e desocupada, 1992-2003 – região Sudeste.	008
3. População economicamente ativa (por 1000 hab) e populações ocupada e desocupada, 1992/2003 – região Sul.	009
4. Impactos Físicos e Econômicos das Estiagens na produção Agrícola do estado do Rio Grande do Sul (Soja e Milho).	010
5. Capacidade de energia elétrica instalada por região.	011
6. Matriz de totais anuais de precipitação pluviométrica no modo S para o período de 1972 a 2002.	035
7. Estações pluviométricas (EP), longitude, latitude, código da estação, unidade da federação (UF) e total anual (média de 31 anos).	038
8. Matriz de médias mensais de ROLE (W/m^2), modo T, para o período de Junho de 1974 a dezembro de 2002.	042
9. Matriz de totais mensais de ROLE (W/m^2), modo T, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002.	042
10. Parâmetros variográficos para a precipitação pluviométrica das regiões Sudeste e Sul do Brasil.	045
11: Áreas homogêneas de precipitação obtidas da análise de agrupamento.	051
12: Enchentes e demais desastres naturais ocorridos em Blumenau, no período de 1980 a 2000.	113
13: Matriz de valores de ROLE ($W.m^2$), modo T.	138
14: Matriz de dados transformados de ROLE, modo T.	147
15: Matriz de médias mensais (mm) de precipitação modo T.	147
16: Pesos Fatorias (Factor Loadings) para a matriz de dados transformados de ROLE, modo T.	148

17: Pesos Fatorias (Factor Loadings) para matriz de médias mensais (mm) de precipitação modo T.	150
18: Correlação entre os autovetores de ROLE e de precipitação mensal média.	151
19: Matriz de totais mensais de ROLE (W/m^2), modo T, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002.	158
20: Matriz de totais mensais de precipitação (mm), modo T, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002.	159
21: Correlação entre os autovetores de ROLE e de precipitação total mensal.	162

LISTA DE FIGURAS

1 A: Efeitos globais da atuação do fenômeno <i>El Niño</i> (dezembro, janeiro e fevereiro) ...	014
1 B: Efeitos globais da atuação do fenômeno <i>El Niño</i> (junho, julho e agosto)	014
2 A: Efeitos globais da atuação do fenômeno <i>La Niña</i> . (dezembro, janeiro e fevereiro)..	015
2 B: Efeitos globais da atuação do fenômeno <i>La Niña</i> . (junho, julho e agosto)	015
3: Zonas de possível impacto para o regime pluviométrico do Sul do Brasil.	019
4: Evento de “ZCAS” ocorrido em 26/01/1997.	022
5: Relevo do estado de Minas Gerais.	026
6: Hidrografia do estado de Minas Gerais.	026
7: Relevo do estado de São Paulo.	027
8: Hidrografia do estado de São Paulo.	027
9: Relevo do estado do Rio de Janeiro.	028
10: Hidrografia do estado do Rio de Janeiro.	028
11: Relevo do estado do Espírito Santo.	028
12: Hidrografia do estado do Espírito Santo.	028
13: Relevo do estado de Paraná.	029
14: Hidrografia do estado de Paraná.	029
15: Relevo do estado de Santa Catarina.	030
16: Hidrografia do estado de Santa Catarina.	030
17: Relevo do estado do Rio Grande do Sul.	030
18: Hidrografia do estado do Rio Grande do Sul.	030
19: Distribuição espacial das 164 estações pluviométricas selecionadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.	033
20: Etapas utilizadas na construção do mapa de regiões homogêneas em regime de precipitação.	039
21: Semivariograma experimental e teórico para a precipitação anual (mm).	045
22: Semivariograma experimental e teórico para a precipitação anual mínima (mm).	048
23: Semivariograma experimental e teórico para precipitação anual mínima (%)	048

24: Semivariograma experimental e teórico para precipitação anual máxima (mm).	049
25: Semivariograma experimental e teórico para precipitação anual máxima (%)	049
26: Semivariograma experimental e teórico para o coeficiente de variação (%)	050
27: Semivariograma experimental e teórico para o IIM	050
28: Áreas homogêneas de precipitação obtidas da análise de agrupamento.	052
29: Localização das estações e relevo das regiões Sudeste e Sul.	053
30: Estações e isolinhas de altitudes (m) das regiões Sudeste e Sul.	053
31: Isolinhas de totais anuais (mm) de precipitação (Panual) traçadas utilizando-se o modelo gaussiano.	053
32: Áreas homogêneas de regime de precipitação obtidas para regiões Sudeste e Sul.	054
33: Totais anuais da precipitação (mm) nas regiões Sudeste e Sul, por áreas homogêneas.	055
34: Totais anuais da precipitação (mm) nas regiões Sudeste e Sul, por áreas homogêneas.	055
35: Desvios de precipitação mínima (%), em relação à normal climatológica, para as regiões Sudeste e Sul, por áreas homogêneas.	057
36: Desvios de precipitação máxima (%) em relação à normal climatológica para as regiões Sudeste e Sul.	058
37: Precipitações máxima e mínima (mm) por áreas homogêneas, nas regiões SEte e Sul.	058
38: Contribuição trimestral (%) da precipitação para o total anual, primeiro (1), segundo (2), terceiro (3) e quarto (4) trimestres.	059
39: Estações pluviométricas e características do relevo – Área I.	061
40: Hidrografia da Área I.	061
41: Hidrografia e principais cidades no entorno do Vale do Rio Jequitinhonha.	063
42: Riscos de ocorrência de déficit hídrico, durante a estação chuvosa, MG.	063
43: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área I.	063
44: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área I.	063
45: Estações pluviométricas e características do relevo – Área II.	064

46: Hidrografia da Área II.	065
47: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área II.	066
48: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área II.	066
49: Estações pluviométricas e características do relevo – Área III.	067
50: Hidrografia da Área III.	067
51: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área III.	068
52: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área III.	068
53: Estações pluviométricas e características do relevo – Área IV.	069
54: Hidrografia da Área IV.	070
55: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área IV.	071
56: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área IV.	071
57: Estações pluviométricas e características do relevo – Área V.	072
58: Hidrografia da Área V.	072
59: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área V.	073
60: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área V.	073
61: Estações pluviométricas e características do relevo – Área VI.	074
62: Unidades geomorfológicas do estado de São Paulo.	075
63: Unidade fisiográfica Terceiro Planalto, estado do Paraná.	076
64: Hidrografia da Área VI.	076
65: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área VI.	078
66: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área VI.	078
67: Estações pluviométricas e características do relevo – Área VII.	079
68: Hidrografia da Área VII.	080
69: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área VII.	081
70: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área VII.	081
71: Estações pluviométricas e características do relevo – Área VIII.	082
72: Unidades fisiográficas do estado do Paraná.	083
73: Hidrografia da Área VIII.	085
74: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área VIII.	085
75: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área VIII.	085

76: Mesoregião geográfica Centro Ocidental Paranaense.	086
77: Campos Gerais do Paraná, divisão municipal.	087
78: Estações pluviométricas e características do relevo – Área IX.	088
79: Hidrografia da Área IX.	089
80: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área IX.	090
81: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área IX.	090
82: Bacia do Rio Iguaçu.	091
83: Região Centro Sul do estado PR.	091
84: Estações pluviométricas e características do relevo – Área X	092
85: Hidrografia da Área X.	093
86: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área X.	094
87: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área X.	094
88: Estações pluviométricas e características do relevo – Área XI.	095
89: Unidades geomorfológicas do estado de Santa Catarina.	096
90: Hidrografia da Área XI.	097
91: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área XI.	098
92: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área XI.	098
93: Estações pluviométricas e características do relevo – Área XII.	099
94: Principais unidades geomorfológicas do Rio Grande do Sul.	100
95: Hidrografia da Área XII.	101
96: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área XII.	102
97: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área XII.	102
98: Precipitação pluviométrica anual na Bacia do Uruguai.	103
99: Estações pluviométricas e características do relevo – Área XIII.	104
100: Unidades fisiográficas do estado do Rio Grande do Sul	105
101: Hidrografia da Área XIII	107
102: Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul	108
103: Bacia do Guaíba, bacias adjacentes	108
104: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área XIII	109
105: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área XIII	109

106 A e 106 B: Variabilidade interanual (CV em %), por áreas homogêneas, nas regiões Sudeste e Sul, para o período de 1972 a 2002 ..	110
107: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área I, Vale do S. Fco-Jequitinhonha	111
108: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área I	111
109: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área XI, Vale do Itajaí- Planaltos de Lages	112
110: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área XI	112
111: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área III, Minas Gerais centro sul	114
112: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área III	115
113: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área V, M. Gerais – Sul e Cuestas ...	116
114: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área V	116
115: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área VI, Planalto Arenito-Basáltico ..	117
116: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área VI	117
117: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área VII, Vale do Paraíba	118
118: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área VII	118
119: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área X, São Paulo Sul	120
120: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área X	120
121: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área II, MG-Centro-Norte	121
122: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área II	122

123: Variabilidade interanual para a Área IV, Z. da Mata, Norte - RJ e Litoral – ES	123
124: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área IV	124
125: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área VIII, Paraná Central	125
126: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área VIII	125
127: Localização geográfica da Bacia do Rio Ivaí	126
128: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área IX, Bacia do Chapecó-Iguaçu ..	127
129: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área IX	127
130: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área XII, Bacia do Uruguai	129
131: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área XII	129
132: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área XIII, Serra Geral – Bacia do Rio Guaíba	130
133: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área XIII	130
134: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>El Niño</i> de 1972	133
135: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>El Niño</i> de 1982/83	133
136: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>El Niño</i> de 1992/93	133
137: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>El Niño</i> de 1997/98	133
138: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>La Niña</i> de 1974	135
139: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>La Niña</i> de 1975	135
140: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>La Niña</i> de 1985.	136
141: Anomalias de precipitação (%) para total anual, <i>La Niña</i> de 1999.	136
142: Área de cobertura para a radiação de ondas longas emergentes (ROLE)	137
143 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), setembro, para o período de 1974 a 2002	139
143 B: Média mensal de precipitação (mm), setembro, para o período de 1974 a 2002.....	139
144 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), outubro, para o período de 1974 a 2002.....	140

144 B: Média mensal de precipitação (mm), outubro, para o período de 1974 a 2002.....	140
145 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), novembro, para o período de 1974 a 2002	140
145 B: Média mensal de precipitação (mm), novembro, para o período de 1974 a 2002...	140
146 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), dezembro, para o período de 1974 a 2002	141
146 B: Média mensal de precipitação (mm), dezembro, para o período de 1974 a 2002 ..	141
147 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), janeiro, para o período de 1974 a 2002	142
147 B: Média mensal de precipitação (mm), janeiro, para o período de 1974 a 2002	142
148 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), fevereiro, para o período de 1974 a 2002	142
148 B: Média mensal de precipitação (mm), fevereiro, para o período de 1974 a 2002 ...	142
149 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), março, para o período de 1974 a 2002	143
149 B: Média mensal de precipitação (mm), março, para o período de 1974 a 2002	143
150 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), abril, para o período de 1974 a 2002	144
150 B: Média mensal de precipitação (mm), abril, para o período de 1974 a 2002	144
151 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), maio, para o período de 1974 a 2002	144
151 B: Média mensal de precipitação (mm), maio, para o período de 1974 a 2002	144
152 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), junho, para o período de 1974 a 2002	145
152 B: Média mensal de precipitação (mm), junho, para o período de 1974 a 2002	145
153 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), julho, para o período de 1974 a 2002	145
153 B: Média mensal de precipitação (mm), julho, para o período de 1974 a 2002	145
154 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), agosto, para o período de 1974 a 2002	146
154 B: Média mensal de precipitação (mm), agosto, para o período de 1974 a 2002	146
155: 1 ^o , 2 ^o e 3 ^o autovetores do campo médio de ROLE, para o período de 1974 a 2002 .	149
156: Primeiro, segundo e terceiro autovetores do campo médio de precipitação, para o período de 1974 a 2002	151
157: 1 ^a CP (campo médio)da ROLE, para o período de 1974 a 2002	152
158: 2 ^a CP (inverno) de ROLE média mensal para o período de 1974 a 2002	153
159: 1 ^a CP (campo médio) de precipitação média mensal para o período de 1974 a 2002.	153
160: 2 ^a CP (verão) de precipitação média mensal para o período de 1974 a 2002	153
161: Massas de ar que atuam no Brasil; posição média no inverno	154

162: Bloqueio Atmosférico	155
163: 3ª CP de ROLE (primavera/verão), média mensal para o período de 1974 a 2002 ...	156
164: 1ª CP de precipitação (campo médio), média mensal do período de 1974 a 2002	156
165: Massa de ar que atuam no Brasil, posição média no verão	157
166: Autovetores das componentes principais de ROLE: (1) primeira; (2) segunda; (3) terceira e (4) quarta componente principal	160
167: Série temporal de autovetores das componentes principais de precipitação dos totais mensais, para o período de 1980 a 2002: (1) primeira; (2) segunda; (3) terceira e (4) quarta componente principal	161
168: 1ª CP de ROLE (campo médio), totais mensais, para o período de 1974 a 2002	162
169: 4ª CP (semi-anual) para os totais mensais de precipitação, para período de 1974 a 2002	162
170: 2ª CP de ROLE (ciclo anual), totais mensais, para o período de 1974 a 2002	163
171: 1ª CP (ciclo anual) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002	163
172: 2ª CP (inverno-primavera) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002	164
173: 3ª CP (inverno) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002	164
174: 3ª CP de ROLE (inverno/primavera), totais mensais, para o período de 1974 a 2002.....	165
175: 1ª CP (comportamento médio) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002	165
176: 2ª CP (inverno/primavera) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002	165
177: 4ª CP (semi-anual), para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002	165
178: 4ª CP de ROLE (semi-anual), totais mensais, para o período de 1974 a 2002	166
179: 4ª CP para os totais mensais de precipitação para período de 1974 a 2002	166

1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar as variabilidades espacial, sazonal e interanual da precipitação pluviométrica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Foram utilizadas 164 séries mensais e anuais de chuvas para o período de 1972 a 2002 e dados de médias mensais de radiação de ondas longas emergentes (ROLE), para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002, com pontos de grade com resolução espacial de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, entre as latitudes 20°N e 35°S e longitudes entre 0° ; 90°W . A partir das análises de agrupamento, de componentes principais e geoestatística foram identificadas 13 regiões homogêneas de regime de precipitação. A precipitação anual variou de 956 mm nos vales do São Francisco-Jequitinhonha a 1830 mm na Bacia do Iguaçu-Chapecó. As três primeiras componentes principais (CP) da matriz de médias mensais de precipitação explicam conjuntamente, 61,49% da variância. A primeira CP representa o campo médio de precipitação, a segunda CP representa o período de verão e a terceira CP apresenta dois pontos extremos: o mês de novembro e o mês de fevereiro. Através dos dados de ROLE analisou-se a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na precipitação. As três primeiras componentes principais da matriz de médias mensais de ROLE explicam conjuntamente 96,27% da variância. A primeira CP representa a convecção média. A segunda CP representa o período de primavera e a terceira CP representa o período de verão. As correlações, significativas ao nível de 5%, obtidas entre os autovetores das matrizes de precipitação pluviométrica e de ROLE, corroboram a influência da ZCAS no regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Palavras-chave: Variabilidade, radiação, análise de componentes principais, Brasil -região Sudeste, Zona de Convergência do Atlântico Sul.

RAINFALL VARIABILITY IN SOUTHEASTERN AND SOUTHERN BRAZIL,
Botucatu, 2006. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de
Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ERALDO SCHUNK SILVA

Adviser: LUZIA APARECIDA TRINCA

The spatial, seasonal and interannual variability of rainfall in Southeastern and Southern Brazil were analyzed. For that, 164 series of rainfall for the period of 1972 to 2002 and data about outgoing longwave radiation (OLR) for the period of 1974 to 2002 were utilized. From the clusters analysis and components analysis (PCA), 13 homogeneous regions under precipitation regime were identified. The annual rainfall varied from 956 mm in São Francisco-Jequitinhonha valleys to 1830 mm in Iguaçu-Chapecó basin. The three first matrix principal components (PC) of monthly average rainfall (average of 30 years) explain together 61.49% of the variance. The first PC represents the mean rainfall field, the second PC represents the extended rainy period (September to May) and the third PC presents two extreme points: November indicates the end of spring and the beginning of summer; and February indicates the end of summer and the beginning of autumn. The OLR influence on the rainfall variability in the Southeast and in the South was also evaluated. Through the PCA, the behavior of the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) was studied together with its influence on the rainfall variability. The three first matrix main components of OLR monthly average (average of 30 years) explain together 96.27% of the variance. The first main component (CP) is associated to the period of autumn. The second PC represents the winter/summer period, and the third PC represents summertime. The correlations, significative to the level of 5%, obtained between the rainfall and OLR eigenvectors, attest their influence on the rainfall regime in Southeastern and Southern Brazil.

Keyword: variability, radiation, principal components analysis, Brazil - southeastern, South Atlantic Convergence Zone.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do regime de precipitação pluvial é de extrema importância para o planejamento regional. O comportamento pluviométrico determina a forma de ocupação e os tipos de atividades sócio-econômicas do homem sobre o espaço. Do ponto de vista ambiental, a precipitação pluviométrica modifica a umidade relativa do ar, a temperatura do ar e do solo e o balanço hídrico.

Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil o planejamento das principais atividades econômicas (indústria, agricultura e turismo) depende, fortemente, do regime de precipitação. Portanto, variações no regime de precipitação têm um notável impacto sobre estas atividades econômicas. O conhecimento do impacto das variações climáticas sobre a precipitação permite adequar o planejamento a essas variações e tornar mais eficiente e racional a utilização de recursos hídricos.

A economia da região Sul do Brasil é baseada principalmente na agricultura, apresentando cerca de 57% da produção nacional de grãos. Como exemplo, destaca-se o estado do Paraná, cuja a produção agrícola contribui com aproximadamente 30% da arrecadação do estado, ou seja, o mesmo montante arrecadado pela agroindústria. Desta forma, aproximadamente 60% dos recursos arrecadados provêm diretamente do setor agrícola (Bragagnolo, 1992).

A geração de energia hidrelétrica é também um fator importante para a economia do Paraná e principalmente para a região Sudeste, maior centro industrial e consumidor do país.

Embora vários autores, dentre eles, Aceituno (1988); Diniz et al. (2002), Kousky e Cavalcanti (1984); Kousky et al. (1984); Nery et al. (2002); Pisciotto et al. (1994); Ropelewski e Halpert (1987); Sansigolo et al. (2000), afirmem que os principais responsáveis pela variabilidade pluviométrica, na região Sul do Brasil são o *El Niño* e o *La Niña*, observa-se que nem todos os eventos de El Niño provocam o aumento das precipitações nesta região. No

entanto, pode se observar em anos de *El Niño*, uma tendência de aumento nos níveis de precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Nos estudos realizados sobre a variabilidade da precipitação nas regiões Sudeste e Sul do Brasil têm sido consideradas como possibilidades de explicação diversos tipos de flutuações naturais, em escalas de tempo da ordem de dias, meses e anos.

À parte estas flutuações naturais, em relação ao uso e os resultados obtidos pelas técnicas estatísticas, também têm surgido controvérsias de ordem metodológica tais como, problemas de flutuação aleatória, qualidade dos dados e substituição de dados faltantes (Sansigolo et al., 2000).

A variabilidade espacial é influenciada por variáveis tais como: características do solo, orografia, vegetação e bacias hidrográficas, enquanto a variabilidade sazonal segue seu curso natural em função das estações do ano. Já a variabilidade interanual sofre forte influência dos fenômenos oceânico-atmosféricos.

Considerando que as economias das regiões Sudeste e Sul dependem relativamente da disponibilidade de água e que ainda persistem algumas lacunas de ordem metodológica no estudo da variabilidade da precipitação, justifica-se a importância do presente estudo sobre a precipitação pluviométrica.

Há muitas outras variáveis importantes para se caracterizar o clima de uma dada região. No entanto, devido a forte variabilidade espaço-temporal da precipitação nas regiões Sudeste e Sul, a chuva é um dos indicadores climáticos mais importantes, para se caracterizar o clima destas regiões.

Neste estudo, iremos nos ater a examinar o comportamento do regime pluviométrico. Embora hoje em dia o emprego de várias técnicas estatísticas multivariadas, tais como, Análise de Componentes Principais, Análise de Correlação Canônica, Análise de Agrupamentos, Análise Geoestatística, seja comum nos estudos climatológicos, estas técnicas geralmente são aplicadas individualmente, ora para determinar grupos homogêneos de precipitação, ora para reduzir a dimensão da matriz dados, resumindo em fatores mais simples de serem interpretados.

Para melhor compreender o regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul, neste trabalho foram aplicados diferentes métodos de análise das chuvas para diferentes intervalos de tempo. Utilizou-se conjuntamente o potencial de três destas técnicas para

estabelecer áreas homogêneas de regime de precipitação e analisar a interação precipitação-atmosfera, em termos de padrões (componentes principais) de comportamento, correlacionando-os entre si. Procurou-se caracterizar e enumerar os principais fatores estáticos (relevo, hidrografia e orografia), assim como a influência da continentalidade e da maritimidade na variabilidade espacial do regime de precipitação das regiões sudeste e sul do Brasil.

1.1. Objetivos gerais

Estudar as relações entre a variabilidade espacial da precipitação nas regiões Sudeste e Sul do Brasil e a radiação de ondas longas emergentes (ROLE). Especificamente propõe-se:

- Definir áreas espacialmente homogêneas quanto ao regime de precipitação para as regiões sudeste e sul do Brasil;
- Caracterizar geograficamente e estatisticamente a precipitação (média, máximo, mínimo, coeficiente de variação) nas áreas homogêneas;
- Estudar a influência dos eventos *El Niño* e *La Niña* na variabilidade da precipitação das regiões sudeste e sul;
- Determinar e classificar padrões de Zonas de Convergências do Atlântico Sul (ZCAS) a partir da Radiação de Onda Longa (ROLE);
- Quantificar a associação existente entre a ROLE e a precipitação pluviométrica do sul do Brasil;

1.2. Organização do trabalho

Após a revisão bibliográfica detalhada, na qual se apresenta trabalhos científicos que abordam as principais questões de ordem metodológica envolvidas no estudo da variabilidade pluviométrica, assim como os resultados de vários trabalhos de pesquisa empreendidos nos últimos 31 anos, descreve-se na metodologia, a origem e a natureza dos dados utilizados neste estudo e, também, os métodos de análise. Em seguida discutem-se os

resultados obtidos para a análise da variabilidade da precipitação e analisa-se a variabilidade da radiação de ondas longas emergentes (ROLE), dando ênfase às possíveis conexões entre a precipitação pluviométrica e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Nas conclusões são apresentados os principais resultados e nas considerações finais são tecidas algumas recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância da precipitação para as regiões Sudeste e Sul do Brasil

A região Sudeste, formada pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, ocupa uma área de 924.266 km², cobre aproximadamente 10,86% do território brasileiro e tem 43% da população economicamente ativa (PEA) do país (Quadro 1). É a mais populosa do país com 78.472.017 milhões de habitantes e responsável por 55% do Produto Interno Bruto (PIB), 66% do valor da produção industrial e 58% do pessoal ocupado na indústria (IBGE, 2005).

Quadro 1: População Economicamente Ativa (por 1000 hab), por região, para o período 1992-2003, em regiões geográficas - Brasil.

Região	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2001	2002	2003
Brasil	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Norte	6,32	6,50	6,59	6,56	6,75	6,85	6,91	6,90	7,03	7,21
Nordeste	27,54	27,60	27,41	26,88	27,45	27,30	27,47	26,53	26,52	26,51
Centro-Oeste	6,85	6,76	6,82	6,94	6,99	7,15	7,07	7,14	7,09	7,03
Sudeste	42,53	42,51	42,54	43,16	42,60	42,48	42,47	43,20	43,17	43,05
Sul	16,77	16,63	16,63	16,46	16,20	16,22	16,09	16,23	16,20	16,20

Fonte: Microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

São Paulo destaca-se no cenário nacional como o estado de maior concentração industrial, especialmente no tocante à indústria pesada, e absorve 51% da PEA da região Sudeste (Quadro 2). O interior do estado já desponta hoje como o segundo mercado interno do País. Em linhas gerais, a região da Grande São Paulo abrange o maior parque

industrial da América Latina, além de constituir o maior centro comercial e financeiro do país.

Minas Gerais constitui o segundo centro industrial, com uma participação de cerca de 10% no valor da produção nacional. A riqueza de recursos minerais esteve na base do grande desenvolvimento das indústrias siderúrgica e metalúrgica. A maior parte da produção brasileira de ferro ainda provém do "Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais", o que o torna um dos maiores produtores mundiais desse minério.

Quadro 2: População economicamente ativa (por 1000 hab), e populações ocupada e desocupada, 1992-2003 – região Sudeste.

População Economicamente Ativa (PEA)	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2001	2002	2003
Região SE - Total	30.806	31.266	32.805	32.897	33.527	34.237	35.360	36.814	38.090	38.812
Ocupada	28.501	29.116	30.586	30.319	30.521	30.533	31.405	32.818	33.963	34.352
Desocupada	2.305	2.150	2.219	2.578	3.006	3.704	3.955	3.996	4.127	4.460
M. Gerais - Total	7.997	8.120	8.330	8.276	8.538	8.555	9.128	9.241	9.662	9.790
Ocupada	7.505	7.702	7.934	7.784	7.989	7.854	8.335	8.373	8.791	8.906
Desocupada	492	418	396	492	549	701	793	868	871	884
E. Santo - Total	1.400	1.403	1.423	1.428	1.465	1.495	1.599	1.637	1.718	1.760
Ocupada	1.311	1.327	1.356	1.339	1.370	1.394	1.468	1.490	1.549	1.598
Desocupada	89	76	67	89	95	101	131	147	169	162
R. de Janeiro - Total	5.900	6.007	6.329	6.352	6.356	6.457	6.576	6.922	7.098	7.257
Ocupada	5.492	5.540	5.863	5.830	5.767	5.762	5.828	6.075	6.273	6.317
Desocupada	408	467	466	522	589	695	748	847	825	940
São Paulo - Total	15.509	15.736	16.723	16.841	17.168	17.730	18.057	19.014	19.612	20.005
Ocupada	14.193	14.547	15.433	15.366	15.395	15.523	15.774	16.880	17.350	17.531
Desocupada	1.316	1.189	1.290	1.475	1.773	2.207	2.283	2.134	2.262	2.474

Fonte: Microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE¹.

O Rio de Janeiro destaca-se nos setores da telecomunicação, da siderurgia e da indústria do petróleo (extração, construção naval, plataformas, óleos e gasodutos e pólo gás-químico).

¹Em 1994 e em 2000 não foi realizada a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Para a expansão dos resultados das PNAD's de 1992 a 1996 foram utilizados os novos pesos gerados a partir da Contagem da População do IBGE, de 1996. Os valores foram corrigidos pela projeção da população do IBGE para 1º de julho. Elaboração: Coordenação-Geral de Indicadores - Ministério da Ciência e Tecnologia.

Com uma produção bastante elevada de cana-de-açúcar, café, soja, milho e arroz, e bastante dinâmica, não somente para o abastecimento da carne, como de leite e derivados; a agricultura e a pecuária também são atividades que merecem destaque na região Sudeste.

A região Sul do Brasil, formada pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocupa uma área de 575.316 km², cobrindo aproximadamente 6,8% do território brasileiro e contém 16,2% da população economicamente ativa do país. É uma das regiões mais industrializadas e economicamente mais desenvolvidas do país. A atividade industrial, a geração de energia, a agricultura de grãos e a pecuária na região Sul são extremamente dependentes dos recursos hídricos disponíveis, portanto, variações no regime de precipitação têm um notável impacto na economia da região. O estado do Rio Grande do Sul é o mais industrializado da região Sul e absorve 41% da População Economicamente Ativa (PEA) da região Sul (Quadro 3). A capital Porto Alegre, junto com os municípios de Cachoeirinha, Canoas, Caxias do Sul, Esteio, Gravataí, Nova Hamburgo, São Leopoldo e Viamão formam o maior pólo industrial da região Sul.

Quadro 3: População economicamente ativa (por 1000 hab) e populações ocupada e desocupada, 1992/2003 – região Sul.

População Economicamente Ativa (PEA)	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2001	2002	2003
Região Sul - Total	12.149	12.230	12.827	12.548	12.752	13.070	13.399	13.835	14.291	14.609
Ocupada	11.589	11.731	12.194	11.866	11.927	12.101	12.330	12.930	13.389	13.616
Desocupada	560	499	633	682	825	969	1.069	905	902	993
Paraná - Total	4.449	4.475	4.789	4.670	4.684	4.820	4.944	5.138	5.340	5.419
Ocupada	4.209	4.261	4.514	4.409	4.361	4.456	4.489	4.744	4.969	5.032
Desocupada	240	214	275	261	323	364	455	394	371	387
S. Catarina - Total	2.443	2.487	2.696	2.589	2.631	2.784	2.922	2.954	3.064	3.144
Ocupada	2.349	2.412	2.608	2.481	2.508	2.596	2.712	2.830	2.927	2.966
Desocupada	94	75	88	108	123	188	210	124	137	178
R. G. do Sul - Total	5.257	5.268	5.342	5.289	5.437	5.466	5.533	5.743	5.887	6.046
Ocupada	5.031	5.058	5.072	4.976	5.058	5.049	5.129	5.356	5.493	5.618
Desocupada	226	210	270	313	379	417	404	387	394	428

Fonte: Microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

A produção nacional média de grãos do estado do Rio Grande do Sul no período 1993-95 foi de 73,5 milhões de toneladas e desse total mais da metade (51%) dessa produção foi produzida pela região Sul. Por outro lado, devido aos impactos físicos e econômicos das últimas seis estiagens no estado do Rio Grande do Sul, o prejuízo acumulado (Quadro 4) com as seis últimas estiagens, considerando somente as culturas do soja e do milho, passou dos 3 bilhões de dólares (Berlato e Fontana, 2003).

Quadro 4: Impactos Físicos e Econômicos das Estiagens na produção Agrícola do estado do Rio Grande do Sul (Soja e Milho).

Ano agrícola	Perdas de grãos (milhoes de Ton.)	Valor US\$ milhões
1987/1988	3,6	709,3
1990/1991	5,5	797
*1995/1996	2,8	522,5
1996/1997	2,1	402,8
*1988/1999	2,8	335,4
*1999/2000	2,3	307,8
Total	19,1	3.074,80

Fonte: EMATER/RS. * Anos de La Niña

Outro exemplo importante é o caso do estado do Paraná que também sobressai na produção agrícola do Brasil. Esta contribui com aproximadamente 30% da arrecadação do estado, ou seja, o mesmo montante arrecadado pela agroindústria. Desta forma, aproximadamente 60% dos recursos arrecadados provêm diretamente do setor agrícola (Bragagnolo, 1994).

O estado de Santa Catarina é o quinto produtor de alimentos do país, destacando-se pelo cultivo de maçã, alho e fumo, além das explorações de madeira, suínos e aves. Também apresenta ótimo destaque no turismo, tanto na região serrana quanto no litoral (Ichiba et al., 2002).

O parque gerador de energia elétrica das regiões Sudeste e Sul é predominantemente hidráulico (Quadro 5). O mercado consumidor (47,2 milhões de unidades) concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, as mais industrializadas do país (ANEEL, 2005). No estado do Paraná, maior gerador de energia hidrelétrica (ITAIPU) da região Sul, a variabilidade da precipitação é uma condicionante essencial para o planejamento das atividades econômicas (agricultura local e atividades industriais, turísticas, pesqueiras e agroindustriais).

Quadro 5: Capacidade de energia elétrica instalada por região.

Região/UF	Capacidade Instalada (kW)	%
SE		
ES	939.746	1,02
MG	16.929.438,95	18,46
RJ	6.841.425,20	7,46
SP	20.977.860	22,88
Total	45.688.470	49,82
Sul		
PR	16.397.706	17,88
SC	3.852.050,20	4,2
RS	5.616.708,60	6,12
Total	25.866.464,80	28,20
Outras		
Outras	20161166,54	21,98
Total	20161166,54	21,98
Brasil		
Brasil	91.704.866,25	100,00
Total	91.704.866,25	100,00

Fonte: ANEEL(2005)

2.2. Variabilidade da precipitação nas regiões Sudeste e Sul do Brasil

Utilizando a Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP), Sansigolo e Nery (1998) estudaram a precipitação do Sudeste e do Sul do Brasil e mostraram que as regiões podem ser divididas em 3 grupos homogêneos de regime de precipitação. O

primeiro grupo ficou bem definido na região Sudeste e os outros dois grupos mais dispersos na região Sul. Os autores também observaram que o regime de precipitação apresenta grande variabilidade sazonal, com a primeira Componente Principal (CP) explicando 52% da variabilidade total da precipitação.

O estado do Paraná (PR) apresenta duas áreas homogêneas (noroeste e nordeste), com menores precipitações em relação às demais regiões do estado. As regiões Central, Sudeste, Sul, Sudoeste e Leste apresentam precipitações significativamente maiores que as demais regiões.

O regime de precipitação da região Leste é regulado pela orografia e pela brisa marítima, portanto chove mais em maiores altitudes, ou seja, nas regiões Central, Sudeste, Sul, Sudoeste e Leste. A variabilidade temporal da precipitação, no estado do Paraná, apresenta dois períodos bem definidos: período úmido e período seco. Principal fator de variabilidade da precipitação no estado, a sazonalidade apresenta como consequência uma significativa variabilidade nas regiões Nordeste e Noroeste, em comparação às demais regiões do estado (Nery e Silva, 2001).

No período de 1950 a 1997, foi observado no estado de Santa Catarina (SC) grande variabilidade no regime de precipitação. Em todo o estado foram observados valores mínimos de precipitação anual em torno de 900 mm, porém os valores máximos variaram de 2000 mm (região costeira) a 3600 mm na região noroeste (Ichiba et al., 2002).

Silva et al (2005), trabalhando com 50 séries de precipitação pluvial da Bacia do rio Uruguai, para o período de 1972 a 2001, estabeleceram através da ACP quatro sub-regiões homogêneas de regime de precipitação, nas quais observaram que a massa Tropical Continental (mTc), quente e seca, associada à movimentação das frentes polares durante o verão. A altura pluviométrica média anual observada variou entre 1500 mm e 2000 mm, sendo a orografia uma importante fonte de variação espacial da precipitação.

Nery et al. (2004) aplicaram a ACP para um conjunto de 38 séries de precipitação (1959 a 1999) observadas no estado de São Paulo e estabeleceram 4 áreas de comportamento homogêneo para estas. O clima da região Norte do estado apresenta a menor variabilidade interanual, com totais anuais da ordem de 1500 mm e uma grande variabilidade sazonal (28 mm em junho; 256 mm em dezembro). A região Noroeste do estado de São Paulo é a que apresenta, em média, os menores totais anuais (1200 mm) de precipitação e a terceira

maior variabilidade sazonal. A região Oeste apresenta a segunda maior variabilidade sazonal do estado, variando em média de 33 mm (junho) a 302 mm, em janeiro, e a precipitação anual é de 1440 mm. A região Sul do estado apresenta a maior variabilidade interanual e sazonal. Em média os valores de precipitação variam de 88 mm em junho a 301 mm em janeiro, acumulando em média 2000 mm de precipitação durante o ano.

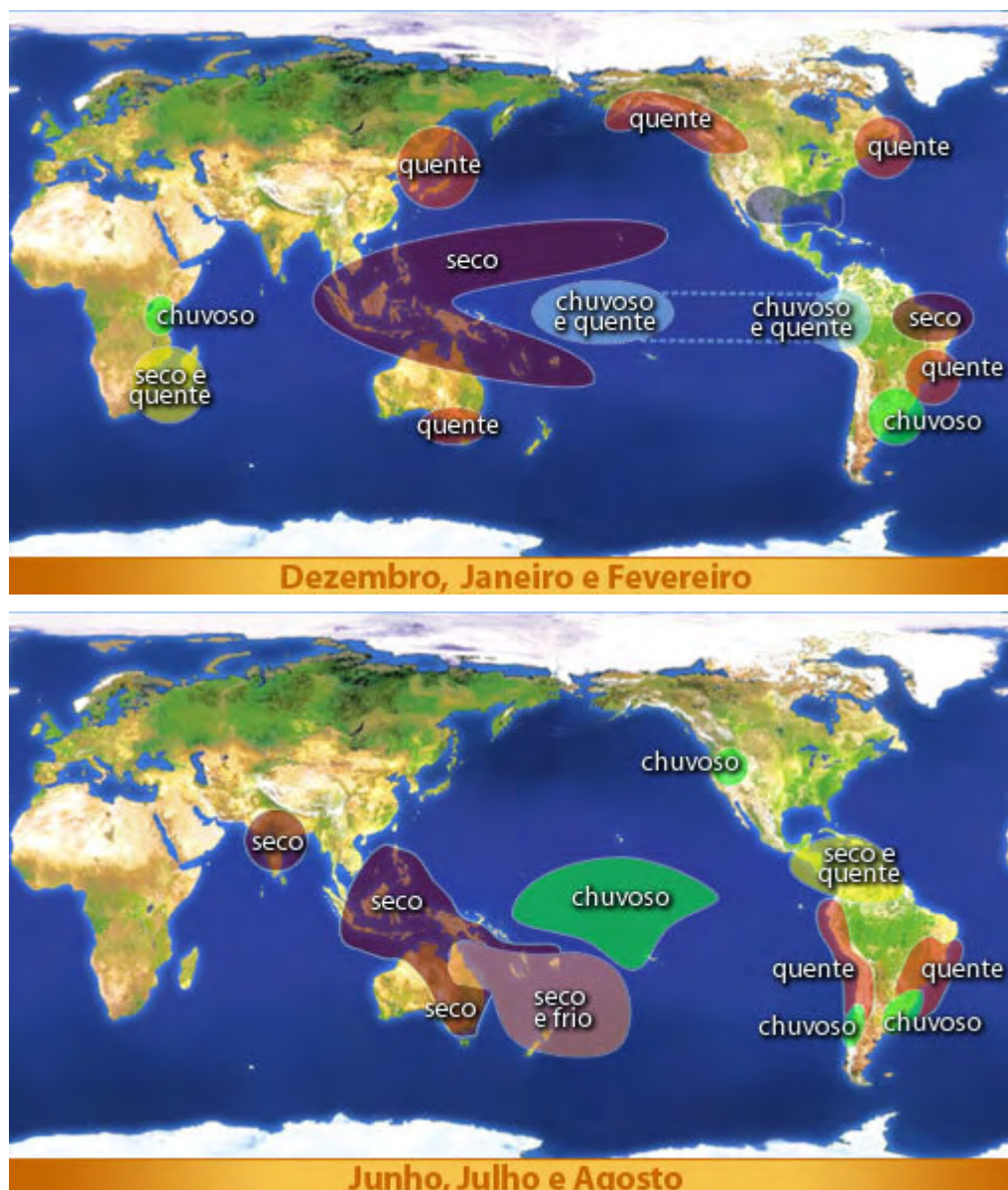
Vicente et al. (2002), estudando o período chuvoso (setembro a março) para o Leste do estado de São Paulo no período de 1990 a 1995, observaram que a maioria dos eventos de precipitação iniciou-se entre 13 e 15 horas na Serra da Mantiqueira e atingiram sua máxima evolução entre 16 e 17 horas sobre a Grande São Paulo e Vale do Paraíba. A convecção nesta região do estado de São Paulo é predominantemente forçada pela orografia, apresentando seu deslocamento para Sudeste. As precipitações intensas sobre a Grande São Paulo e Vale do Paraíba estão associadas às ilhas de calor urbanas e à penetração da brisa marítima.

2.3. Influência do fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul na precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil

O fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS) refere-se a uma combinação de dois mecanismos. O *El Niño* representa o componente oceânico, enquanto a Oscilação Sul (OS) representa a influência atmosférica do fenômeno. Juntos demonstram de forma muito clara, o vínculo existente entre o oceano e a atmosfera (Berlato e Fontana, 2003).

Os primeiros registros sobre o ENOS apareceram por volta do ano 1800, porém só foram documentados por Walker e Bliss nos anos 1932-1937. Embora, no ano de 1877, Walker tenha tentado associar este fenômeno com outros parâmetros atmosféricos de escala global, uma explicação mais exata e correta do mecanismo só foi apresentada quase um século depois por Bjerknes, ao concluir que a *Oscilação Sul* é uma reversão periódica (gangorra barométrica) do padrão da pressão atmosférica no Pacífico Tropical, que ocorre (durante os eventos de *El Niño*) entre as estações de Darwin (12,40S ; 30,90E) localizada no norte da Austrália e a estação Tahiti (17.5S ; 49.6W) situada no Pacífico Sul (Bjerknes, 1969).

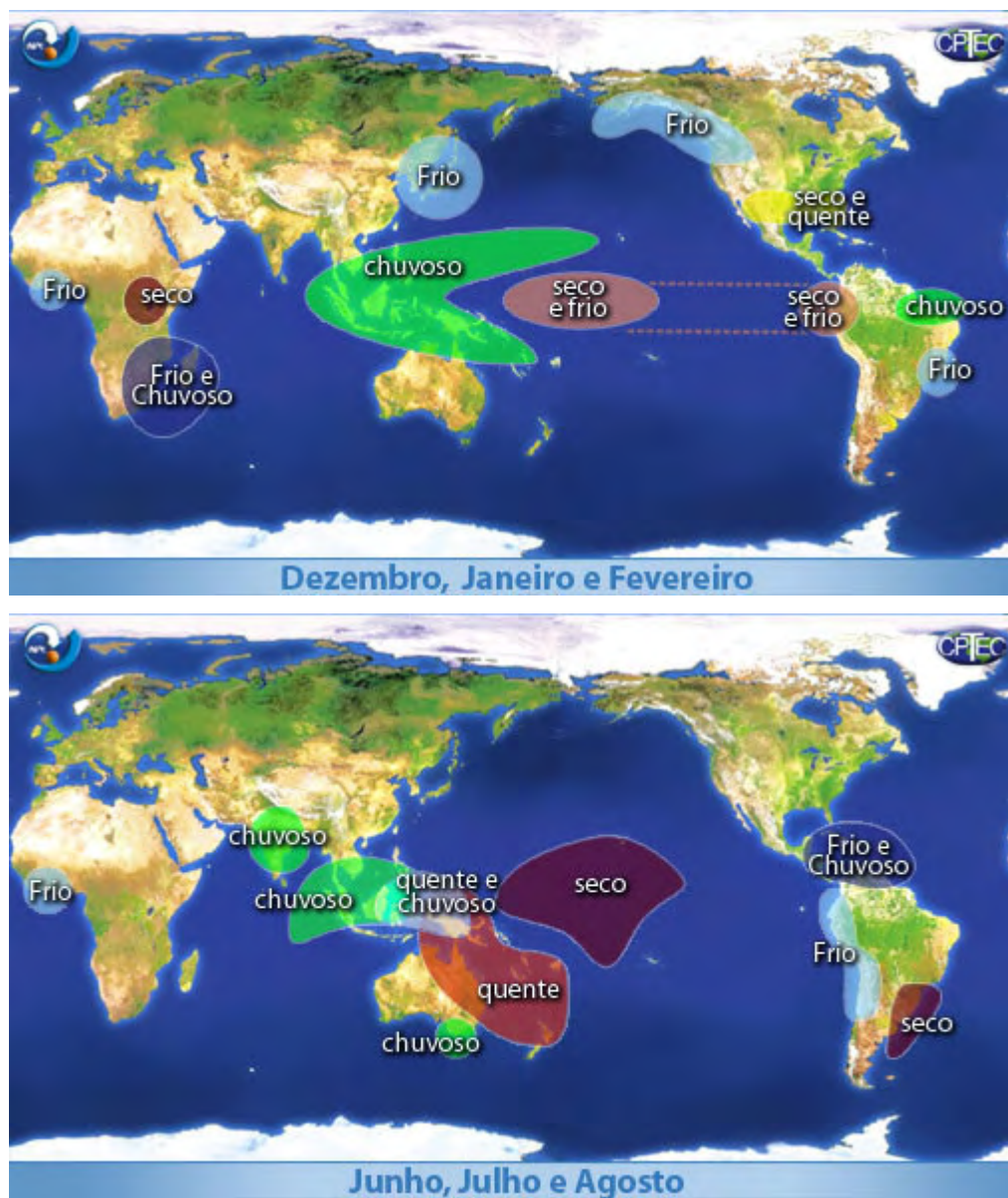
Hoje, sabe-se que o *El Niño* é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical que pode afetar o clima regional e global (Figura 1), mudando os padrões de vento em nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais de latitudes médias (Trenberth, 1997).



Figuras 1 A e 1 B: Efeitos globais da atuação do fenômeno *El Niño*.

Fonte: http://www.cptec.inpe.br/enos/globo_el-nino.shtml

O *El Niño* possui duas fases: uma quente denominada *El Niño* e uma fase fria denominada *La Niña* (Figura 2).



Figuras 2 A e 2 B: Efeitos globais da atuação do fenômeno *La Niña*.

Fonte: http://www.cptec.inpe.br/enos/globo_la-nina.shtml

O fenômeno *La Niña*² também é um fenômeno oceânico-atmosférico, porém com características opostas ao *El Niño* caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, Equatorial Central e Oriental. Alguns dos impactos de *La Niña* tendem a ser opostos aos causados pelo *El Niño*, mas nem sempre uma região afetada pelo *El Niño* apresenta impactos significativos para o tempo e o clima, quando da ocorrência do fenômeno *La Niña*.

Em condições normais, as temperaturas da superfície do mar (TSM) nos oceanos Pacífico Tropical, Equatorial Central e Oriental situam-se em torno de 25°C, diminuindo para 22°C a 23°C durante os episódios de *La Niña*. Sob efeito do *La Niña* as águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de aproximadamente de 10° de latitude ao longo do equador, atingindo a costa do Peru e avançando em quase 180° de longitude no Pacífico Central (Marengo e Oliveira, 1998).

Segundo Kousky e Cavalcanti (1984), os principais responsáveis pela variabilidade pluviométrica na região Sul do Brasil é o fenômeno *El Niño*. Um exemplo da influência do *El Niño* na precipitação da região Sul foi o que ocorreu no ano de 1983 (*El Niño* forte). A ocorrência de jatos³ subtropicais, mais fortes, favoreceu os bloqueios atmosféricos em latitudes médias e altas, resultando nos sistemas frontais estacionados na região que ocasionaram precipitações muito altas no Sul do Brasil.

Trenberth (1984) obteve um coeficiente de correlação de -0,79 entre as pressões nas estações de Darwin e Tahiti. A diferença entre as pressões normalizadas nestas estações é definida como o Índice de Oscilação Sul (IOS) apontado como um ótimo indicador do estado da Oscilação Sul.

Vários autores, entre eles, Aceituno (1988); Ropelewski e Halpert (1987; 1989) e Kousky et al. (1984) observaram que durante os eventos *El Niño* ocorreram precipitações excessivas no Sul do Brasil e na costa do Peru, assim como secas severas sobre o Leste da Amazônia e região nordeste do Brasil. Em 1983 (ano de *El Niño*) foram observadas,

² Outros nomes como *El Viejo* ou anti-*El Niño* também foram usados para se referir a este resfriamento, mas o termo *La Niña* ganhou mais popularidade.

³ Marcado por uma concentração de curvas isotermas e ventos verticais, esse jato de vento é a fronteira entre o ar subtropical e ar tropical. É encontrado, aproximadamente, entre 25 a 35° de latitude norte e, em geral, a mais de 12000 m de altitude. Tende a migrar para o sul no inverno do hemisfério norte e para o norte no verão.

no período de inverno, anomalias de precipitação com sinal negativo no nordeste e anomalias com sinal positivo no Sul do país.

Ropelewski e Halpert (1987), analisando séries temporais de precipitação em 1700 estações do globo confirmaram a existência de uma relação entre anomalias positivas (acima do normal) de precipitação e a ocorrência do fenômeno *El Niño-Oscilação Sul*. Na América do Sul, afirmaram que esta relação se dá no período de novembro a fevereiro (primavera/verão), porém durante o episódio ENOS 1982/83, este fato ocorreu durante o mês de julho.

Pisciottano et al. (1994) e Diniz et al. (2002), trabalhando com 99 séries longas de precipitações do Uruguai, mostraram que de novembro a janeiro dos anos sob influência do *El Niño* e nos meses de março a julho do ano seguinte, as precipitações tendem a ser acima do normal.

Aplicando a técnica dos Escores das Características Operacionais Relativas (COR) às séries de dados mensais de precipitação da cidade de Pelotas (RS) para o período de 1950 a 1997, durante os eventos *El Niño* e *La Niña*, Sansigolo et al. (2000); Diniz et al. (2002) observaram conexões significativas entre estes dois fenômenos e o comportamento da precipitação. Sob influência do *La Niña* a precipitação tende a ser abaixo da normal nos meses de abril a dezembro, por outro lado, sob influência do *El Niño* a precipitação tende a ser acima da normal de abril a junho. Os autores verificaram também que o maior aumento no nível de precipitação para a cidade de Pelotas ocorreu nos eventos de *El Niño* de 82/83, 86/87/88, 91/92 e 97. Observa-se, porém, que nem todos os eventos de *El Niño* provocaram o aumento das precipitações na região. Dentre os eventos de *El Niño* estudados a porcentagem de trimestres com precipitação acima da normal climatológica variou de 53,1% a 62,2% (jan-fev-mar: 53,1%; abr-mai-jun: 62,2%; jul-ago-set: 59,7%; out-nov-dez: 59,4%).

Nery et al. (2002), estudando distribuição espacial do número de dias de precipitação para o estado do Paraná, mostraram que a maior frequência de dias com chuva ocorre na região leste do estado. A frequência máxima de dias de chuva ocorreu no mês de janeiro (11 dias), e a frequência mínima no mês de maio (5 dias). No período da primavera ocorreram 28 dias de precipitação e no outono 15 dias. Em anos normais foram observados no máximo 75 dias de precipitação (região nordeste) no estado, enquanto que no ano de 1982 (ano de *El Niño*) chegou a chover 105 dias.

No oeste de Santa Catarina, em altitudes de 800 metros, as médias pluviométricas estão ao redor de 2400 mm anuais; nas nascentes do rio Uruguai, a pluviometria é de 2500 mm, sendo que a região Sudoeste apresenta valores ao redor de 1300 mm. Ocorrem na bacia do Uruguai chuvas frontais, orográficas e convectivas, contudo, a partir da década de 80, começou-se a notar a influência do fenômeno *El Niño*, que tem-se repetido e causado fortes alterações no clima em geral e nas precipitações pluviométricas também na bacia do Uruguai (Silva et al., 2005).

2.4. Influência das temperaturas da superfície do mar (TSM) na variabilidade da precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil

Há uma grande quantidade de estudos que indicam a existência de uma teleconexão⁴ entre as precipitações do Sul do Brasil e temperaturas da superfície do mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Atlântico Sudoeste. Estes estudos sustentam que as anomalias de precipitação na região Sul do Brasil estão sob influência da temperatura do mar de algumas regiões destes oceanos. Entre os estudos podemos citar os realizados por Bejarán e Barros (2002); Cardoso e Dias (2002); Diaz et al. (1998); Grimm et al. (1998); Gan e Rao (1991); Ropelewski e Halpert (1987; 1989); Kousky et al. (1984). Estes autores mostraram que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas que ocorrem na região Sul do Brasil (Figura 3).

⁴ Teleconexão: termo utilizado em meteorologia para descrever variações simultâneas no clima e em processos a ele relacionado. Envolve regiões muito distantes entre si. Por exemplo, a influência do ENOS sobre a circulação atmosférica e sobre o clima da superfície terrestre é considerada uma teleconexão global bastante significativa.

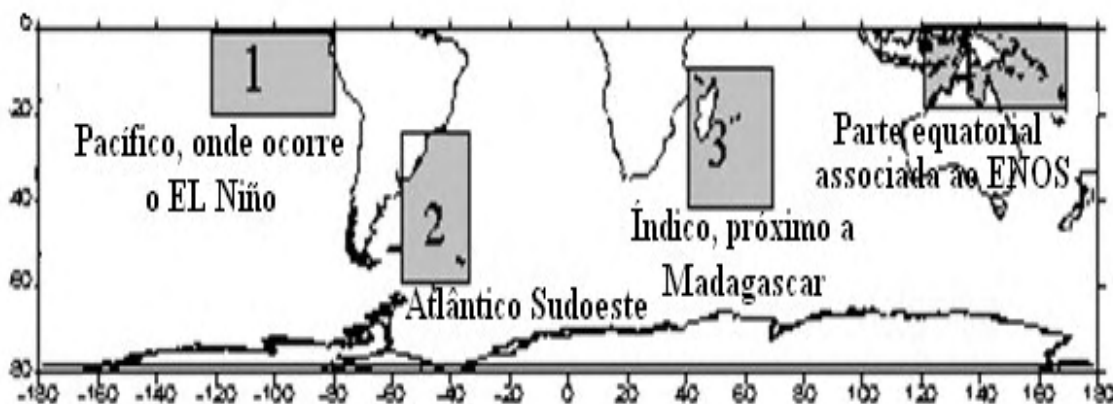


Figura 3: Zonas de possível impacto para o regime pluviométrico do Sul do Brasil.
Fonte: modificado de Khan (1998).

Para Ropelewski e Halpert (1987, 1989) nos períodos em que a TSM, na parte central do oceano Pacífico, está abaixo do normal (evento *La Niña*) ocorrem anomalias secas no Sul e Sudoeste da América do Sul e quando a TSM esta acima da normal, isto é, quente (ano de *El Niño*) a situação se inverte e as anomalias passam a ser úmidas.

Diaz et al. (1998) apresentam resultados interessantes entre as anomalias de precipitação do Uruguai e Rio Grande do Sul (58.58W, de 35° a 27°S) e a TSM para os oceanos Atlântico e Pacífico. Analisando dados de 40 estações pluviométricas observaram que, em média, a precipitação é maior nos meses de setembro-outubro, com segundo pico em março-abril e valores mínimos nos meses de novembro-dezembro. Os resultados obtidos por estes autores, também, confirmaram que as anomalias de precipitação na região estão ligadas ao ENSO durante novembro-fevereiro; com menor intensidade, durante outubro-dezembro, além de apresentarem relações significativas entre a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico.

Grimm et al. (1998), aplicando o método proposto por Ropelewski e Halpert (1987), encontraram uma relação consistente entre anomalias de precipitação e eventos *El Niño* e *La Niña* para todo o Sul do Brasil. Segundo os autores, as anomalias de precipitação no Sul, que ocorre no ano seguinte após os eventos quentes do ENOS, podem ser influenciadas por anomalias de TSM no Sudeste do Oceano Atlântico e seu valor é maior mesmo do que os observados para a Argentina e para o Uruguai.

Pezzi e Cavalcanti (1998) utilizando como subsídios os resultados de um modelo de circulação geral afirmam que, na presença de um dipolo positivo (anomalias de

TSM positivas no Atlântico Tropical Norte e negativas no Atlântico Tropical Sul), ocorre um déficit de precipitação no nordeste e um excesso no Sul da América do Sul. Quando se inverte o padrão de anomalias de TSM do Atlântico (temperaturas mais quentes no Atlântico Sul), os padrões de precipitação da região Nordeste invertem-se também, causando anomalias positivas (chuvas). Por outro lado, na presença de dipolo negativo, o Atlântico pode amenizar o impacto dos efeitos do *El Niño* sobre a região Amazônica (déficit de precipitação)⁵ e contribuir para a manutenção do regime de precipitação normal, ao Sul de 30°S, da América do Sul.

Elliott et al (2001), utilizando um modelo britânico (HadCM3), estudaram os impactos do ENSO 1997/98 sobre o Oceano Atlântico e identificaram anomalias positivas no Atlântico Sudoeste (40°S a 10°S ; 40°W a 0°W) no período de outono de 1997/98. Os autores acreditam que seja uma resposta futura do Atlântico ao *El Niño*, o que não havia sido detectado anteriormente por outros estudos.

Gan e Rao (1991) relatam que a variabilidade interanual da frequência de ciclogênese é consistente com a variabilidade interanual da precipitação e que a ciclogênese está relacionada com o aumento de precipitação na região Sul do Brasil. Durante o período de janeiro de 1979 a dezembro de 1988 foram observados 1091 casos de ciclogênese no Sul da América do Sul. Durante este período a maior frequência de ciclogênese ocorreu no mês de maio (134 casos) e a menor frequência (71 casos) foi observada no mês de dezembro. A maior incidência de ciclogênese ocorreu em anos de *El Niño* como em 1983 (38 casos) e 1987 (31 casos).

É possível que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)⁶ também sofra influências da região Sudoeste do Atlântico. Em geral, o impacto desta área nas precipitações do Sul do Brasil (RS e SC) acontece nos meses de junho-agosto. Em algumas sub-regiões destes estados os coeficientes de correlação linear de Pearson, acima ou igual ao módulo de 0.35, calculados entre as médias mensais de chuva de cada grupo e a média mensal

⁵ Segundo os autores, mesmo se observando uma diminuição do impacto dos efeitos do *El Niño* sobre a região Amazônica, ainda se verifica extensas áreas com déficit de precipitação, o que sugere uma maior influência do Pacífico do que do Atlântico nesta região.

⁶ A Zona de Convergência do Atlântico é discutida no próximo tópico.

de TSM nos pontos de grade, foram significativos ao nível de 0,05 de significância (Khan et al., 1998).

2.5. Influência dos sistemas atmosféricos na precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil

Os chamados sistemas atmosféricos⁷ também podem influenciar o regime de precipitação. Entre estes sistemas, que atuam na América do Sul, destacam-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Estes dois fenômenos atmosféricos estão associados a forte convecção que ocorre na região Amazônica.

O primeiro fenômeno influencia a precipitação da região do Nordeste do Brasil (NEB) e o segundo fenômeno está associado à Alta da Bolívia, o que provoca o aumento das chuvas no Sudeste e no Sul do Brasil (Quadro, 1994; Uvo, 1989). A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) estende-se desde o Sul da região Amazônica até a região Central do Atlântico Sul, sendo bem observada nos meses de verão (novembro a março), ocasião em que ocorre maior convecção tropical e pode ser facilmente identificada por imagens de satélite (Kousky, 1988); ou ainda em padrões de distribuição de radiação de onda longa (Carvalho et al., 1989).

Nas imagens de satélite, a ZCAS é caracterizada pela formação de uma banda persistente de nebulosidade convectiva com orientação preferencial Noroeste-Sudeste, estendendo-se desde o Sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (Figura 4).

⁷ Os sistemas atmosféricos são de dois tipos: de alta pressão e de baixa pressão. Um Sistema de Alta Pressão é uma área de máxima pressão atmosférica relativa, onde os ventos divergentes, se descolam no sentido anti-horário no Hemisfério norte e no sentido horário no Hemisfério sul. Também conhecido como anticiclone, é o oposto de uma área de baixa pressão atmosférica, ou ciclone. Um Sistema de Baixa Pressão é uma área mínima de pressão relativa do ar e de ventos convergentes, que circulam na mesma direção da rotação da terra no sentido anti-horário no hemisfério norte e no sentido horário no Hemisfério Sul. Também conhecido como anti-ciclone, é o oposto de uma área de alta pressão. Para mais detalhes consultar: Nery (2004).

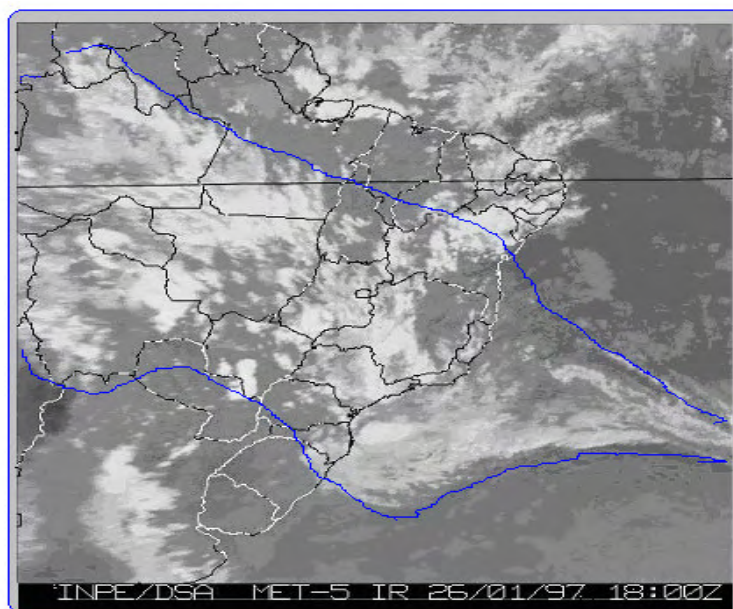


Figura 4: Evento de “ZCAS” ocorrido em 26/01/1997.

Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/#>

Segundo Quadro (1994), a ZCAS geralmente estaciona-se sobre as regiões Sudeste, Central, norte do Paraná e Sul do estado da Bahia, mantendo-se em regiões mais ao norte do continente durante o mês de dezembro, com tendência a se situar mais para o sul até o final do verão.

Durante o verão austral, as regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentam forte atividade convectiva. Modulada pela ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), nesta época, o transporte de ar quente e úmido para a região da ZCAS, ocorre em direção às latitudes subtropicais (leste do Andes), ao longo da periferia oeste da Alta Subtropical (do Atlântico Sul) e a corrente de jato encontra-se em latitudes subtropicais (30°S a 35°S) (Kodama, 1992 e 1993).

Castro e Cavalcanti (2005), utilizando com séries de observações diárias de Radiação de Onda Longa Emergente (ROLE) e da componente meridional do vento em 200 hPa, sugerem que existe uma relação oposta entre a convecção na região da ZCAS e a convecção próxima à Indonésia, onde observa-se um trem de ondas conectando a região convectiva da Indonésia à região da ZCAS.

Nota-se que a ZCAS mais próxima ao equador sofre influências remotas da oscilação de Madden-Julian, enquanto a variabilidade da atividade convectiva na ZCAS das latitudes extratropicais sofre influências de “trens de ondas de Rossby”⁸ com origem sobre o Pacífico (Liebmann et al., 1999; Castro e Cavalcanti, 2005).

Ainda sobre a influência do Pacífico, Casarim e Kousky (1986) observaram que a atividade convectiva na ZCPS acompanhava de uma posterior intensificação da ZCAS através de um mecanismo de propagação do tipo oscilação de 30-60 dias.

Segundo Studzinski (1995), existe uma relação do tipo quente-chuvoso e frio-seco entre as TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico e as precipitações no Sul do Brasil. A influência do PACE seria indireta, através da variação interanual da posição da Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS) e de uma anomalia ciclônica próxima à costa oeste da América do Sul.

Nos estudos realizados até o momento, sobre a variabilidade interanual da precipitação nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, foram consideradas como possibilidades de explicação diversos tipos de flutuações naturais, em escalas de tempo da ordem de dias, meses e anos.

Na escala de tempo anual foi observada a atuação de anomalias tanto na atmosfera, quanto no oceano. Os resultados dos trabalhos apresentados nesta revisão, indicam que a variabilidade da precipitação pluvial das regiões Sudeste e Sul é resultado da interação entre sistemas frontais e processos sinóticos. Até o presente momento, ainda não foi possível compreender os exatos papéis que exercem os balanços dinâmico e termodinâmico da atmosfera, os fluxos da superfície e os movimentos transientes na variabilidade climática.

Em termos de hipóteses de pesquisa, ao que parece, nada mudou em relação às propostas por Bjerknes, ainda na década de 60. Os estudos realizados para explicar

⁸ Trens de ondas de Rossby: Onda que se produz na circulação da atmosfera e em latitudes médias, onde se registra um fluxo zonal de Oeste, segundo foi demonstrado por Rossby. Deve-se à influência do gradiente meridiano da temperatura da terra e da rotação da terra. Tal fluxo fica distorcido em forma de um movimento ondulatório. As ondas de Rossby propagam-se na direção Leste, ao redor do globo, tendo um período de desenvolvimento de vários dias a uma semana. As ondas de Rossby podem dar lugar a rodamosinhos fechados, com centros quentes e frios, formando uma sequência de núcleos de alta e baixa pressão, respectivamente. Por outro lado, a propagação de tal onda dá lugar a fluxos alternados em zonal. Como o fluxo meridional é assimétrico, determina um transporte líquido de quantidade de movimento Oeste-Leste, desde a zona dos alísios até as latitudes médias (zonas de ventos poentes). Para mais detalhes consultar: Nery (2004).

a variabilidade climática na América do Sul, caminham no sentido de tentar esclarecer qual a relação existente entre a variabilidade da precipitação e as variações na circulação da atmosfera e da temperatura da superfície do mar (TSM). Segundo Bjerknes (1964, 1969), os três principais mecanismos de atuação dos oceanos na variabilidade extra-tropical são:

- **Hipótese 1:** Os processos atmosféricos são os principais responsáveis pela variabilidade climática. A variabilidade das temperaturas da superfície do mar (TSM) exerce um papel secundário.

Esta hipótese tem sido amplamente utilizada para a região tropical, na qual se acredita que os processos atmosféricos exercem um papel fundamental na variabilidade climática da região. Nas regiões de latitudes médias, esta hipótese é menos aceita em função das fortes instabilidades atmosféricas que estão sujeitas.

- **Hipótese 2:** Os processos oceânicos são os principais responsáveis pela variabilidade climática. Os processos atmosféricos exercem apenas papéis secundários na mesma.

- **Hipótese 3:** A interação oceano-atmosfera é a principal responsável pela variabilidade climática.

Após estudar as correlações entre pressão ao nível do mar (PNM) e a variabilidade interanual e interdecadal da TSM, Bjerknes (1964) concluiu que ambos os modelos passivos eram válidos para a variabilidade em escala interanual, mas o processo de acoplamento oceano-atmosfera da bacia só ocorria em escalas de tempo interdecadais mais longas.

Bjerknes observou que, para escalas de tempo interanual, o jato do oeste (westerly) apresentava correlações negativas com anomalias de TSM, apresentando a hipótese de que estas anomalias de TSM teriam sua origem no processo atmosférico gerado pela interação oceano-camada de ozônio. Esta hipótese foi posteriormente confirmada para o Atlântico Norte Central e oriental, através de simulações com um modelo acoplado por O'Brien e Chassignet (1995).

Num estudo mais recente Frankignoul et al. (1996) também confirmaram esta hipótese, utilizando um modelo oceânico simplificado para mistura de camadas, tendo como input fluxos observados pelo COADS para o período 1952-92.

Em relação às técnicas de análise empregadas, as interações entre a temperatura da superfície do mar (TSM) e os processos atmosféricos são estudadas por meio de métodos estatísticos, simulações numéricas e outras ferramentas estatísticas e matemáticas.

As principais técnicas estatísticas empregadas são: Análise de Componentes Principais (ACP), Análise de Correlação Canônica (ACC) e Análise de Agrupamentos (Clusters Analysis). Outra ferramenta utilizada para estudar os mecanismos físicos responsáveis pelas teleconexões entre a TSM do Atlântico Sul e a convecção sobre a América do Sul e áreas adjacentes são os chamados Modelos de Circulação Geral (MCG), por exemplo: Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) CPTEC/COLA e o Modelo de Circulação Geral do Oceano (MCGO) MOM.

Com relação ao uso dos resultados obtidos pelas técnicas estatísticas, surgiram controvérsias de ordem metodológica (problemas de flutuação aleatória, qualidade dos dados, substituição de dados faltantes, etc.). Como exemplo, retomamos o fato de vários autores, tais como, Kousky et al. (1984); Ropelewski e Halpert (1987); Rao e Hada (1990); Chu (1991); Pisciottano et al. (1994); Diaz et al. (1998); Sansigolo et al. (2000) estarem todos de acordo quanto à influência do ENOS nos extremos de precipitação na região Sul do Brasil. Entretanto, com relação aos meses do ano, que apresentam extremos de precipitação em função da influência do ENOS, os resultados divergem.

A esse propósito Sansigolo et al. (2000) argumentam que o método baseado nos Escores das Características Operacionais Relativas (COR) é um critério mais objetivo para definição dos eventos de TSM, e as verificações, por meio de escores de destreza, foram feitas em tabelas de contingência, eliminando os efeitos de extremos, comuns em análises de correlações usadas na maioria dos estudos citados anteriormente. Pelo fato das correlações sofrerem influência significativa de valores extremos das variáveis, este não é o melhor método para se estudar estas conexões. Além disso, fenômenos atmosféricos de maior frequência e menor escala que a OS, como a Oscilação de Madden-Julian (30-60 dias), podem influenciar a pressão atmosférica das estações envolvidas nos cálculos do IOS, o que não mais refletiria somente o sinal da Oscilação Sul.

O estado de São Paulo possui 85% de sua superfície situada em altitudes entre 300 m e 900 m (Figura 7). A Baixada Litorânea corresponde a 8% da superfície do estado e suas terras estão abaixo dos 300 m de altitude. A Serra do Mar e Serra da Mantiqueira ocupam o restante (7%) da superfície e seu relevo apresenta altitudes acima de 900 m. O ponto mais elevado do estado de São Paulo é o Pico dos Marins (município de Piquete, região Noroeste), com 2.422 m de altitude.

A maior parte do estado de São Paulo pertence à bacia hidrográfica do Rio Paraná, sendo a responsável pela geração da energia produzida na região. O principal rio que contribui para a formação desta bacia é o Rio Paraná e seus afluentes (Paranapanema, Peixes, Tietê e Aguapeí). Além do Rio Paraná, são também importantes os rios: Grande, Paraíba do Sul, Ribeira do Iguape e o Rio Itararé, localizados ao litoral do estado de São Paulo, divisa com o estado do Paraná (Figura 8).

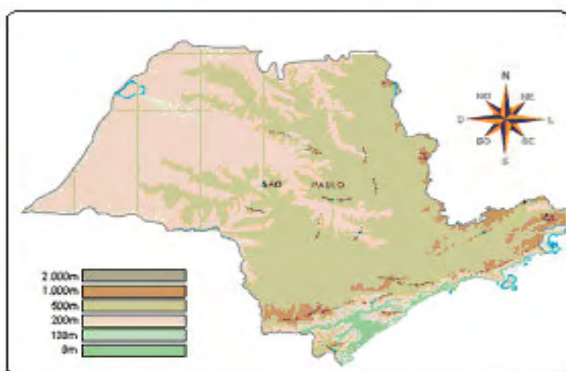


Figura 7: Relevo do estado de São Paulo.



Figura 8: Hidrografia do estado de São Paulo.

O relevo do estado do Rio de Janeiro é formado por uma planície litorânea e por um planalto a oeste. O ponto mais elevado é o Pico das Agulhas Negras (Serra da Mantiqueira) localizado a 2.787 m de altitude. Dois importantes maciços cortam o estado do Rio de Janeiro: a Serra da Mantiqueira (Sudoeste do estado) e a Serra do Mar (litoral). A Serra da Mantiqueira atravessa também os estados de São Paulo e Minas Gerais e a Serra do Mar nasce no norte do estado de Santa Catarina e estende-se por mais de 1.000 km até o Norte do estado do Rio de Janeiro (Figura 9).

Os principais rios que cortam o estado são: Paraíba do Sul, Macaé, Muriaé, Pirai e Guandu (Figura 10). O estado tem três importantes bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Paraíba do Sul (Sudoeste-Nordeste), a Bacia da Guanabara e a Bacia do Rio Macaé. A Bacia do Rio Paraíba do Sul é a mais importante do estado e ocupa, praticamente, metade (47,6%) da área (43.909,7 km²) total deste (Gruben et al. 2006).

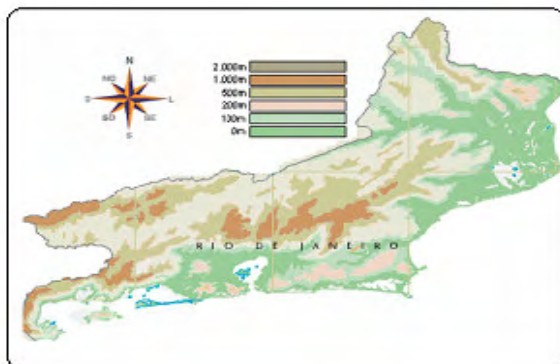


Figura 9: Relevo do estado do Rio de Janeiro.



Figura 10: Hidrografia do estado do Rio de Janeiro.

O relevo do estado do Espírito Santo é formado por 40% de baixada litorânea e o restante por serras em seu interior. Os principais rios capixabas são: Doce, São Mateus, Itaúnas, Itapemirim, Jucu, Mucuri e Itabapoana (Figuras 11 e 12).

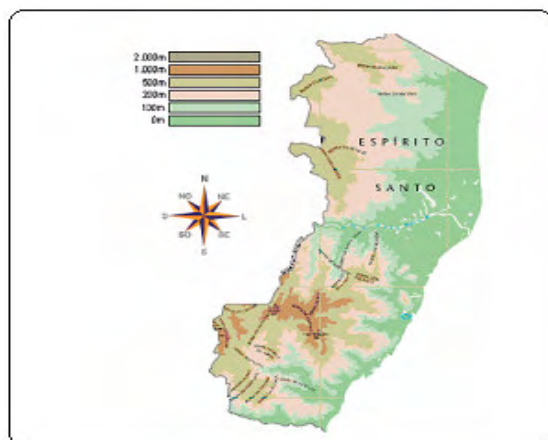


Figura 11: Relevo do estado do Espírito Santo.



Figura 12: Hidrografia do estado do Espírito Santo.

O estado do Paraná possui 52% do território localizado em altitudes superiores a 600 m e somente 3% está abaixo dos 300 m de altitude. Por apresentar um relevo com declividade na direção do Rio Paraná, praticamente, todas as águas fluviais do solo Paranaense dirigem-se para aquela bacia (Figura 13). Com isso, a bacia hidrográfica do Rio Paraná ocupa 183.800 km² (92%) do estado, caracterizando-a como a mais importante bacia hidrográfica da região Sul do Brasil. O rio que dá o nome a esta bacia, nasce na região do Triângulo Mineiro (MG), na confluência dos rios Paranaíba e Grande. Seus afluentes no Paraná são os rios Ivaí e Piquiri a noroeste do estado. O Rio Ivaí é o mais extenso rio paranaense, com 685 km de extensão. Destacam-se, ainda, como rios de grande porte que compõem a Bacia do Paraná, os rios Paranapanema e Iguaçu. O Rio Paranapanema tem como principais afluentes na região Norte do estado os rios Tibagi (550 km) e Pirapó. A Bacia Litorânea (do Atlântico Sul) drena uma área (nordeste do estado) de 15.910 km² (Figura 14).

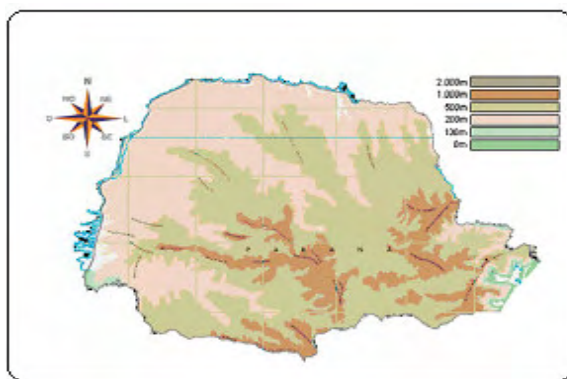


Figura 13: Relevo do estado de Paraná.



Figura 14: Hidrografia do estado de Paraná.

O relevo do estado de Santa Catarina é formado por planícies litorâneas e uma parte serrana (Planalto Atlântico). Aproximadamente, dois terços (63.628 km²) da área do estado de Santa Catarina pertencem ao Planalto Arenito-Basáltico. O Planalto Arenito-Basáltico é drenado pelo Rio Uruguai e seus afluentes (Figuras 15 e 16).

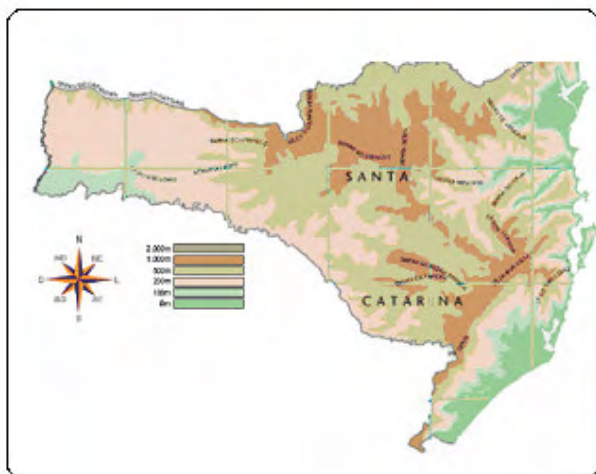


Figura 15: Relevo do estado de Santa Catarina.



Figura 16: Hidrografia do estado de Santa Catarina.

No extremo Sul do Brasil localiza-se o estado do Rio Grande do Sul (Figuras 17), onde o Planalto Serrano situado no nordeste do estado ocupa mais de 50% de seu território. Esta região chega a atingir, em suas partes mais altas, altitudes entre 900 m e 1.000 m, diminuindo para, apenas 100 m no Vale Médio do Rio Uruguai. O Rio Uruguai é o principal rio que drena o estado do Rio Grande do Sul, pertence à Bacia do Prata e localiza-se na divisa com o estado de Santa Catarina (Figura 18).

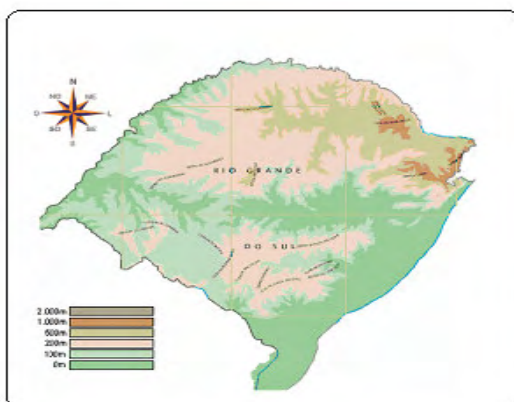


Figura 17: Relevo do estado do Rio Grande do Sul.



Figura 18: Hidrografia do estado do Rio Grande do Sul.

3. DADOS E METODOLOGIA

3.1. Dados

No presente estudo são utilizados dados de radiação de ondas longas emergentes (ROLE) e de precipitação pluviométrica de 164 estações localizadas nas regiões Sudeste e Sul Brasil.

Os dados de radiação de ondas longas emergentes (ROLE) utilizados neste estudo fazem parte dos conjuntos de dados meteorológicos disponibilizados pelo “National Center for Environmental Prediction” (NCEP) e foram fornecidos pelo NOAA-CIRES Climate Diagnostic Center, Boulder, Colorado⁹.

As médias mensais de ROLE para o período de junho de 1974 a 31 de dezembro de 2002¹⁰ foram obtidos a partir das médias diárias, entre a descendente e a ascendente (médias de duas passagens do satélite ao dia) obtidas para cada ponto de grade com resolução espacial de 2,5° x 2,5° de latitude/longitude.

Os dados da ROLE são calculados a partir das medições radiométricas obtidas pelo sensor AVHRR/NOAA na faixa espectral entre 10,5 a 12,5 μm (Waliser & Zhou, 1997). O procedimento para obtenção e processamento dessa variável encontra-se muito bem detalhado em Gruber e Krueger (1984).

⁹ <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.interp_OLR.html>. A partir de março de 1995 esses dados também estão disponíveis no IPMet, Bauru, SP.

¹⁰ Para o ano de 1978 só há informações para os meses de janeiro, fevereiro e março. Durante os outros meses deste ano o Satélite este inativo devido a problemas técnicos.

Essas informações cobrem a área delimitada entre as latitudes 35°S a 20°N (23 pontos em latitude) e longitudes 90°W a 0° (37 pontos em longitude).

Os dados de precipitação para as regiões Sul e Sudeste do Brasil foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA)¹¹. São arquivos digitalizados, validados e conferidos de séries de valores de precipitações diárias do inventário da rede hidrométrica nacional.

Através dos dados disponíveis no sistema foi realizada uma avaliação geral dos períodos e falhas existentes nas séries pluviométricas. Após esta primeira avaliação foram selecionadas, com base numa amostragem intencional, 164 séries mensais (de aproximadamente 5.000) que apresentaram menor número de falhas para o período comum de 1972 a 2002. Para a região Sudeste foram selecionadas 87 séries (Minas Gerais, 29; São Paulo, 29; Rio de Janeiro, 14 e Espírito Santo, 15) e para a região Sul 77 (Paraná, 22; Santa Catarina, 22 e Rio Grande do Sul, 33).

Neste estudo, a opção pela amostra não-probabilística deveu-se à necessidade de controlar, previamente, a representatividade, a homogeneidade espacial (distribuição espacial) das estações e a necessidade de se trabalhar com séries que apresentassem período de registro de pelo menos 31 anos. Na Figura 19 apresenta-se a distribuição espacial das séries pluviométricas selecionadas.

A despeito do cuidado tomado na seleção das séries pluviométricas, parte do Norte do estado de Minas Gerais, a região do Triângulo Mineiro e o Leste do Rio Grande do Sul apresentam uma certa carência de estações pluviométricas¹².

Isto ocorre devido à falta de estações pluviométricas que satisfazem os critérios mínimos para a inclusão das estações pluviométricas no estudo, a saber:

- mínimo de 30 anos de observação;
- não apresentar falhas no período de verão;
- apresentar no máximo uma falha nas estações outono e primavera;
- apresentar no máximo duas falhas no período de inverno.

¹¹ Ver: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

¹² As alternativas para contornar este problema serão apresentadas no capítulo sobre a análise geoestatística.

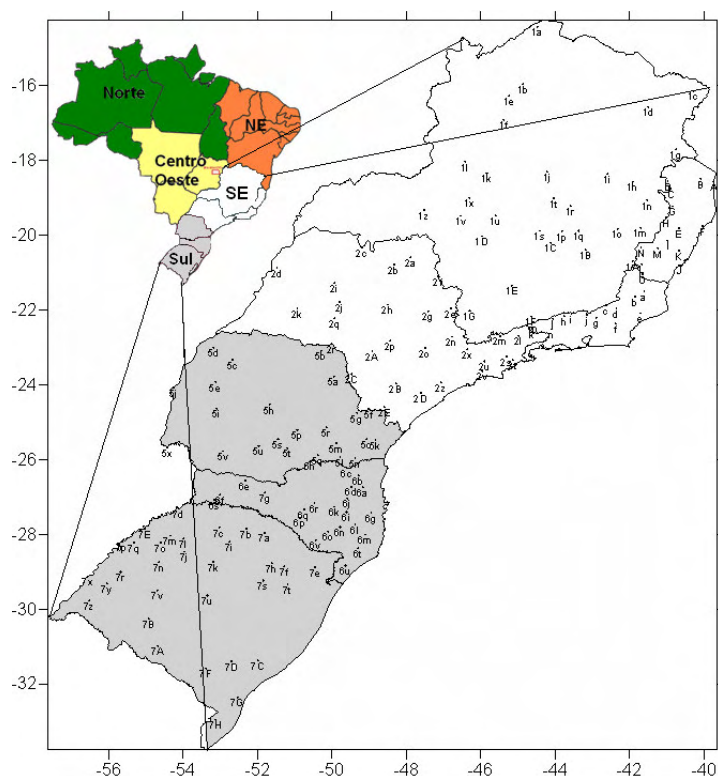


Figura 19: Distribuição espacial das 164 estações pluviométricas selecionadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

No Anexo I são apresentadas às características da estações pluviométricas (Latitude, Longitude, Altitude, Unidade da Federação (UF) e Município de localização) selecionadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

As cartas de relevo foram modificadas do Atlas Geográfico do Brasil - Editora Melhoramentos Ltda- Direitos para Internet reservados ao UOL- disponível em www.uol.com.br/atlas e as cartas de hidrografia foram modificadas de Ambiente Brasil S/S Ltda, disponível em www.ambientebrasil.com.br/estadual/hidrografia/hrs.html. As cartas obtidas de outras fontes terão as respectivas fontes citadas na medida em que forem sendo utilizadas.

3.2. Metodologia

3.2.1. Análise das séries de precipitação pluviométrica

Entende-se por precipitação todas as formas de água, líquida ou sólida, que caem das nuvens, alcançando o solo. Podem ser: chuvisco, chuvisco congelante, chuva congelante, granizo, cristais de gelo, pequenas bolas de gelo, chuva, neve, pequenas bolas de neve e grãos de neve. A quantidade precipitada é usualmente representada em milímetros de seu estado líquido, que cai sobre uma determinada região, em um determinado intervalo de tempo.

Na análise da precipitação, inicialmente foram calculadas as séries de totais anuais para o período de 1972 a 2002. Em seguida, foram calculadas as séries de médias mensais considerando 31 anos de observação (1972 a 2002) e posteriormente foram calculadas as séries de totais mensais para o mesmo período.

O primeiro conjunto de dados destina-se a identificar regiões homogêneas quanto ao total anual de precipitação. O segundo destina-se a estudar a variabilidade sazonal da precipitação dentro das regiões homogêneas. O terceiro grupo de séries de precipitação é utilizado em conjunto com as séries de radiação de ondas longas emergentes (ROLE) no estudo da influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul na variabilidade do regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

3.2.2. Grupos homogêneos de regime de precipitação

Os grupos homogêneos de regime de precipitação foram determinados combinando os resultados da análise de componentes principais (ACP), análise de agrupamentos (clusters analysis) e da análise geoestatística¹³.

¹³ Consultar para Técnicas Estatísticas Multivariadas: Falissard (1996); Johnson et al. (1982); Reis (1997). Para Análise Geoestatística consultar: Andriotti (2004); Cardim (2001); Gomes (2001) e Landim (1998).

3.2.3. Análise de componentes principais

Em climatologia, a Análise de Componentes Principais (ACP) é amplamente utilizada no estudo de variáveis meteorológicas. Esta técnica tornou-se popular nos estudos climatológicos após a publicação do artigo de Lorenz (1956), o qual chamou a técnica de Funções Ortogonais Empíricas (FOE). Vários autores como Silva et al. (2005); Dommenget e Latif (2001); Silva e Kousky (2001), Nery e Silva (2001), Sansigolo e Nery (1998) e Kousky e Kayano (1994), entre outros, têm utilizado esta técnica estatística para identificar os mecanismos da variabilidade climática.

A análise de componentes principais (ACP) foi aplicada na matriz de totais anuais de precipitação no modo S (Richman, 1986) (Quadro 6).

Quadro 6: Matriz de totais anuais de precipitação pluviométrica no modo S para o período de 1972 a 2002.

Ano	1	2	3	...	162	163	164
	a	b	c	...	3k	3l	3o
1972	841	895	1042	...	1739	1323	1435
1973	1180	937	896	...	1734	1142	1133
1974	1038	729	1012	...	1583	1441	1245
1975	1183	750	1078	...	1306	804	918
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2000	1880	1471	1264	...	1634	1512	1371
2001	1602	1132	873	...	2234	1707	1448
2002	1330	1074	902	...	2708	2365	1932

● N^o da estação ■ código da estação ● Total anual de precipitação

Utilizou-se o diagrama de autovalores (scree plot) como critério para reter o número de componentes principais (CP), o qual no eixo Y (ordenadas) são representados os autovalores de cada uma das componentes principais geradas, e no eixo das abscissas temos as componentes principais. À medida que os valores absolutos dos autovalores diminuem e a curva passa a ser quase paralela ao eixo das abscissas, tem-se então um indicativo do número

adequado de componentes a extrair, que são suficientes para explicar a variabilidade presente nos dados.

3.2.4. Análise de agrupamentos

A análise de agrupamentos é uma técnica estatística, amplamente utilizada em climatologia, na identificação de regiões climáticas homogêneas a partir de variáveis meteorológicas.

Neste estudo utilizou-se esta técnica para se obter grupos homogêneos de estações pluviométricas (EP) quanto ao total anual de precipitação. As variáveis de entrada para a análise foram as coordenadas das primeiras componentes principais (CP) retidas na análise de componentes principais (ACP), que foi aplicada à matriz de totais anuais de precipitação no modo S.

A análise de agrupamentos não exige alguma condição nos dados, pois, não há a necessidade de se definir uma relação causal entre as variáveis utilizadas. Neste sentido, a análise de agrupamentos não faz uso de modelos aleatórios, sendo simplesmente útil para sintetizar um conjunto de dados. Porém, é crucial notar que a forma de trabalhar com os dados (dados brutos, dados normalizados, dados centrados), a definição da medida de distância entre os grupos e o critério de aglomeração dos objetos podem influenciar no resultado da análise.

O critério de agrupamento utilizado foi o método de *Ward* com distância Euclidiana. Nos estudos climatológicos o critério de classificação hierárquica de *Ward* é utilizado com maior frequência, pois tem apresentado melhores resultados para explicar a variabilidade climática.

As etapas de cálculo envolvidas neste método são as seguintes:

- 1º) passo: calculam-se as médias das variáveis para cada grupo;
- 2º) passo: calcula-se o quadrado da distância Euclidiana entre essas médias e os valores das variáveis para cada estação;
- 3º) passo: somam-se as distâncias para todas as estações;

4º) passo: minimiza-se a soma dos quadrados dos erros (SQE);

5º) passo: agrupam-se as estações com a menor SQE.

O processo continua de forma sistemática até todos os indivíduos formarem apenas e tão somente um grupo.

A estratégia de proceder a análise de agrupamentos após a análise de componentes principais (ACP) apresenta duas grandes vantagens. Primeira, a análise de agrupamentos é mais especificamente adaptada para construir agrupamentos (dendogramas). Segunda, limita a parte de subjetividade na escolha dos agrupamentos sugeridos pelos planos fatoriais obtidos na análise de componentes principais.

3.2.5. Regionalização

Toda vez que uma variável apresenta no espaço algum grau de organização ou continuidade, expresso através da dependência espacial, uma forma de controlar a dependência espacial é através da aplicação de técnicas geoestatísticas¹⁴. O método de interpolação de Krigem, aqui denominado Krigagem¹⁵ é uma dessas técnicas. Em síntese, consiste em ajustar um modelo matemático que considere a dependência espacial. A análise variográfica é necessária para a escolha do melhor modelo matemático de entrada com finalidade de traçar as isolinhas, pelo método da Krigagem.

Para se obter a regionalização, primeiro foi realizada a análise variográfica da série de totais anuais médios de precipitação (Quadro 7).

¹⁴ Geoestatística: conjunto de técnicas estatísticas que tratam das variáveis que mostram comportamento espacial e não são inteiramente independentes.

¹⁵ O método de Krigagem: faz inferências para valores nas localizações não amostradas através dos dados da amostragem, com estimativas não tendenciosas e com variância mínima.

Quadro 7: Estações pluviométricas (EP), longitude, latitude, código da estação, unidade da federação (UF) e total anual (média de 31 anos).

Nº EP	EP	longitude	latitude	código	UF	Total anual média
1	a	-39,75	-18,56	1839001	ES	1100
2	b	-40,09	-18,49	1840003	ES	1053
3	c	-40,89	-18,75	1840004	ES	1079
4	d	-40,98	-18,55	1840007	ES	1169
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
162	3k	-53,38	-31,58	3153008	RS	1585
163	3l	-52,54	-32,35	3252006	RS	1384
164	3o	-53,12	-32,95	3253003	RS	1312

Em seguida foram calculados os variogramas experimentais para as direções 0°, 45°, 90° e 135°. O modelo teórico foi ajustado para a direção que apresentou maior variabilidade.

Para medir o grau de dependência espacial utilizou-se o Índice de Dependência Espacial (IDE) proposto por Trangmar et al. (1985) *apud* Manzione (2002) e calculado pela seguinte expressão:

$$IDE = \frac{C_0}{C + C_0} \cdot 100$$

¹⁶Sendo que:

C₀ é efeito pepita;

C+C₀ é o patamar.

¹⁶O efeito pepita e o patamar serão discutidos posteriormente nos resultados.

Utilizou-se para classificar a dependência espacial, as seguintes classes de intervalos propostas por Cambardella et al. (1994) *apud* Ribeiro et al. (2006):

- $IDE \leq 25\%$ → forte dependência espacial;
- $25\% < IDE < 75\%$ → moderada dependência espacial;
- $IDE \geq 75\%$ → fraca dependência espacial.

Para finalizar a regionalização utilizou-se conjuntamente os resultados obtidos na análise de componentes principais, análise de agrupamento e análise variográfica, conforme esquema¹⁷ apresentado na Figura 20.

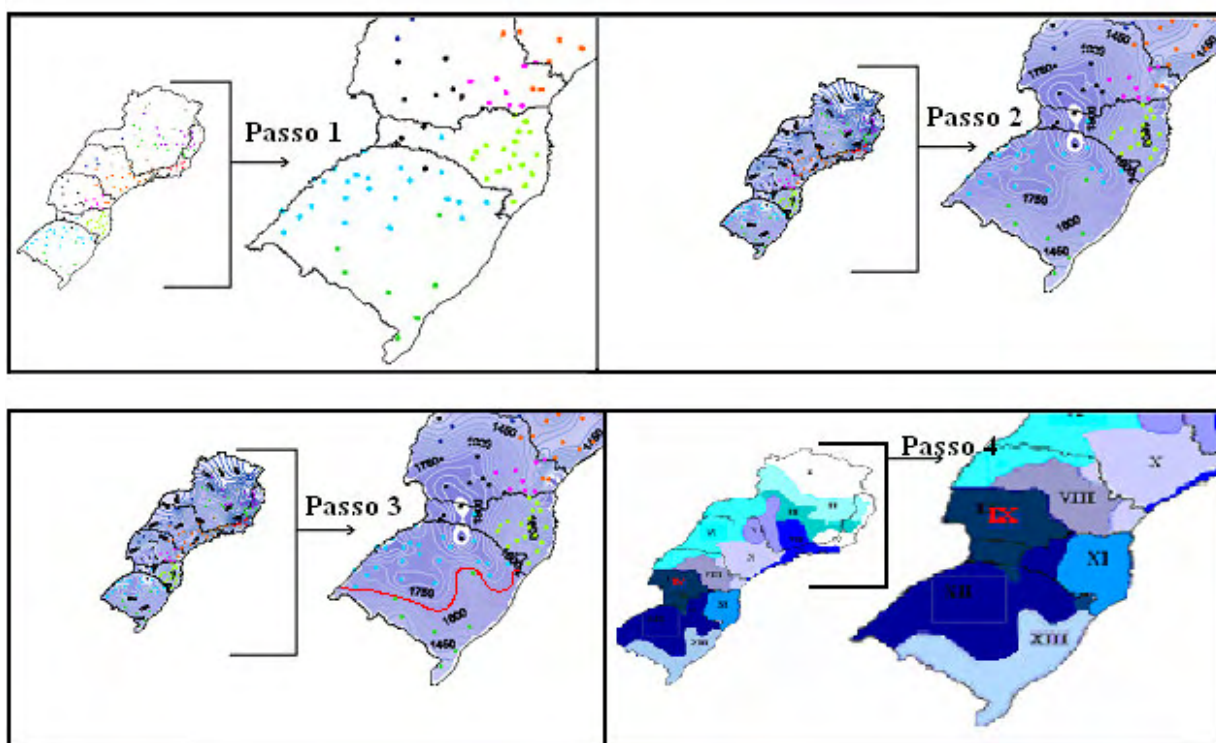


Figura 20: Etapas utilizadas na construção do mapa de regiões homogêneas em regime de precipitação.

Passo 1: determinou-se os grupos homogêneos através da análise de agrupamento;

¹⁷ Este esquema foi construído a partir dos resultados obtidos.

Passo 2: traçou-se as isolinhas para o total anual de precipitação utilizando o modelo gaussiano;

Passo 3: delimitou-se as áreas homogêneas a partir do prolongamento das isolinhas que englobavam as estações agrupadas na análise de cluster;

Passo 4: área final.

3.2.6. Análise da variabilidade sazonal e interanual da precipitação

Estabelecidas as regiões homogêneas de precipitação, procedeu-se à análise da variabilidade sazonal e interanual destas. Para cada grupo homogêneo foi realizada uma caracterização geográfica e estatística com base nos seguintes indicadores: precipitação média (média aritmética), precipitação máxima, precipitação mínima, Coeficiente de Variação (CV), Índice de Irregularidade Meteorológica (IIM) e Índice de Anomalias Padronizada (IAP).

O Coeficiente de Variação (CV) é uma medida adimensional que permite comparar a variabilidade de cada uma das áreas homogêneas em regime de precipitação, independente das unidades e grandezas das medidas utilizadas. Quanto maior o CV, maior é a variabilidade interanual da precipitação, calculada segundo a fórmula:

$$CV = \frac{\text{Desvio Padrão}}{\text{Média aritmética}} \times 100$$

Com o objetivo de detectar a predominância de processos regulares ou irregulares foi calculado o índice de irregularidade meteorológica (IIM) proposto por Hellmann (1908) *apud* Maack (2002).

Este coeficiente é definido como a relação entre a precipitação anual máxima e mínima, durante um período significativo de registros. Quanto maior o coeficiente, mais irregular será o esquema de chuvas. Calcula-se o IIM dividindo o valor da precipitação

máxima pelo valor da precipitação mínima, ambas observadas no mesmo período, como segue:

$$\text{IIM} = \frac{\text{Precipitação máxima}}{\text{Precipitação mínima}}$$

Para destacar a influência do fenômeno *El Niño*, as séries de precipitação anual foram normalizadas (padronizadas). A padronização evita que grupos homogêneos de regime de precipitação com altas médias e desvios-padrões pluviométricos sobreponham-se aos demais. Além disto, a padronização das séries anuais de precipitação é bastante eficiente para detectar um sinal climático de grande escala como o *El Niño* (Nery et. al., 1996). O Índice de Anomalias de Precipitação Padronizadas (IAP) foi calculado segundo a expressão:

$$\text{IAP} = (P - P_m) / D_p$$

No qual:

IAP = índice de anomalia de precipitação padronizada;

P = precipitação anual observada;

P_m = precipitação anual média no período;

D_p = desvio-padrão.

3.2.7. Análise da variabilidade espacial da precipitação

A variabilidade espacial da precipitação foi estudada através dos mapas de isolinhas traçadas para os totais anuais, anomalias de precipitação, precipitação máxima e mínima, CV e IIM. Para complementar o estudo da variabilidade espacial, foi verificado se esta estrutura de variabilidade se modificava em função da precipitação acumulada, trimestralmente, e sob a influência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

3.2.8. Análise das séries de radiação de ondas longas emergentes

Os dados de radiação de ondas longas emergentes (ROLE) foram utilizados para estudar a influência da ZCAS no regime de precipitação. No estudo foram utilizadas duas matrizes de dados de ROLE: matriz de médias mensais no período (Quadro 8) e matriz de médias mensais para o período de setembro de 1974 a dezembro 2002 (Quadro 9).

Quadro 8: Matriz de médias mensais de ROLE (W/m^2), modo T, para o período de Junho de 1974 a dezembro de 2002.

Grade	Latitude	Longitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	20	-90,0	263	266	271	271	271	261	237	239	238	251	261	261
2	20	-87,5	263	267	271	269	269	255	236	244	241	245	256	260
3	20	-82,0	266	270	273	272	271	258	243	253	251	247	255	262
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
790	-35	-5,0	245	248	243	235	235	229	228	229	229	227	232	240
791	-35	-2,5	247	249	246	237	236	230	229	229	231	228	234	241
792	-35	0,0	248	251	247	238	238	231	231	231	231	230	235	243

Quadro 9: Matriz de totais mensais de ROLE (W/m^2), modo T, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002.

Grade	Latitude	Longitude	jun/74	jul/74	ago/74	set/74	out/74	nov/74	dez/74	...	jan/02	fev/02	...	dez/02
1	20	-90	229	247	247	227	262	268	270	...	265	254	...	260
2	20	-87,5	235	255	247	229	249	267	269	...	271	260	...	260
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
790	-35	-5	227	231	235	218	224	225	237	...	235	250	...	231
791	-35	-2,5	229	232	235	219	226	232	237	...	235	251	...	241
792	-35	0	227	230	233	222	230	238	236	...	237	254	...	245

O primeiro conjunto de dados destina-se à análise da variabilidade sazonal da ROLE e permite inferir qual a influência da ZCAS na precipitação das regiões Sudeste e Sul.

O segundo conjunto de dados é utilizado, num primeiro momento, para se estudar a variabilidade interanual da ROLE, e num segundo momento, estes dados são utilizados em conjunto com as séries de precipitação no estudo da influência da ZCAS na variabilidade interanual do regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Para medir a influência da ZCAS no regime de precipitação aplicou-se a análise de componentes principais (ACP) nas matrizes de dados de ROLE e de precipitação, considerando um mesmo período em comum, e calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre as primeiras componentes principais (CP) obtidas para ambas as matrizes. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$) e as hipóteses estatísticas testadas foram as seguintes:

$$H_0: \rho = 0; \quad H_1: \rho \neq 0.$$

3.2.9. Recursos computacionais

As bases de dados foram construídas no software Excel, Microsoft Excel 2003. Cunha (2000) apresenta um texto bastante didático sobre o assunto.

As análises estatísticas foram realizadas nos pacotes estatísticos: Statistical Analysis System (SAS[®], System for Windows, V8) e Statistica (StatSoft[®]). Maiores detalhes podem ser obtidos em Everitt e Der (1997) e Alves e Cunha (2006).

A análise variográfica foi realizada utilizando o aplicativo VARIOWIN[®] 2.21 (Panatier, 1996). Informações completas sobre como utilizá-lo podem ser encontradas em Landim (2004).

Os mapas de isolinhas foram construídos com o emprego do programa Surfer[®] 8. Mais informações podem ser obtidas em Landin et al. (2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Áreas homogêneas de regime de precipitação

A delimitação de áreas homogêneas de regime de precipitação facilita a compreensão da dinâmica das chuvas e auxilia o planejamento das atividades econômicas dependentes da precipitação pluviométrica. Com o objetivo de estabelecer áreas homogêneas utilizaram-se conjuntamente três técnicas estatísticas: análise geoestatística, análise em componentes principais (ACP) e análise de agrupamentos.

4.1.1. Análise geoestatística

A seguir, apresentam-se os resultados da análise variográfica das séries de dados para as variáveis: total anual de precipitação (Panual), precipitação anual mínima (Pmin), anomalias de precipitação anual mínima em relação à normal (Pmin%), precipitação anual máxima (Pmax), anomalias de precipitação anual máxima em relação à normal (Pmax%), Coeficiente de Variação para os totais anuais de precipitação (CV) e Índice de Irregularidade Meteorológica (IIM).

Os modelos teóricos foram ajustados para a direção 45°, pois esta foi a direção que apresentou maior variabilidade. Os parâmetros geoestatísticos ajustados para os modelos teóricos são apresentados no Quadro 10. O modelo gaussiano foi o que melhor se ajustou às variáveis: Panual, Pmin, Pmin(%), Pmax, Pmax(%) e (CV).

Quadro 10: Parâmetros variográficos para a precipitação pluviométrica das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Variável	Modelo Ajustado	Alcance (Range) (graus)	Variância Espacial	Patamar (Sill) $C+C_0$	Efeito Pepita C_0	IDE (%)	Dependência Espacial
Panual	Gaussiano	5,58	33773	74250	40477	54,51	Moderada
Pmin	Gaussiano	1,68	56792	76500	19708	25,76	Moderada
Pmin%	Gaussiano	2,23	109	240	131	54,58	Moderada
Pmax	Gaussiano	4,49	90007	176000	85993	48,86	Moderada
Pmax%	Gaussiano	1,54	54,88	237,27	182,39	76,87	Fraca
CV	Gaussiano	1,18	16	23,40	7,40	31,62	Moderada

Salvo o IIM, todas as variáveis apresentam efeito pepita. O efeito pepita (C_0) é o ponto em que o semivariograma corta o eixo das ordenadas. Teoricamente esse valor deveria ser zero, pois duas amostras tomadas no mesmo ponto ($h=0$) deveriam apresentar os mesmos valores. Um efeito pepita diferente de zero implica em reconhecer a existência de microestruturas que ocorrem em menores escalas de amostragem, uma variabilidade natural do fenômeno estudado (Andriotti, 2003).

Quanto maior o efeito pepita, menos apropriado se torna o modelo de interpolação. O caso extremo é quando o modelo ajustado apresenta efeito pepita puro ($C_0 = C_0 + C$), ou seja, efeito pepita igual ao patamar. Neste caso, os resultados geoestatísticos serão os mesmos fornecidos pela estatística clássica.

O patamar ($C+C_0$) é o valor de $\gamma(h)$ ou ponto que corta o eixo das ordenadas correspondente ao alcance. Este ponto coincide com a variância clássica do conjunto de dados estudado e indica que a partir de $\gamma(h)$ toda semivariância amostral é de influência aleatória (Trangmar et al. 1985 *apud* Manzione, 2002).

Nenhum modelo ajustado apresentou efeito pepita puro, o que significa que há correlação espacial entre os pontos amostrados. Observa-se que o índice de dependência espacial (IDE) indica para a precipitação máxima (%) uma fraca dependência espacial (IDE= 76,87%) e para as demais variáveis, embora em diferentes graus foi classificada como moderada.

Salienta-se que neste estudo foi obtida moderada dependência espacial para os dados observados. No entanto, no estudo de Cardim (2001) para o estado de São Paulo foi verificada forte dependência espacial para a precipitação. Ajustou-se um semivariograma linear, com um efeito pepita $C_0 = 0,3$, patamar $C + C_0 = 18,3$ e alcance $A = 2,3^\circ$ de coordenadas georreferenciadas ($IDE = 1,64$), ou seja; neste caso, as observações climáticas localizadas a distâncias menores do que $2,3^\circ$ são correlacionadas, enquanto para distâncias maiores a distribuição espacial é aleatória. Muito provavelmente, esta diferença ocorre devido ao fato de Cardim (2001) restringir a área de estudo ao estado de São Paulo.

Na maioria das vezes o foco é estudar a dependência espacial; no entanto Silva et al. (2003) trabalhando com dados de precipitação mensal e anual para a cidade de Uberaba (MG), no período de 1914 a 2000, observaram fraca dependência temporal da precipitação.

Os modelos de semivariogramas ajustados apresentaram um alcance de no máximo 12 anos e os efeitos pepita dos mesmos apresentaram valores superiores a 75% dos patamares, quando não apresentaram, para alguns casos, efeito pepita puro. Os autores observam que neste caso o comportamento da precipitação mensal e anual em Uberaba pode ser estudado através de métodos da estatística clássica.

Para todas as variáveis estudadas foram observadas anisotropia na direção 45° (Nordeste-Sudoeste). A anisotropia é a não homogeneidade das distribuições das variâncias em ângulos diferentes no espaço. Ou seja, quando em função da direção, o comportamento de dois pontos que apresentam a mesma distância euclidiana em relação ao ponto a ser estimado, influenciam com pesos diferentes a estimação deste ponto. Caso contrário o semivariograma é isotrópico e, nesse caso, apenas um (o unidirecional) é suficiente para descrever a variabilidade da variável no campo.

Gomes (2001) e Cardim (2001), trabalhando com dados de precipitação para o estado de São Paulo, observaram através de semivariogramas a presença de dependência espacial, no entanto, o segundo autor não observou anisotropia para as direções Leste-Oeste e Norte-Sul.

A seguir são apresentados os modelos ajustados (linhas contínuas) considerando a direção 45° e os variogramas experimentais (Figuras 21 a 27) para as variáveis estudadas, cuja linha vermelha representa a variância amostral.

O critério utilizado na seleção do modelo teórico do semivariograma foi o Índice de Bondade de Ajuste (Indicative Goodness of Fit -IGF) apresentado por Pannatier (1996).

O alcance de um semivariograma corresponde ao conceito da Zona de Influência ou de Dependência Espacial de uma amostra (amostras correlacionadas), ou seja, refere-se à distância, a partir da qual as amostras passam a ser independentes (Andriotti, 2003).

Neste estudo o modelo gaussiano foi ajustado com um alcance (A) de até 5,58° de coordenadas georreferenciadas para a variável Panual; 1,68° para a variável Pmin; 2,23° para a variável Pmin(%); 4,49° para a variável Pmax; 1,54° para a variável Pmax(%) e 1,18° para a variável CV.

A variável Pmax(%) apresentou fraca dependência espacial (IDE= 76,87%). Isto significa que, provavelmente, esta dependência da precipitação máxima ocorra em menores escalas de distâncias, ou seja, a precipitação máxima está sujeita a influência de fatores locais. Neste caso, seria necessário um maior número de pontos de observações (estações pluviométricas) para detectar a dependência espacial desta variável.

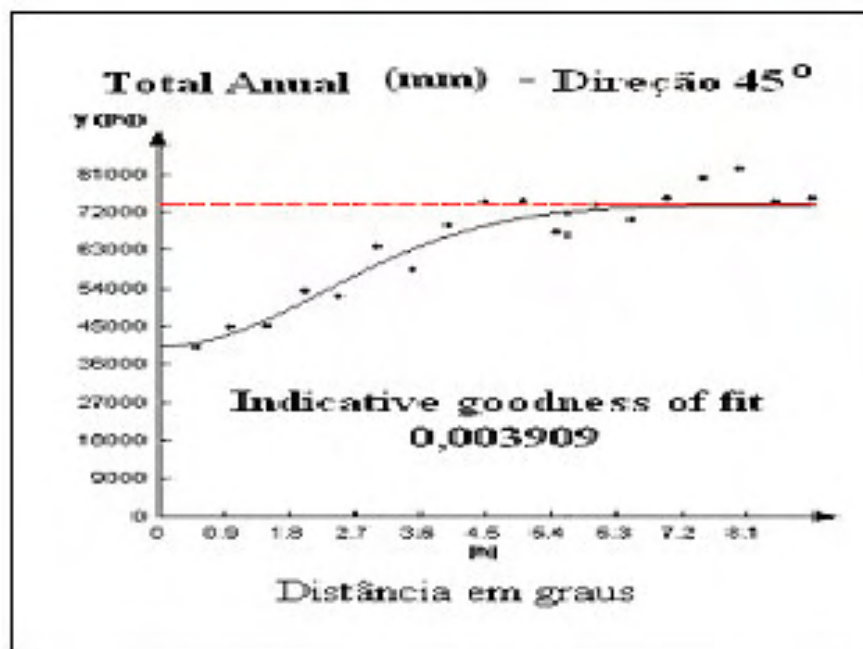


Figura 21: Semivariograma experimental e teórico para a precipitação anual (mm).

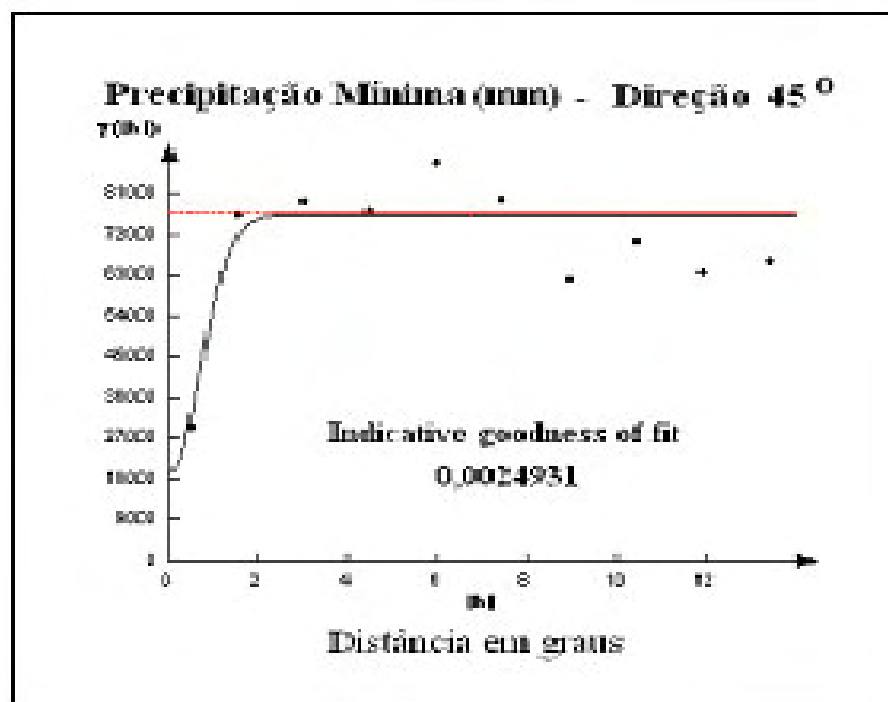


Figura 22: Semivariograma experimental e teórico para a precipitação anual mínima (mm).

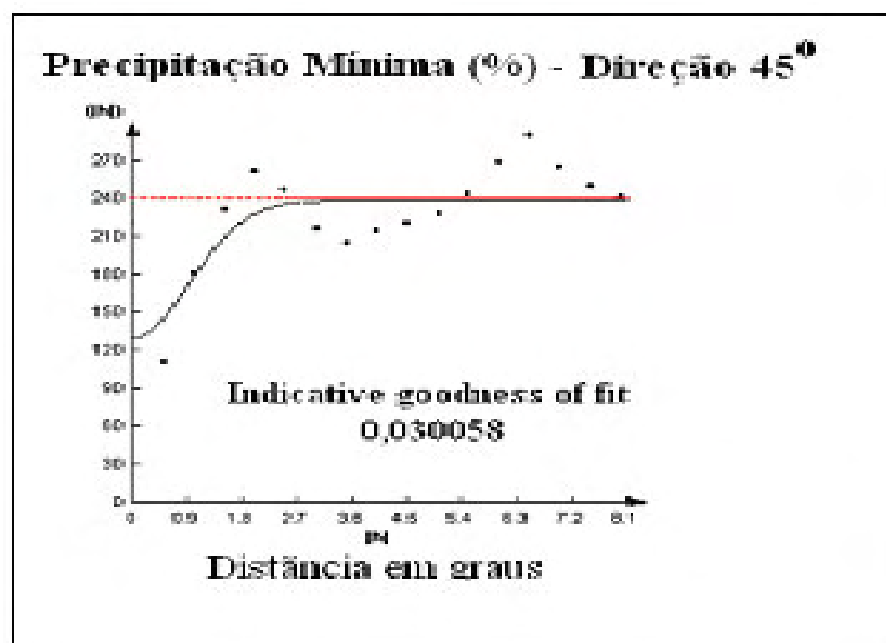


Figura 23: Semivariograma experimental e teórico para precipitação anual mínima (%).

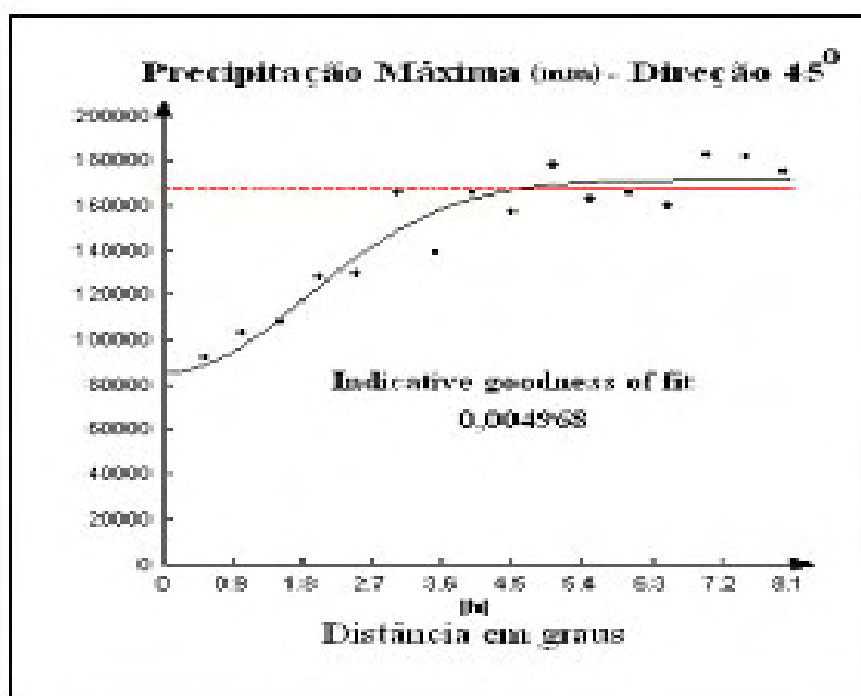


Figura 24: Semivariograma experimental e teórico para precipitação anual máxima (mm).

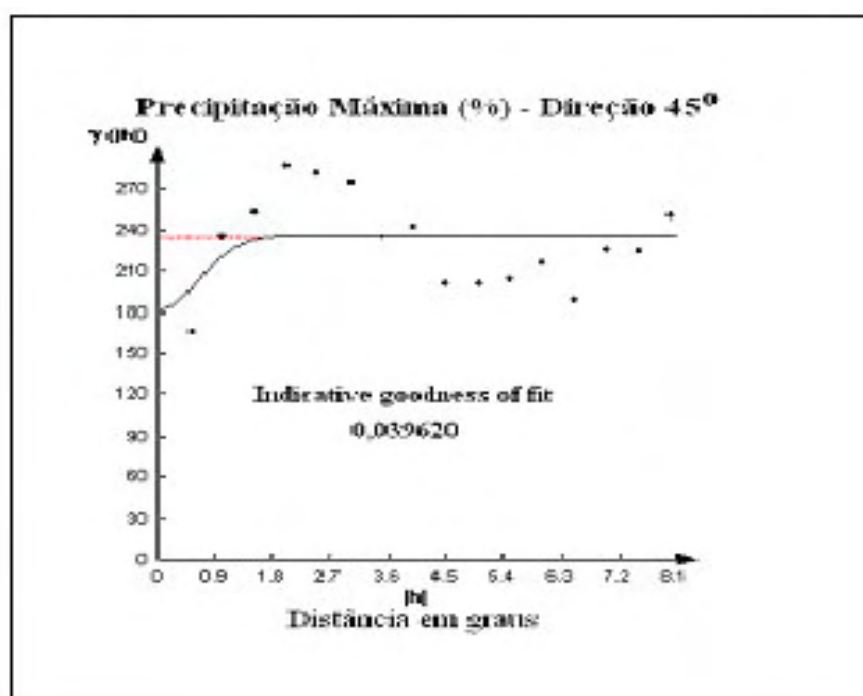


Figura 25: Semivariograma experimental e teórico para precipitação anual máxima (%).

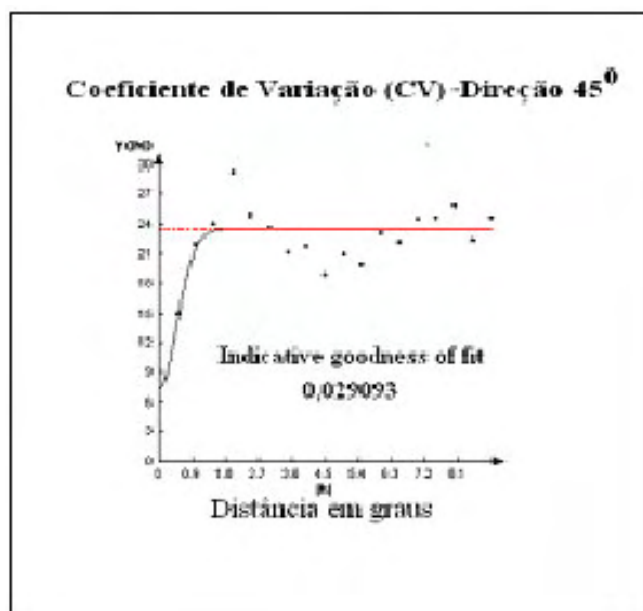
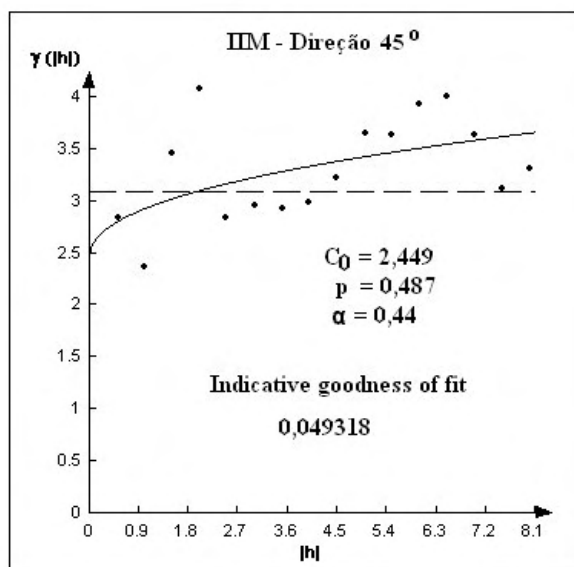


Figura 26: Semivariograma experimental e teórico para o coeficiente de variação (%).

Para o índice de irregularidade meteorológica (IIM) o melhor modelo ajustado foi o modelo linear (Figura 27).



$$\gamma(h) = C_0 + p |h|^\alpha$$

$$\gamma(h) = C_0 + 0,48765 |h|^{0,44}$$

onde:

$$C_0 = 2,449$$

$$p = 0,48765 \text{ e}$$

$$\alpha = 0,44$$

Figura 27: Semivariograma experimental e teórico para o índice de irregularidade meteorológica.

4.1.2. Análise de agrupamentos

Para o procedimento da análise de agrupamento de estações pluviométricas utilizou-se como variáveis de entrada, as coordenadas das sete primeiras componentes principais retidas anteriormente. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 11 e na Figura 28.

Quadro 11: Áreas homogêneas de precipitação obtidas da análise de agrupamento.

Áreas Homogêneas		Nº de EP	Estações Pluviométricas Agrupadas
Área I	●	9	a, b, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13
Área II	●	15	c, d, e, g, h, i, 10, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 24
Área III	●	15	k, l, m, n, o, 1, 15, 16, 22, 23, 28, 25, 29, 30, 31
Área IV	●	9	f, j, p, q, r, s, t, v, z
Área V	●	6	26, 34, 35, 39, 40, 41
Área VI	●	10	27, 36, 37, 42, 43, 44, 51, 64, 65, 67
Área VII	●	14	1, 3, u, 32, 46, 53, 55, 45, x, 2, 33, 52, 4, y
Área VIII	●	8	68, 69, 73, 74, 75, 77, 78, 79
Área IX	●	13	66, 70, 71, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 92, 1d, 89, 2b
Área X	●	16	72, 38, 47, 48, 49, 50, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 76
Área XI	●	19	85, 86, 88, 87, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 1f, 98, 99, 1ª, 1b, 1c, 1e, 1g, 11
Área XII	●	24	2ª, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2n, 2º, 2p, 2q, 2r, 2s, 2u, 2v, 2x, 3ª, 3b, 3c, 3j
Área XIII	●	7	2t, 3d, 3e, 3h, 3k, 3l, 3º
T o t a l	---	164	----

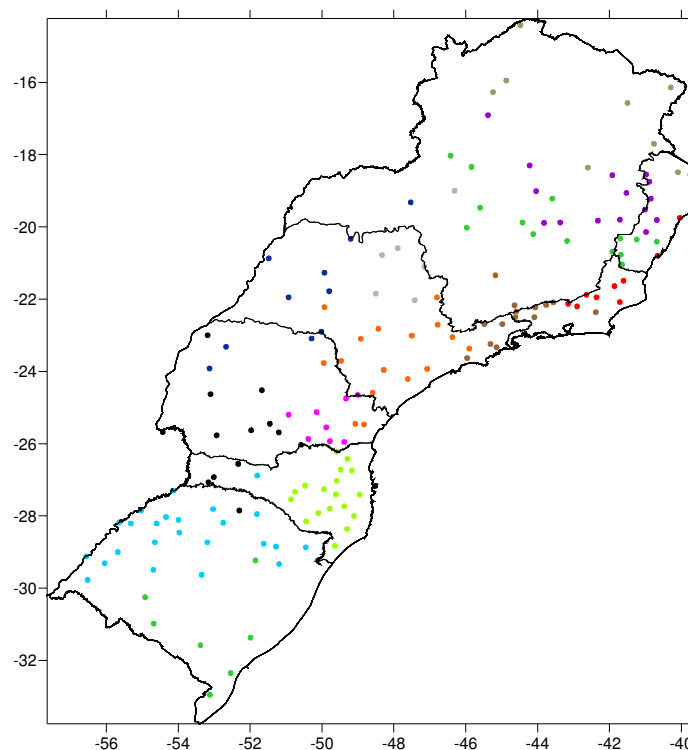


Figura 28: Áreas homogêneas de precipitação obtidas da análise de agrupamento.

4.1.3. Regionalização das áreas homogêneas de regimes de precipitação

A regionalização foi realizada a partir do total anual de precipitação (Panual), pois esta variável apresentou o maior alcance ($A=5,58^\circ$).

A distribuição espacial da precipitação pluviométrica é, em grande parte, influenciada pelo relevo. Quanto maior a altitude, maior a densidade dos rios. Além de influenciar no volume de água, o relevo determina também o padrão de vento local, a direção do fluxo dos rios e o nível de condensação da água precipitável.

As isolinhas de altitudes traçadas a partir das informações observadas para as 164 estações pluviométricas selecionadas, apresentam relevantes semelhanças com a carta de relevo das regiões Sudeste e Sul. Verifica-se um bom indicativo de que as altitudes das estações pluviométricas selecionadas são representativas da topografia do relevo local (Figuras 29 e 30).

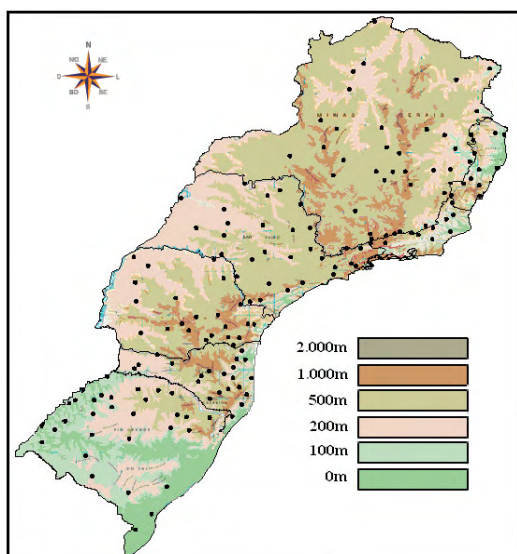


Figura 29: Localização das estações e relevo das regiões Sudeste e Sul.

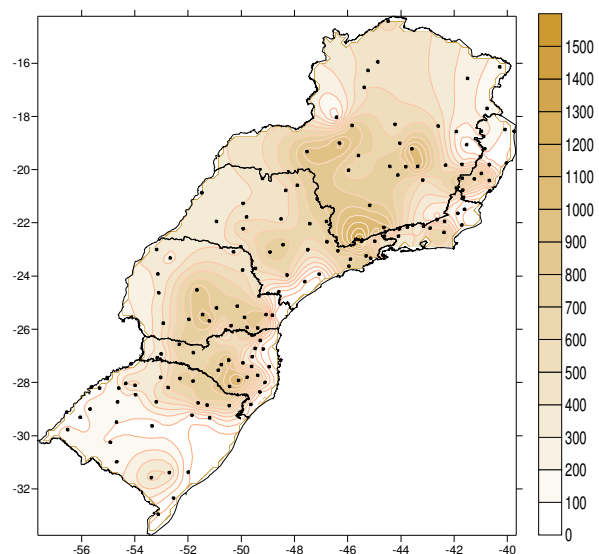


Figura 30: Estações e isolinhas de altitudes (m) das regiões Sudeste e Sul.

Na Figura 31 são apresentadas as isolinhas para o total anual de precipitação (Panual) na qual para a interpolação dos pontos de grade (Grid) foi utilizado o modelo gaussiano obtido na análise variográfica.

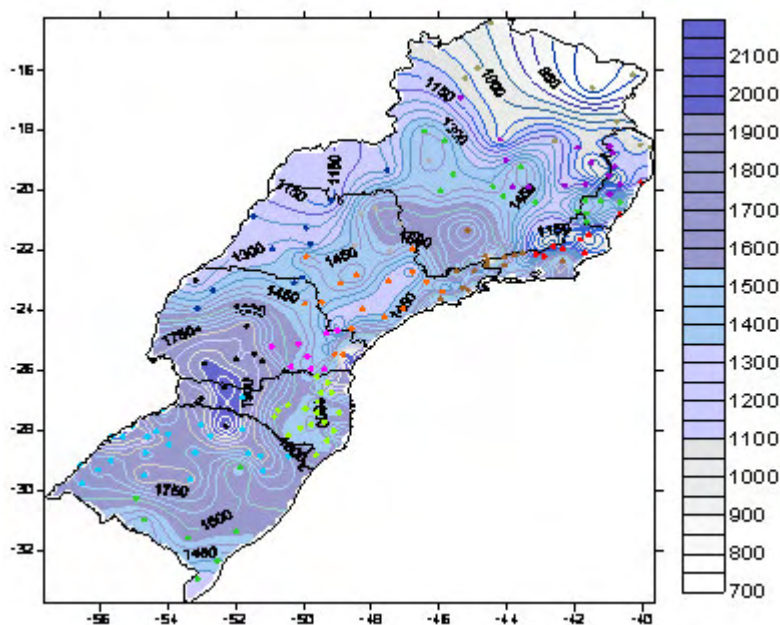


Figura 31: Isolinhas de totais anuais (mm) de precipitação (Panual) traçadas utilizando-se o modelo gaussiano.

Seguindo os quatro passos descritos na metodologia, obtêm-se a carta de áreas homogêneas de precipitação (Figura 32). Por uma questão didática, as áreas homogêneas de regime de precipitação são nomeadas conforme suas características mais relevantes, o que não impede que possam comportar outras características geofísicas.



Figura 32: Áreas homogêneas de regime de precipitação obtidas para regiões Sudeste e Sul.

Estas treze áreas homogêneas, delimitadas a partir da verificação conjunta dos resultados obtidos na análise de componentes principais, análise de agrupamentos e da análise variográfica, para os dados de totais anuais de precipitação, apresentam comportamento pluviométrico representativo da realidade local, pois a regionalização indica boa concordância com as características fisiográficas (formas do relevo e hidrografia) da região. Isto ocorre devido ao fato de se utilizar na etapa de *krigagem* um modelo inferencial que leva em consideração a forma, o tamanho e a orientação do domínio a ser considerado na interpolação, favorecendo a estimativa de valores mais verossímeis para as variáveis estudadas.

4.2. Variabilidade espacial e sazonal da precipitação nas regiões Sudeste e Sul

Verifica-se que o comportamento espacial do regime pluviométrico na área de estudo é bastante heterogêneo (Figuras 33 e 34).

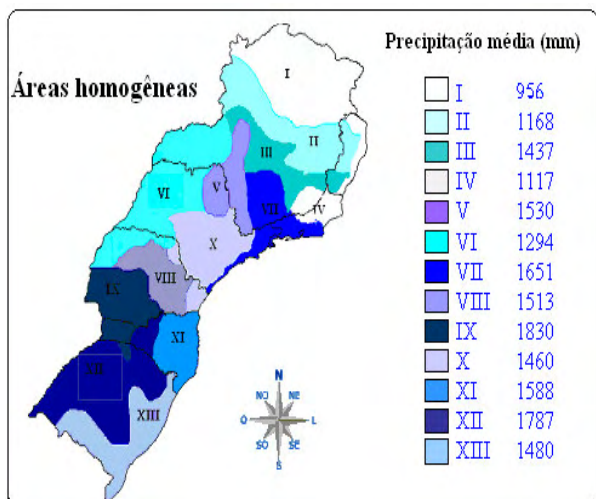


Figura 33: Totais anuais da precipitação (mm) nas regiões Sudeste e Sul, por áreas homogêneas.

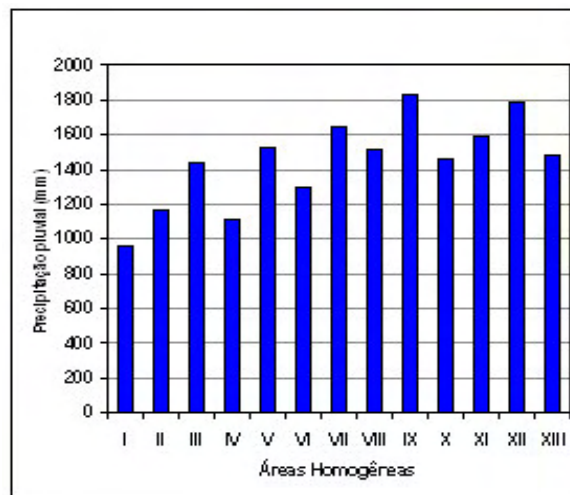


Figura 34: Totais anuais da precipitação (mm) nas regiões Sudeste e Sul, por áreas homogêneas.

No centro-sul de Minas Gerais, centro do estado do Paraná, leste de Santa Catarina e noroeste do estado do Rio Grande do Sul, assim como a parte litorânea, desde o estado do Espírito Santo até o Paraná, observa-se uma estreita relação entre os níveis de precipitação e a orografia destas regiões.

No sentido Norte-Sul, observa-se um crescente aumento dos níveis de precipitação anual. A estação que apresentou o menor valor médio anual foi Itaobim, com precipitação média de 698 mm.

Minas Gerais é o estado que apresenta os maiores contrastes em relação à precipitação. Pode-se observar uma fraca precipitação na porção noroeste-nordeste passando pelo Vale do Jequitinhonha, e nas porções oeste (Triângulo Mineiro) e leste, onde os níveis de precipitação anual normalmente ficam abaixo de 1.000 mm.

Ocorre uma ligeira melhora na faixa central, cujos níveis de precipitação variam na faixa de 1.000 mm a 1.300 mm.

O sul do estado de Minas Gerais (divisa com o estado de São Paulo) é a região com maior nível de precipitação na região Sudeste, atingindo valores da ordem de 1.600 mm. Praticamente em toda a área de estudo e, sobretudo em Minas Gerais são observados máximos e mínimos de precipitação associados à orografia.

Nas serras do Espinhaço, Canastra e Mantiqueira observam-se picos acima de 1.800 mm e nos vales dos rios São Francisco (noroeste) e do Jequitinhonha (nordeste) observam-se mínimos abaixo de 900 mm.

A estação com maior valor médio anual de precipitação é a de Resende (RJ), com uma pluviometria média anual de 2.431 mm.

A parte continental do estado de São Paulo apresenta uma distribuição uniforme da precipitação em torno de 1.300 mm.

O litoral da região Sudeste é marcado por um ligeiro aumento em torno de 1.600 mm; mas pode-se observar para algumas localidades, do litoral, níveis de precipitação bem acima desse patamar, como já verificado no caso do município de Resende (RJ).

A região Sul apresentou os maiores totais anuais (geralmente, acima de 1.500 mm) e homogeneidade na distribuição sazonal de seu regime de precipitação.

Na região Sul os maiores totais anuais encontram-se a oeste das áreas mais altas (bacia do Paraguai) e no litoral, fronteira leste dos estados de Santa Catarina e Paraná. Os menores totais anuais na região Sul são observados nas áreas com menores altitudes (Planície Gaúcha), que dificilmente ultrapassam os 200 m.

As precipitações mínimas e máximas observadas, evidenciam uma forte variabilidade espacial da chuva na área de estudo.

Na região Sudeste no Vale do São Francisco-Jequitinhonha e na região centro-norte de Minas Gerais as precipitações mínimas chegam a apresentar desvios de 40% abaixo da normal climatológica, as demais áreas apresentam desvios variando entre 20% e 30% abaixo da mesma (Figura 35).

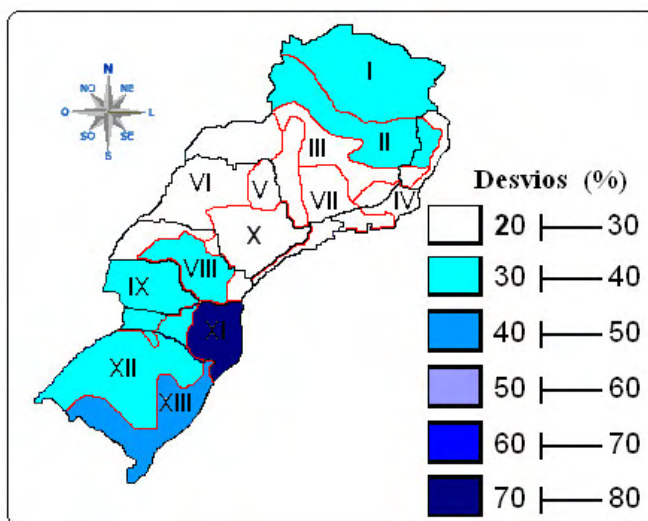


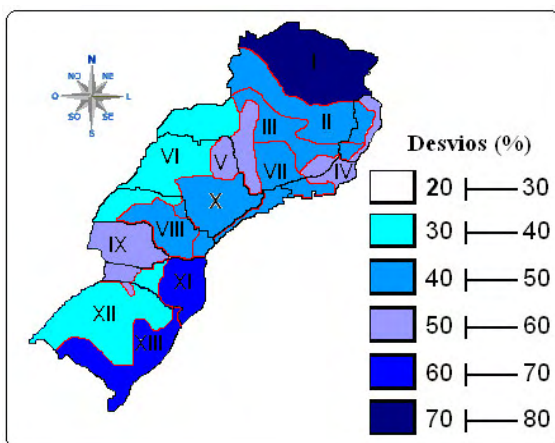
Figura 35: Desvios de precipitação mínima (%), em relação à normal climatológica, para as regiões Sudeste e Sul, por áreas homogêneas.

Na região Sul, os valores de precipitação mínima apresentaram desvios em relação à normal climatológica de até 80% na Bacia do Chapecó-Iguaçu, entre 40% e 50% na Serra Geral - Bacia do Rio Guaíba, e abaixo de 30% nas demais localidades.

Para o estado de Santa Catarina, Ichiba et al. (2002) destacou a forte variabilidade espacial que modula o regime de precipitação. Utilizando 40 séries de totais mensais e anuais para o período de 1950 a 1997, observaram que as cotas mínimas de precipitação no estado variaram em torno de 900 mm e as precipitações máximas chegaram a 3.600 mm no noroeste do estado. A região oeste do estado foi a que apresentou a maior variabilidade pluviométrica.

Para os níveis de precipitação máxima observou-se um comportamento espacial semelhante ao apresentado pela precipitação mínima (Figuras 36). Contudo, a precipitação máxima está sujeita a uma maior variabilidade (Figura 37).

No Vale do São Francisco e do Jequitinhonha chega a chover até 80% acima da normal climatológica. No Vale do Itajaí, planaltos de Lages, Serra Geral e Bacia do Rio Guaíba o desvio varia entre 60% e 70% acima da normal.



Erro! Vínculo não válido.

Figura 36: Desvios de precipitação máxima (%) em relação à normal climatológica para (mm) por áreas homogêneas, nas regiões Sudeste e Sul. **Figura 37:** Precipitações máxima e mínima (mm) por áreas homogêneas, nas regiões Sudeste e Sul.

A influência da orografia é visível nas áreas IV (Zona da Mata, norte - RJ e litoral - ES), V (Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas) e IX (Bacia do Chapecó-Iguaçu). Nas demais áreas a precipitação máxima apresenta desvios entre 30% e 40% acima da normal.

O regime de precipitação da região Sudeste é marcado por dois períodos, um seco e outro chuvoso (Figuras 38 A e 38 B). O período seco vai de abril a setembro e o período chuvoso de outubro a março. No centro-sul de Minas Gerais, aproximadamente 45% da precipitação ocorre no quarto e primeiro trimestre do ano, respectivamente.

No centro-norte do estado de Minas Gerais a maior contribuição (entre 40% e 45%) para o total anual ocorre no quarto trimestre (outubro-novembro-dezembro) (Figura 38 D). Salvo as regiões centro-sul do mesmo estado, norte do estado do Rio de Janeiro e o Espírito Santo, no primeiro trimestre (janeiro-fevereiro-março) a contribuição para o total anual de precipitação varia entre 35% e 40% (Figura 38 A).

No estado do Rio de Janeiro a maior parte (80%) das chuvas é distribuída, equitativamente, entre o primeiro e o quarto trimestres.

O comportamento sazonal da precipitação no estado do Espírito Santo é semelhante ao de Minas Gerais, porém com menores concentrações, aproximadamente, 41% no quarto trimestre e 34% no primeiro, contra 45% no quarto trimestre e 41% no primeiro em Minas Gerais.

No outono a precipitação é mínima em toda a região Sudeste e noroeste do estado do Paraná (Figura 38 B).

O comportamento das chuvas no estado de São Paulo é semelhante ao de Minas Gerais, porém, o estado de São Paulo apresenta características de área de transição de regimes pluviométricos; o primeiro trimestre é o mais chuvoso; no quarto trimestre chove acima de 30% em, praticamente, todo o estado. No primeiro trimestre as chuvas se concentram no norte do estado com 40% de contribuição para o total anual. No terceiro trimestre a região centro-sul é a mais chuvosa e contribui com, aproximadamente, 15% para o total anual da precipitação.

Na região Sul a variabilidade sazonal da precipitação é homogênea durante o ano todo (Figuras 38 A, 38 B, 38 C e 38 D).

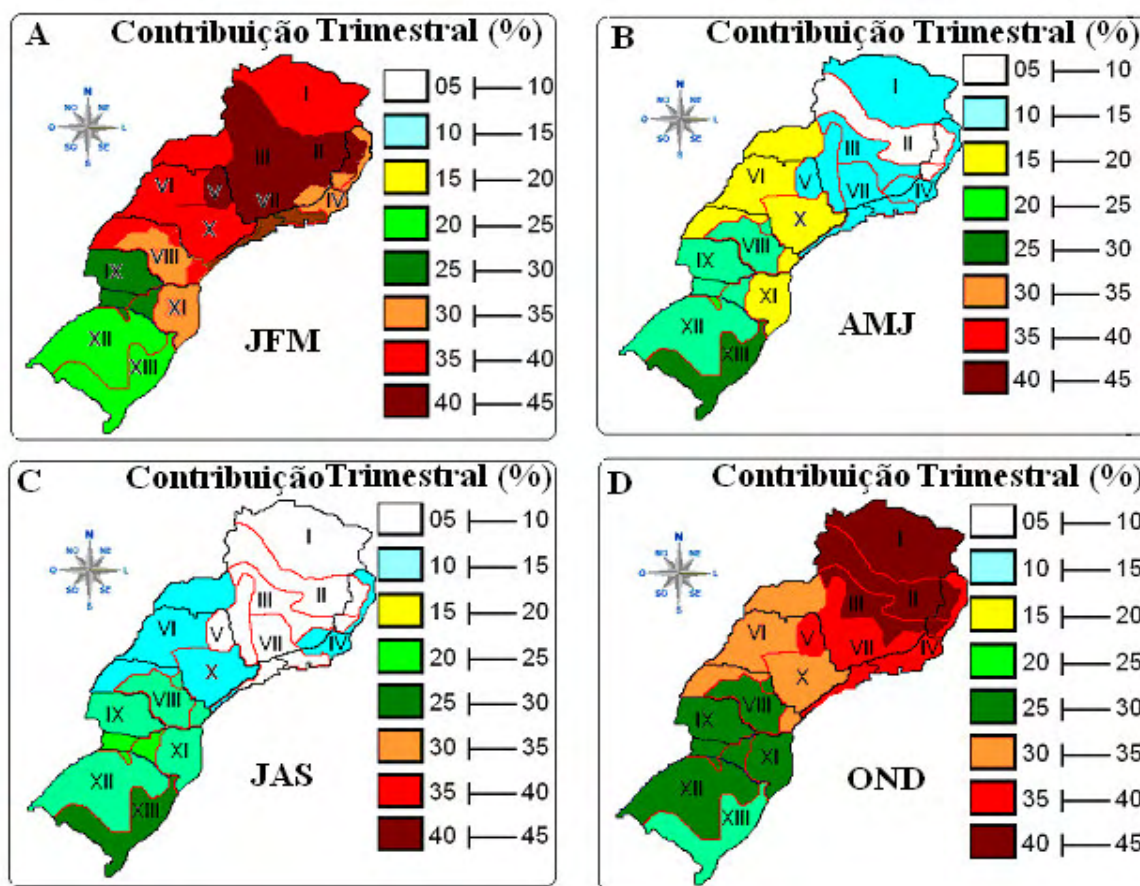


Figura 38: Contribuição trimestral (%) da precipitação para o total anual, primeiro (A), segundo (B), terceiro (C) e quarto (D) trimestres.

Os estados do Paraná e Santa Catarina apresentam regimes de precipitação semelhantes, com aproximadamente, 60% da precipitação anual concentrada no primeiro e quarto trimestres do ano.

As estações da parte sudeste do Paraná apresentam níveis pluviométricos maiores no primeiro trimestre, muito provável, devido às chuvas convectivas que ocorrem nesta época do ano na Serra do Mar. No terceiro trimestre chove acima de 20% em toda a parte centro-sul do estado do Paraná, muito provavelmente devido ao aumento das frentes frias que ocorrem no inverno.

O Rio Grande do Sul apresenta distribuição uniforme de precipitação, aproximadamente, 25% por trimestre. A baixa variabilidade da precipitação mensal na região Sul já havia sido observada antes por Sansigolo e Nery (1998).

4.3. Variabilidade espacial e sazonal da precipitação por áreas homogêneas

- Área I: *Vales do São Francisco e do Jequitinhonha*

A Área I está localizada no norte do estado Minas Gerais. Além de englobar também o norte do Espírito Santo, incluindo seu litoral norte, parte desta área pertence ao chamado Polígono das Secas. Na região central desta área encontram-se parte da Serra do Espinhaço e o Chapadão do Catual, a noroeste (Figura 39).

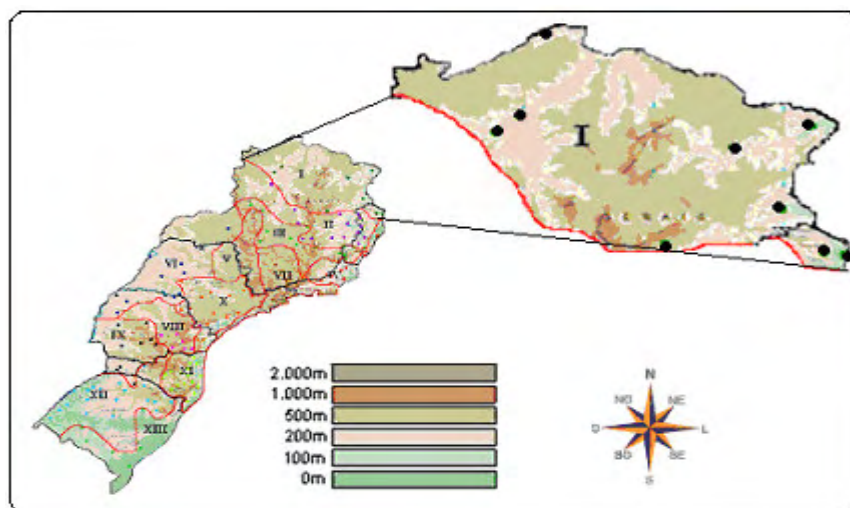


Figura 39: Estações pluviométricas e características do relevo – Área I.

Estão localizados nesta área dois dos principais rios do estado de Minas Gerais, o São Francisco, a oeste, que percorre em direção à região Nordeste do Brasil, com uma extensão de 3.160 km e forma uma bacia de 63.1133 km² e o Rio Jequitinhonha, a leste (Figura 40).

Os postos pluviométricos desta área estão localizados em altitudes que variam de 3 m a 523 m. Em relação à região Sudeste pode-se afirmar que as altitudes (abaixo de 600 m) são relativamente baixas, pois 57% das terras desta região apresentam altitudes superiores a 600 m e 20%, entre 900 m e 1500 m.

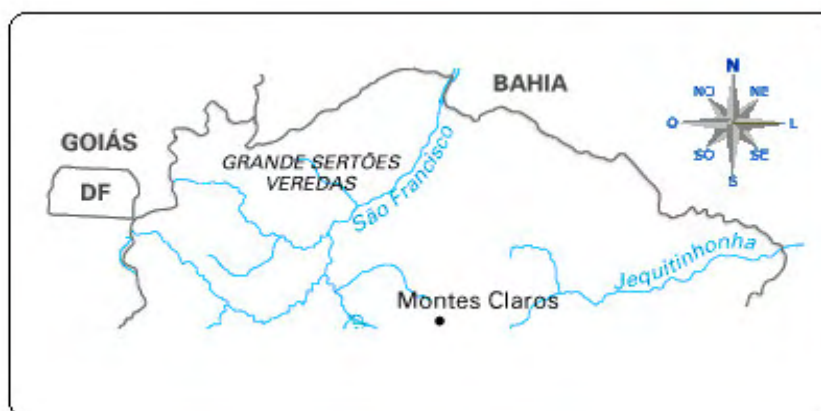


Figura 40: Hidrografia da Área I.

Esta área apresenta características de transição para o clima nordestino, ao Norte e de zona de transição entre o clima Tropical e o Litorâneo Úmido, a Noroeste (Filho et al. 2005).

Entre as 13 áreas estabelecidas esta é a que apresenta as menores precipitações pluviométricas anuais (956 mm). O menor valor médio anual (698 mm) observado ocorre no município de Itaobim. Esta estação localiza-se no Vale do Rio Jequitinhonha (Figura 41),¹⁸ na região nordeste do estado de Minas Gerais, a 241 m de altitude e possui uma população de 22.406 habitantes distribuídos em uma área de 680 km². O clima do Vale do Jequitinhonha, segundo a classificação de *Köppen*, é do tipo continental-seco, quente com temperatura média do mês mais frio do ano superior a 18⁰C e média das temperaturas máximas em torno de 34⁰C. Dentro da área de abrangência do Vale do Jequitinhonha pode-se ainda citar as cidades de: Araçuaí, Chapada do Norte, Coronel Murta, Itinga e Virgem da Lapa.

Um problema bastante freqüente, sobretudo, no norte do estado de Minas Gerais é a ocorrência de déficit hídrico. Neste estado as regiões que indicaram os menores índices de precipitação pluviométrica apresentaram os maiores riscos de déficit hídrico durante a estação chuvosa. A Figura 42 mostra os riscos de ocorrência de déficit hídrico. Note que as áreas com maiores riscos de déficit hídrico englobam toda a Área I.

¹⁸ Apesar da riqueza mineral do subsolo (Berilo, cassiterita, feldspato, lítio, água-marinha, nióbio, turmalina, ouro e diamante) e o riquíssimo patrimônio histórico-cultural, o Vale do Jequitinhonha é uma microrregião caracterizada por uma grande pobreza e uma série de problemas nas áreas de educação, saneamento e saúde. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Itaobim é 0,689 e corresponde a classificação de 592º (em 853 municípios) no *ranking* Estadual, 1384º (em 1666 municípios) no *ranking* Regional e 3166º (em 5.507 municípios) no *ranking* Nacional. <<http://www.caminhos.ufms.br/matrizedados/mg/itaobim.html>>, consultado em 15/02/2006.



Figura 41: Hidrografia e principais cidades no entorno do Vale do Rio Jequitinhonha.

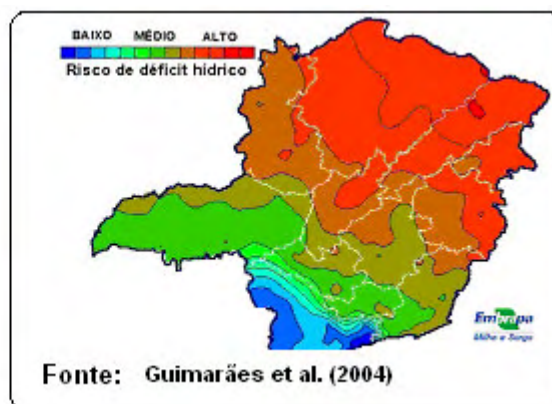


Figura 42. Riscos de ocorrência de déficit hídrico, durante a estação chuvosa, MG.

A área I está sujeita ao fenômeno denominado veranico, que se caracteriza por períodos de interrupção da precipitação, durante o período chuvoso e com dias de calor intenso e insolação.

O período chuvoso nesta área começa no mês de outubro (90 mm), com uma contribuição média de 9%, em relação ao total acumulado no ano. Atinge o máximo em dezembro (195 mm), com contribuição média de 19,3%.

O quarto trimestre é o mais chuvoso, chegando a acumular, em média, 457 mm, com uma contribuição de 45 % para o total anual. O primeiro trimestre (o segundo mais chuvoso) contribui, em média, com 37% (373mm) da precipitação anual (Figuras 43 e 44).

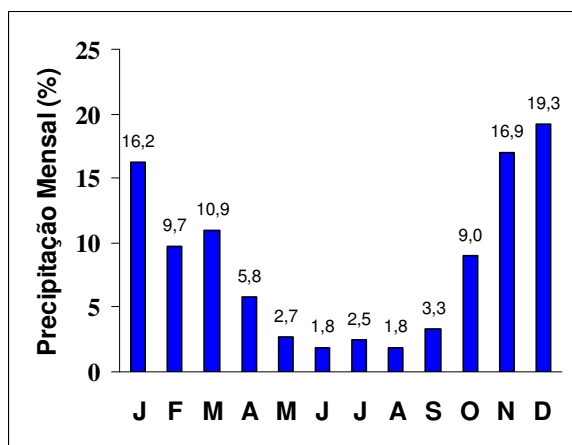


Figura 43: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área I.

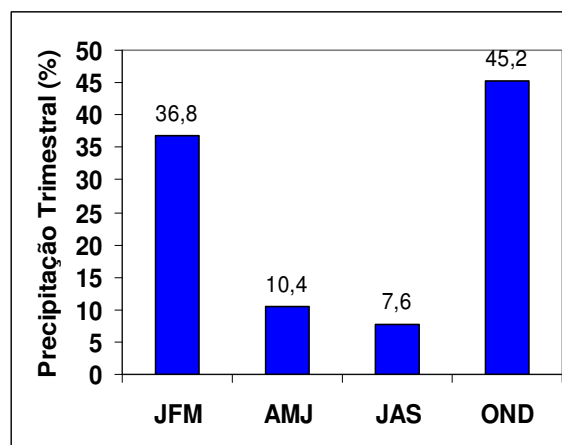


Figura 44: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área I.

- Área II: Minas Gerais Centro-Norte

Na parte central do estado de Minas Gerais estendendo-se até a parte continental sul do Espírito Santo (nos arredores do Vale do Rio Doce) tem-se a Área II (Figura 45). A altitude nesta região é bastante variável (CV=78%). As estações pluviométricas situadas em altitudes extremas nesta área são: Barra do Cuiête-Jusante, ao nível do mar, no município de Conselheiro Pena (MG) e a Usina Peti, a uma altitude de 1.110 m, localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo (MG), na Serra do Espinhaço. No oeste, divisa com o estado de Goiás, encontra-se a Serra dos Pilões. Na área central, a Serra do Espinhaço e a Serra do Cipó, e no leste, divisa do estado de Minas Gerais com o Espírito Santo, encontram-se a Serra dos Aimorés e a Serra do Pega-Be.

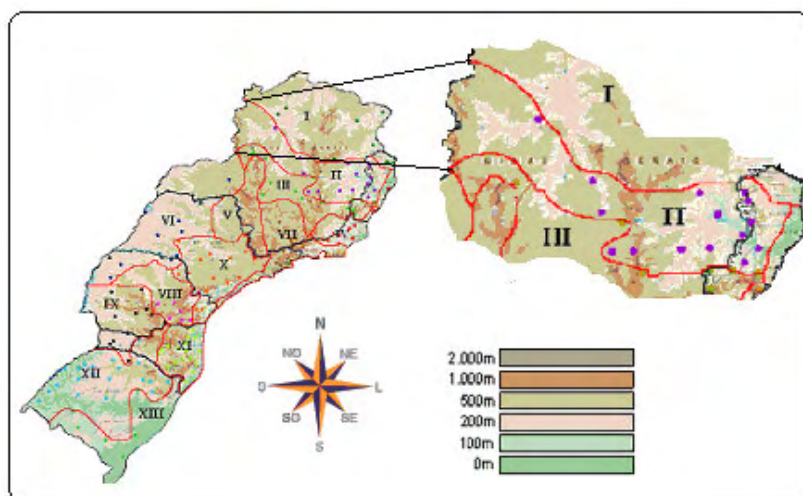


Figura 45: Estações pluviométricas e características do relevo – Área II.

Os principais rios localizados nesta área são os rios São Francisco e seus afluentes e o Rio Doce (Figura 46). O Rio Doce é formado pelos rios Piranga e Carmo. O Rio Piranga nasce nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, limites Oeste e Sul da bacia, no município de Ressaquinha (MG) e o Rio do Carmo nasce no município de Ouro Preto. O Rio Doce percorre uma extensão de 853 km em direção ao estado do Espírito Santo, passando por cidades, tais como, Baixo Guandu (ao entrar no ES), Colatina e Linhares e, antes de desaguar no Oceano Atlântico, no povoado de Pontal de Regência (ES). A Bacia hidrográfica do Rio

Doce possui uma área de drenagem com cerca de 83.400 km², dos quais 86% pertencem ao estado de Minas Gerais e 14% ao estado do Espírito Santo. A população residente nesta área é de, aproximadamente, 3,1 milhões de habitantes, distribuídos entre 228 municípios, sendo 202 situados em Minas Gerais e 26 no Espírito Santo. São limítrofes ao Vale do Rio Doce as regiões do Quadrilátero Ferrífero, de Diamantina, do Campo das Vertentes, do Jequitinhonha, da Zona da Mata, e os estados do Espírito Santo e da Bahia (ANA, 2001).

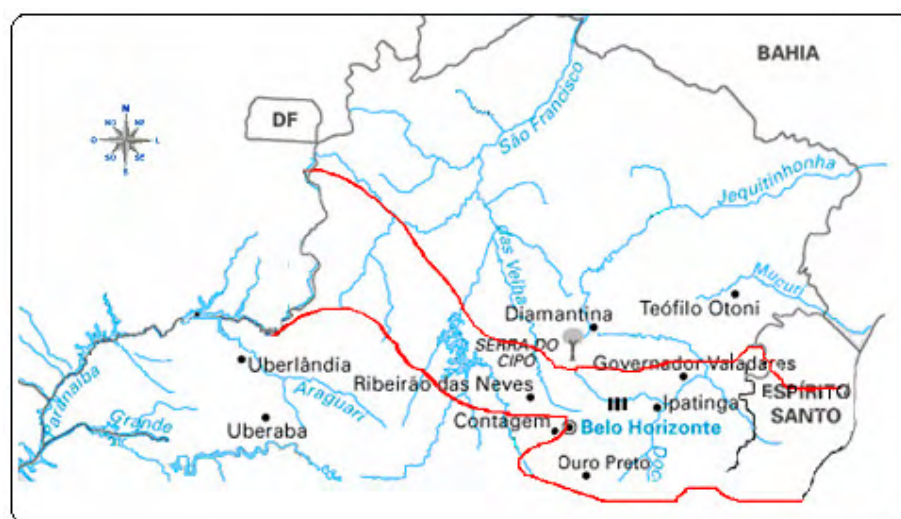


Figura 46: Hidrografia da Área II.

Em média a precipitação anual na Área II é de 1.168 mm, aproximadamente 20% superior à observada na Área I. No entanto, nesta área a precipitação varia de 1.500 mm nas nascentes do Rio Doce e do Carmo (serras da Mantiqueira e do Espinhaço), a 974 mm, na região do município do Baixo Gandu, divisa do estado de Minas Gerais com o estado do Espírito Santo, situado a 70 m de altitude. No município de Santa Leopodina (ES) a precipitação volta a subir atingindo patamares da ordem de 1.250 mm, onde a altitude é por volta de 940 m.

Esta área apresenta duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa (Figura 47 e 48). O período seco vai de abril a setembro e o período chuvoso ocorre no primeiro e quarto trimestre do ano, os quais, juntos contribuem em média com 85% (975 mm) da precipitação anual. Os meses de janeiro (164 mm) e dezembro (195 mm) são os mais chuvosos e o inverno é seco.

Segundo a classificação de Köppen, nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do Rio Doce o clima é tropical de altitude, com chuvas de verão e verões frescos; nas nascentes dos afluentes do Rio Doce o clima é tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes, e no médio e baixo Vale do Rio Doce e de seus afluentes encontra-se o clima quente com chuvas de verão.

Nesta área situa-se a cidade de Belo Horizonte (MG) que é influenciada por fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais. A estação seca em Belo Horizonte restringe-se ao inverno e sofre a influência da Frente Polar Atlântica (FPA) e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; a estação chuvosa ocorre no verão sob influência dos sistemas convectivos associados ao aquecimento continental e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (Quadro e Abreu, 1994; Oliveira, 1986; Nobre, 1988; Rocha e Gandu, 1996 *apud* Abreu et al. 1998).

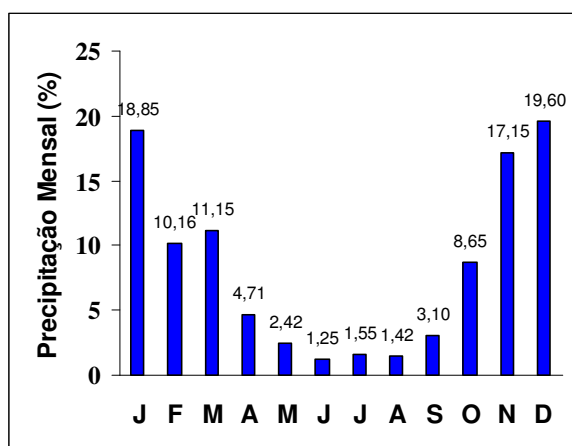


Figura 47: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área II.

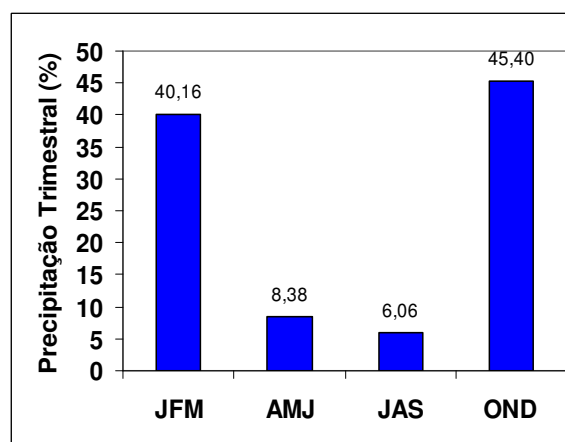


Figura 48: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área II.

- Área III: Minas Gerais Centro-Sul

A Área III situa-se entre a faixa central e sul do estado de Minas Gerais, estendendo-se na direção leste, até o sul do estado do Espírito Santo (Figura 49). No oeste é circundada pela Chapada das Gerais e pela Serra da Saudade e a Leste, pela Serra da Moeda e Serra do Espinhaço, onde se encontra o Pico do Sol, com 2.107 m de altitude. Na divisa de

Minas Gerais com o sul do estado do Espírito Santo encontra-se o Pico da Bandeira a uma altitude de 2.890 m. A altitude média, nesta área, é de 615 m e a distribuição de altitudes nesta área é mais homogênea (CV=44%) que na área anterior. Nesta, grandes maciços (serra da Canastra, Serra do Espinhaço e Serra da Mantiqueira) cortam o estado de Minas Gerais transformando-se, praticamente, num só bloco.

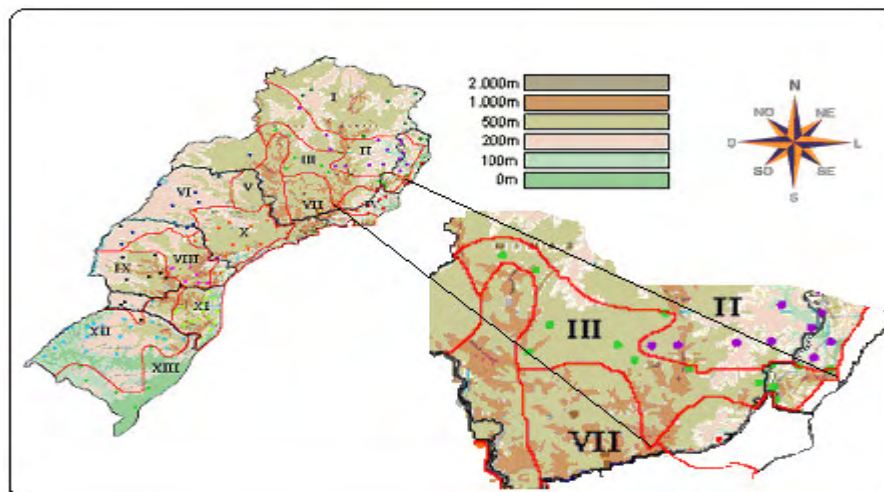


Figura 49: Estações pluviométricas e características do relevo – Área III.

Os rios da região centro-sul de Minas Gerais são de menores portes e nascem nas serras do Espinhaço, da Moeda e do Cipó. Entre outros, cita-se o Rio das Velhas e o Rio Paraopeba. No sul do estado do Espírito Santo destaca-se o Rio Itapemirim (Figura 50).



Figura 50: Hidrografia da Área III.

Com uma precipitação média da ordem de 1.437 mm ao ano, esta área apresentou um nível de precipitação anual semelhante ao observado na Área X (1.460 mm), a qual está localizada, em sua grande parte, no centro-oeste do estado de São Paulo.

O período chuvoso nesta área concentra-se no primeiro (571 mm) e quarto (585 mm) trimestre do ano, com contribuições à precipitação anual de 36,8% e 45,2%, respectivamente.

O comportamento sazonal da precipitação nesta área é idêntico ao observado na área anterior. Os meses de janeiro (252 mm) e dezembro (258 mm) são os mais chuvosos e os meses de junho (25,8 mm), julho (28,1 mm) e agosto (28,3 mm) os mais secos (Figuras 51 e 52).

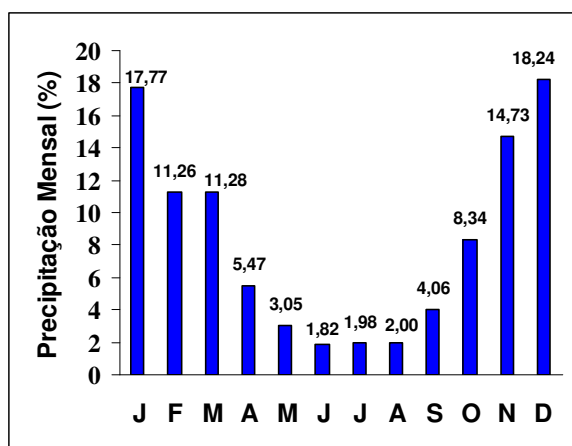


Figura 51: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área III.

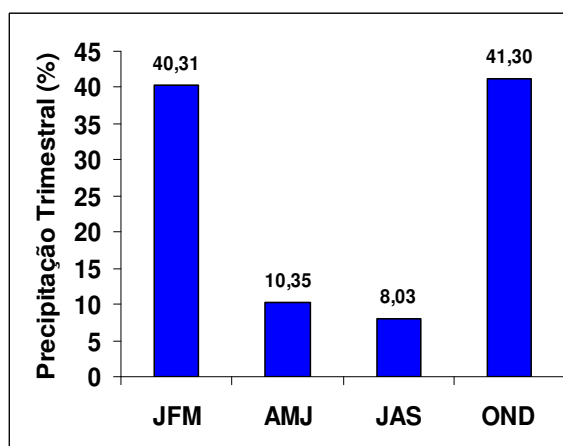


Figura 52: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área III.

- Área IV: Zona da Mata, Norte (RJ) e Litoral (ES)

A Área IV é formada pela Zona da Mata (MG), norte do estado Rio de Janeiro e litoral do estado do Espírito Santo (Figura 53). A amplitude (645 m) das altitudes para o conjunto de estações pluviométricas alocadas nesta área é relativamente baixa, quando comparada com a variação das altitudes das áreas II e III (aproximadamente, 1.100 m). Porém, em relação às altitudes, esta área é a que apresenta maior heterogeneidade (CV=138%). Nos pontos extremos de altitudes observados, localiza-se a estação pluviométrica de Riacho,

situada no município de Aracruz (ES), a 5 m de altitude, e a estação pluviométrica Fazenda Sobradinho, no município de Teresópolis (RJ), situada a 650 m de altitude.

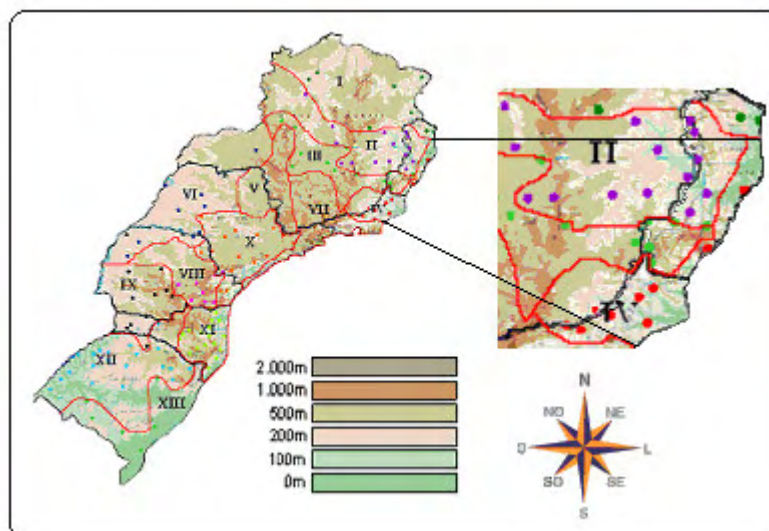


Figura 53: Estações pluviométricas e características do relevo – Área IV.

Os principais rios que drenam a Área IV são: o Rio Doce, que corta o estado do Espírito Santo, aproximadamente no meio, no sentido transversal, e o Rio Paraíba do Sul, divisa do estado de São Paulo com o estado do Rio de Janeiro. Encontram-se, ainda, nesta região, o Rio Preto, no município de Teresópolis (RJ); o Rio Paquequer, no município do Carmo (RJ); Rio Negro, no município de Cantagalo (RJ); Rio Dois Rios, no município de São Fidélis (RJ); Rio Muriaé, na cidade de Campos (RJ); Rio Benevente, no município de Anchieta (ES) e o Rio Itapemirim, na cidade de Aracruz (ES) (Figura 54).



Figura 54: Hidrografia da Área IV.

Segundo Rodela e Tarifa (2000) *apud* Silva et al. (2003) o clima local é tropical de altitude mesotérmico, com inverno frio e seco e chuvas elevadas no verão, com temperaturas variando entre 22°C e 23°C e invernos secos.

A precipitação anual média nesta área é de 1.117 mm, segundo menor valor dentro da área de estudo. O comportamento sazonal da precipitação é semelhante ao apresentado pela Área III. O período chuvoso começa no mês de outubro (107 mm), com uma contribuição média de 9,19 %, em relação ao total acumulado no ano. Atinge o máximo em dezembro (192 mm), com contribuição média de 16,49%. O quarto trimestre é o mais chuvoso, chegando a acumular em média 463 mm, com uma contribuição de 39,79% para o total anual. O primeiro trimestre (o segundo mais chuvoso) contribui, aproximadamente, com 34,59% (402 mm) da precipitação anual (Figuras 55 e 56).

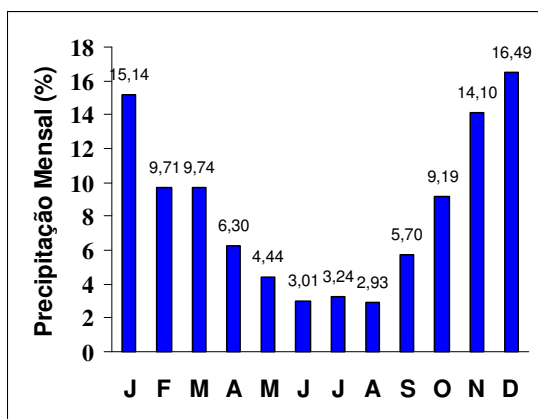


Figura 55: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área IV.

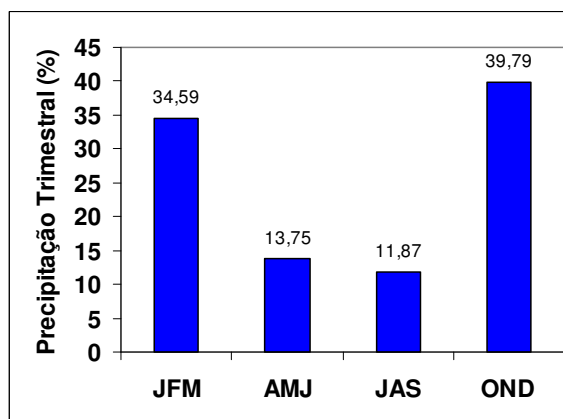


Figura 56: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área IV.

- Área V: Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas

Na região norte do estado de São Paulo, divisa com Minas Gerais situa-se a Área V (Figura 57). As altitudes observadas nesta área variam entre 440 m (município de Gavião Peixoto -SP) e 1.067 m (município de Carmo do Paranaíba - MG).

A altitude média observada nesta área (685 m) representa, relativamente, a altitude local. Entre as 13 áreas homogêneas de regime de precipitação, esta é a área que apresenta o menor coeficiente de variação ($CV=31\%$) em relação às cotas de altitudes observadas. Esta área é limitada ao norte pela Serra dos Geraís (MG) e na região central encontra-se a Serra da Canastra (MG). Na divisa do estado de Minas Gerais com o estado de São Paulo está situada a Serra de Franca e ao sul desta área, separando os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, localiza-se o maciço da Serra da Mantiqueira, com 1.200 m de altitude.

A parte paulista desta área encontra-se na unidade geomorfológica denominada Cuestas Basálticas, que se estende pelos municípios de Ituverava e Franca (a nordeste do estado) até Botucatu e Avaré (a sudoeste do estado).

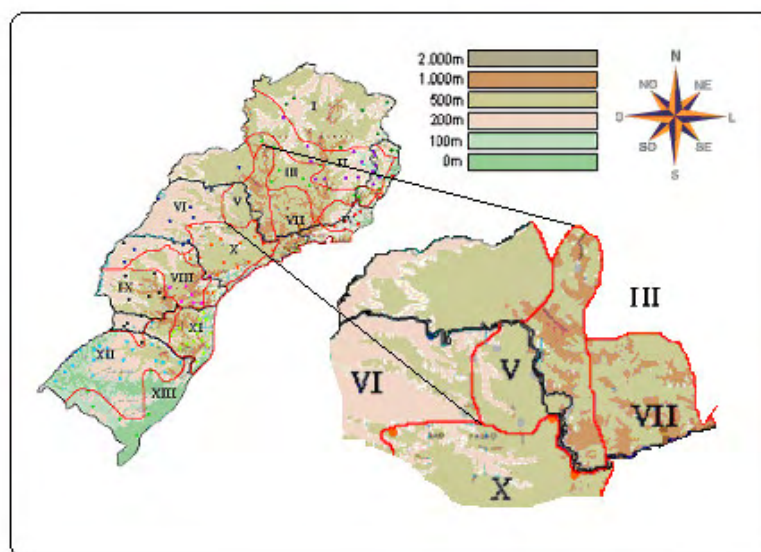


Figura 57: Estações pluviométricas e características do relevo – Área V.

Os principais rios que drenam esta área são: o Rio Grande, na divisa entre os estados de Minas Gerais com São Paulo e o Mogi-Guaçu no estado de São Paulo (Figura 58).



Figura 58: Hidrografia da Área V.

Esta área apresenta precipitação média de 1.530 mm ao ano e grande variabilidade sazonal, 28 mm em junho, e 256 mm em dezembro.

Esta região é dominada pela continentalidade e fatores estáticos, principalmente a orografia. Verifica-se que o quarto trimestre (568 mm) e o primeiro (641 mm) são os mais chuvosos e contribuem com, respectivamente, 38,5% e 43,5% do total anual da precipitação. A intensidade das chuvas é a mesma para os meses de dezembro e janeiro (em média 262 mm), acumulando mais de um terço (36%) do total anual das chuvas nesta região. Os meses mais secos continuam sendo no período de inverno (junho, julho e agosto), contribuindo com 1,8% (73,9mm) para o total anual (Figuras 59 e 60).

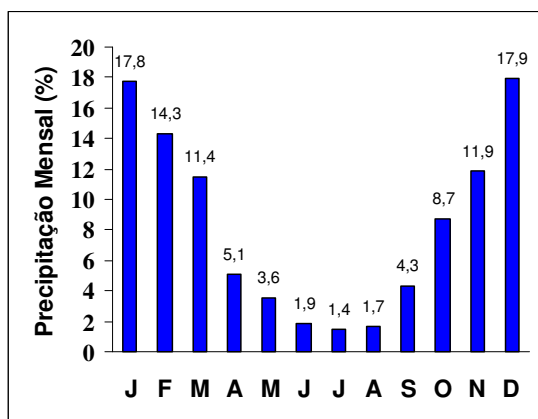


Figura 59: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área V.

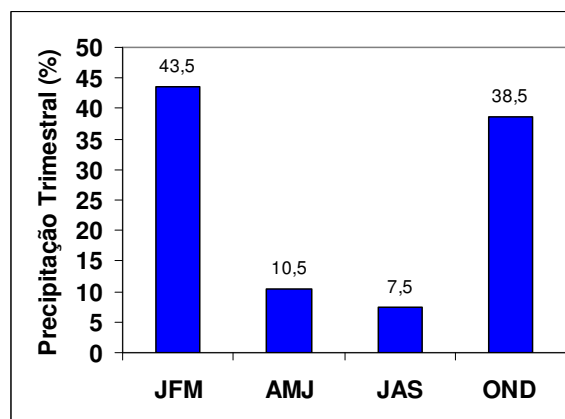


Figura 60: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área V.

Garcia et al. (2002) utilizando dados de precipitações diárias do período de 1992 a 2001, para cidade de Ituverava (SP), observaram uma média total anual de precipitação de 1490 mm. A estação úmida estende-se de novembro a março e contribui com 77% do total anual, e a estação seca estende-se de abril a outubro e perfazem os restantes 23% da precipitação anual da região. A variação sazonal da precipitação mostra que o verão contribui com 55%, o outono com 19%, o inverno com 2% e a primavera com 24%, do total anual. A maior contribuição pluviométrica ocorre no mês de janeiro (21% das chuvas anuais) e a menor ocorre no mês de julho (0,2% das chuvas anuais). Durante o período de 1992 a 2001 as maiores cotas de precipitações foram observadas em fevereiro de 1995 (553 mm) e janeiro de 2000 (558 mm), no município de Ituverava.

- Área VI: Planalto Arenito-Basáltico

A Área VI é formada pela região oeste do estado de São Paulo, a região do Triângulo Mineiro e a região noroeste do estado do Paraná (Figura 61).

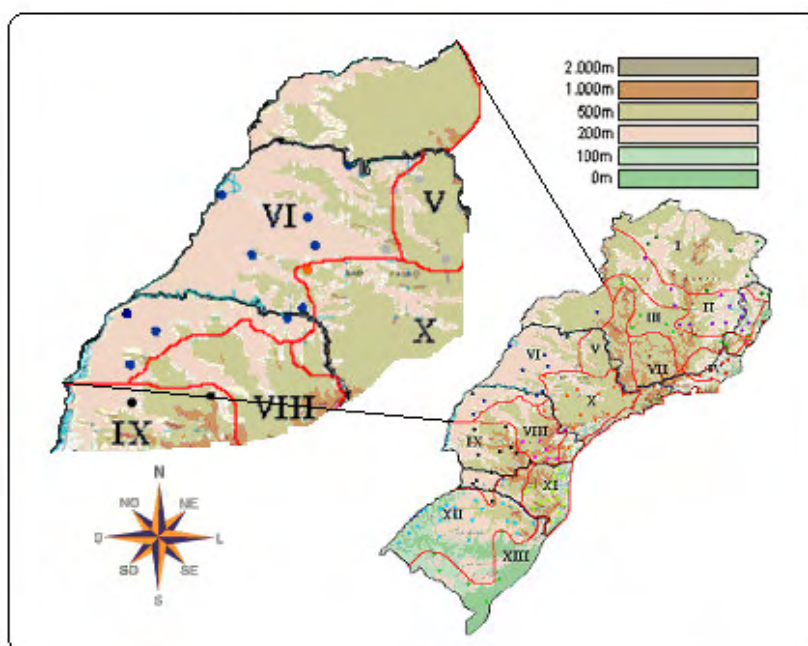


Figura 61: Estações pluviométricas e características do relevo – Área VI.

Com uma altitude média de 441 m ($CV=45,45\%$), esta faixa de terras apresenta o relevo pouco acidentado, ligeiramente declinado no sentido leste-oeste. Suas altitudes variam entre 250 m, município de Porto Paraíso do Norte (PR) e 950 m, município de Santa Juliana (MG).

Esta área está inserida na extensa unidade geomorfológica do Planalto Ocidental (Planalto Arenito-basáltico), que abrange, aproximadamente, 50% do território do estado de São Paulo. Estendendo-se, na direção oeste deste estado, a partir da Serra de Botucatu, esta unidade engloba inclusive os planaltos das regiões de Marília, Catanduva e Monte Alto (Figura 62).



Figura 62: Unidades geomorfológicas do estado de São Paulo.

Estas unidades geomorfológicas podem ser visualizadas com o auxílio do mapa proposto por Almeida (1964) e modificado por Villa (2002) *apud* Criscuolo et al. (2006). Toda parte territorial da Área VI localizada no estado do Paraná pertence ao Terceiro Planalto (Figura 63)¹⁹.

O Terceiro Planalto (Planalto de Guarapuava) localiza-se na região oeste do Paraná; a oeste da Serra da Esperança, ocupa 2/3 de sua superfície e possui um relevo (sedimentos mesozóicos) uniforme e rico em terra roxa. Trata-se do derrame de rochas eruptivas (basaltos, diabásios e meláfiros) e de depósitos de arenitos (Botucatu e Caiuá) da era Mesozóica.

¹⁹ Ver caracterização geográfica da Área VIII, para uma descrição mais completa do relevo do estado do Paraná.

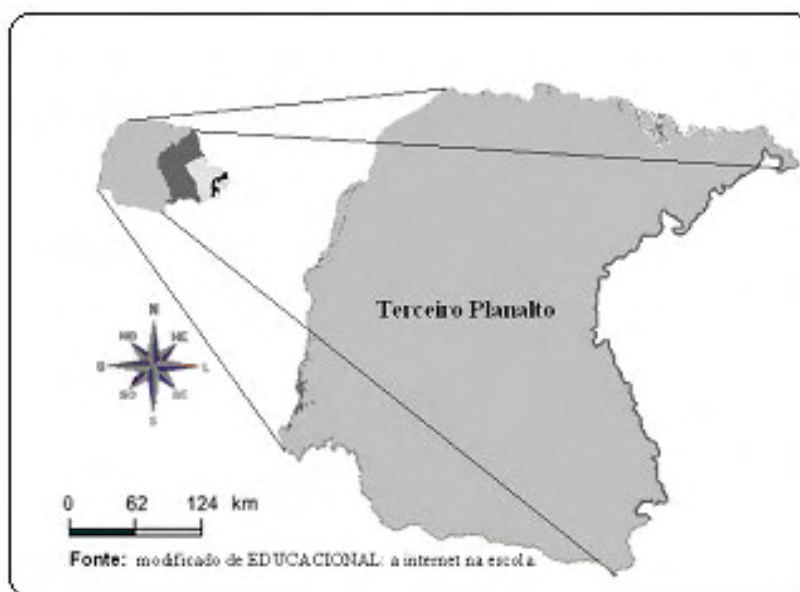


Figura 63: Unidade fisiográfica Terceiro Planalto, estado do Paraná.

Tomando-se, como base, os rios Paraná, Iguaçu, Ivaí, Tibagi, Paranapanema e Piquiri, pode-se dividir o Terceiro Planalto em cinco blocos: Planalto de Cambará e São Jerônimo, Planalto de Apucarana, Planalto de Campo Mourão, Planalto de Guarapuava e Planalto de Palmas (Figura 64).



Figura 64: Hidrografia da Área VI.

O Planalto de Cambará e São Jerônimo da Serra situa-se no nordeste do estado, entre os rios Tibagi, Paranapanema e Itararé. Suas altitudes variam entre 1.150 m (serra da Esperança) e 300 m (rio Paranapanema). Entre os rios Tibagi, Paranapanema, Ivaí e Paraná, está localizado o Planalto de Apucarana. Suas altitudes variam entre 1.125 m (serras do Cadeado e Bufadeira) e 300 m (rio Paranapanema). Na direção oeste (rio Paraná) não atinge mais que 235 m. O Planalto de Campo Mourão é o divisor natural entre, os rios Ivaí, Piquiri e Paraná. Em sua parte mais elevada (Serra da Esperança) atinge até 1.150 m de altitude, caindo para 225 m no Rio Paraná. Localizado na região sul do estado, o Planalto de Guarapuava divide os rios Piquiri e Iguaçu. Os pontos mais elevados (1.250 m) situam-se na escharpa, passando a 550 m nas serras do Boi Preto e de São Francisco, declinando a 197 m no Rio Paraná. O Planalto de Palmas é constituído pelas terras ao norte do divisor dos rios Iguaçu e Uruguai e suas altitudes variam entre 1.150 m e 300 m (Vale do Rio Iguaçu).

O Rio Paraná drena o Triângulo Mineiro, o oeste do estado de São Paulo, o Noroeste do estado do Paraná e a região Sul do Brasil, formando a Bacia do Paraná. Além deste rio, o Triângulo Mineiro é cortado pelos rios Grande, Paranaíba e Araguari. No oeste do estado de São Paulo destaca-se o Rio Tietê.

Com uma precipitação média anual de 1.327 mm, esta região consiste na terceira região mais seca da área de estudo. Para o estado de São Paulo, Nery et al. (2003) já haviam enfatizado este fato. Ao estudarem a distribuição da precipitação no estado de São Paulo observaram que as regiões noroeste e oeste compõem a área homogênea que apresenta menores níveis de precipitação pluvial do estado. Esta região sofre a influência da Massa Tropical Continental (Baixa do Chaco), principalmente no verão, e também das massas polares associadas a este fluxo.

O quarto (455,9 mm) e o primeiro (517,0 mm) trimestres contribuem, respectivamente, com 34,34% e 38,94%, respectivamente, do total da precipitação acumulada no ano. Os meses mais chuvosos, nesta região, são dezembro (198,3 mm) e janeiro (209,7 mm), contribuindo com 14,94% e 15,80% também do total de precipitação acumulado no ano (Figuras 65 e 66).

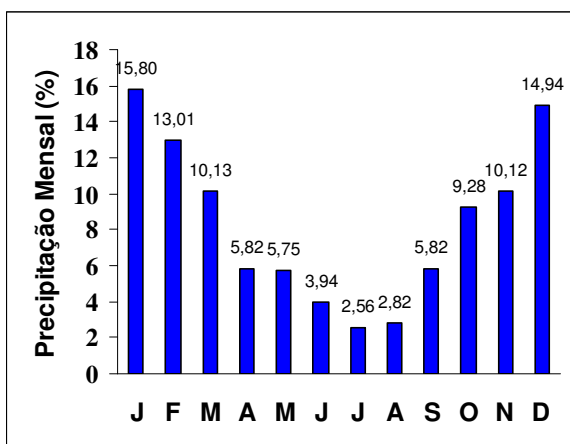


Figura 65: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área VI.

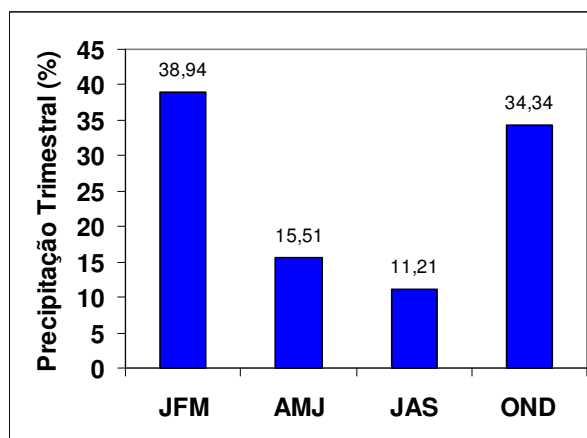


Figura 66: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área VI.

Silva et al. (2003), estudando séries mensais e anuais de precipitação da cidade de Uberaba (MG), para o período de 1914 a 2000, observaram que o total anual médio de precipitação é de 1584 mm. A estação seca, na cidade de Uberaba, ocorre nos meses de maio a setembro e os meses chuvosos estendem-se de outubro a abril. O mês de agosto é o mais seco e contribui com menos de 1% (12,5 mm) sobre o total anual acumulado, enquanto janeiro (283 mm) é o mês mais chuvoso da série, contribuindo com de 18%.

- Área VII: Vale do Paraíba

As áreas compreendidas pela região administrativa de São José dos Campos (RASJC), o sul de Minas Gerais, toda a região sul do estado do Rio de Janeiro (RJ), bem como o litoral do estado de São Paulo formam a Área VII (Figura 67).

Os pontos extremos de altitudes observados para esta área, variam entre 360 m (município de Volta Redonda - RJ) e 1.501 m (município de Campos do Jordão - SP). Destacam-se ainda, por suas elevadas altitudes, os municípios de Resende (RJ), com 1.460 m de altitude e Alagoa (MG), com 1.036 m. Esta região está inserida na unidade geomorfológica do Planalto Atlântico, caracterizado por uma faixa de rochas cristalinas que estende-se pela região sul do estado de São Paulo até a região nordeste, na divisa com o estado de Minas Gerais (Campos do Jordão).

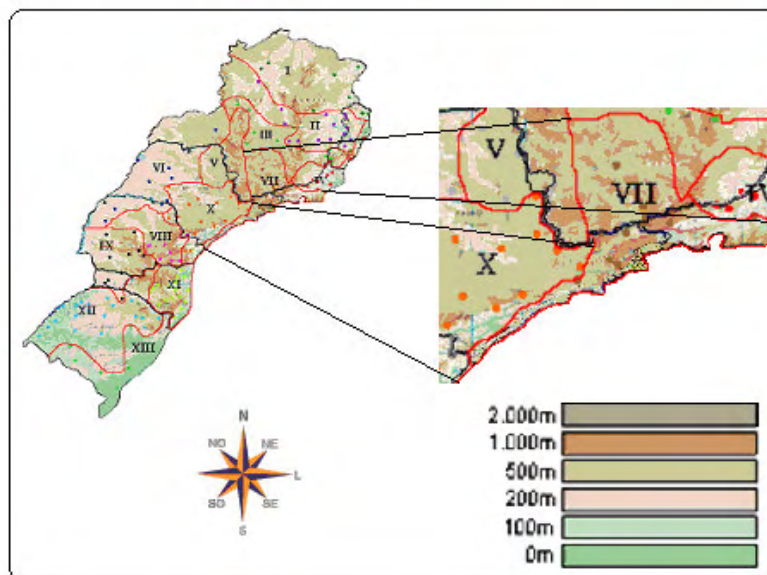


Figura 67: Estações pluviométricas e características do relevo – Área VII.

A porção oeste da Serra do Mar chega a atingir, aproximadamente 1.000 m de altitude, e no interior ela decai gradativamente. Na Serra da Mantiqueira localiza-se a Pedra da Mina sendo o ponto de maior altitude (2.770 m) do relevo paulista. Ao adentrar a região sudoeste do estado do Rio de Janeiro, ainda, na Serra da Mantiqueira, localiza-se o ponto mais elevado do estado, o Pico das Agulhas Negras, com uma altitude de 2.787 m de altura. No noroeste deste, a Serra da Mantiqueira atinge altitudes médias acima de 800 m, porém, ao atingir o Vale do Rio Paraíba do Sul, não atinge mais que 250 m de altitude.

Integra, também, ao relevo desta região a estreita faixa entre a Serra do Mar e o oceano (Planície Litorânea). A Serra do Mar inicia ao norte do estado de Santa Catarina e prolonga-se por todo o litoral do estado do Rio de Janeiro.

A parte litorânea do estado do Rio de Janeiro é mais conhecida como Baixada Fluminense e ocupa, aproximadamente, metade da sua superfície. Começa com uma faixa estreita e torna-se bem mais larga na direção Oeste, até o Rio Macacu. Na região deste rio a altitude chega a 1.700 m e nos maciços da Tijuca e da Pedra Branca (perímetro urbano da cidade do Rio de Janeiro), observam-se altitudes da ordem de 1.000 m. À medida que caminha-se da Baía da Guanabara em direção a Cabo Frio, podemos avistar os maciços litorâneos fluminenses, pequenas elevações, com altitudes variando de 200 m a 500 m.

precipitação. Os três meses mais secos do ano (junho, julho e agosto) contribuem com apenas 6,4% (Figuras 69 e 70).

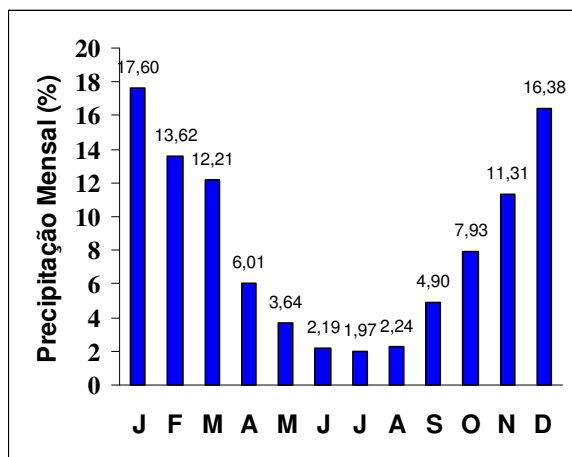


Figura 69: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área VII.

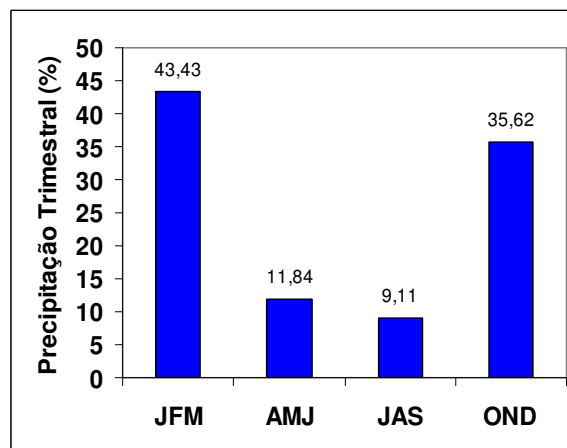


Figura 70: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área VII.

Vicente et al. (2002) estudaram eventos de precipitação superiores a 20mm/h no período da primavera-verão, entre os meses de setembro e março de 1990 a 1995, nas regiões de Campinas, Serra da Mantiqueira, Serra do Mar, grande São Paulo e Vale do Paraíba. Os autores concluíram que a maioria dos eventos teve início entre 13h e 15h (76%), sendo que 40% dos casos iniciaram-se na Serra da Mantiqueira, 24% na grande São Paulo, 23% na Serra do Mar e 10% na região de Campinas. Foi observado, que na maioria dos casos, a evolução máxima dos eventos se deu sobre a região da grande São Paulo (36%), seguido do Vale do Paraíba (23%), Serra do Mar (15%), e as regiões de Campinas e Serra da Mantiqueira (13%). A máxima evolução ocorre sobre a grande São Paulo devido à influência da ilha de calor urbana e da penetração da brisa marítima que intensificam a atividade convectiva nesta região, assim como no Vale do Paraíba. Já na Serra do Mar os eventos são modulados pela circulação marítima e pela orografia, enquanto na Serra da Mantiqueira, o efeito topográfico é a principal forçante.

- Área VIII: *Paraná Central*

A Área VIII é formada pela região central do estado do Paraná, limitada a sudoeste pela Serra Geral, que nesta região recebe as denominações de Serra do Urtiqueira e Serra da Esperança, e a sudeste, pelas serras de Itaiacoca e de Paranapiacaba (Figura 71).

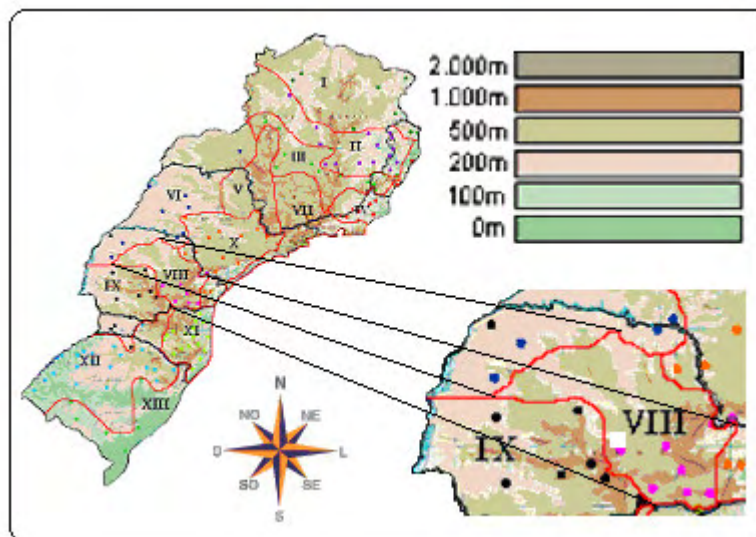


Figura 71: Estações pluviométricas e características do relevo – Área VIII.

O estado do Paraná é dividido em três planaltos: Primeiro Planalto, Segundo Planalto e Terceiro Planalto. O Primeiro Planalto Paranaense (Planalto de Curitiba) foi formado na era Pré-Cambriana. Inicia-se na Serra do Mar e estende-se na direção oeste, até a escarpa Devoniana (Purunã, Serrinha, Serra São Luíz, Santa Ana, Almas, Itaiacoca, São Joaquim, Taquara, Furnas, etc), onde as altitudes não atingem mais que 200 m. Divide-se em duas zonas: Zona Norte e Zona Sul. A Zona Norte (região Serrana de Açungu) apresenta o relevo mais acidentado, onde encontram-se as serras de Ouro Fino (1.050 m), da Bocaina (1.300 m), do Canha ou Paranapiacaba (1.300 m) e do Piraí (1.100 m). A Zona Sul corresponde ao Planalto de Curitiba, cuja altitude varia entre 850 m e 950 m (Figura 72).

O Segundo Planalto (Planalto de Ponta Grossa) é formado pelas unidades sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná. Trata-se da região ocupada pelos Campos

Gerais. Este planalto possui um relevo suavemente ondulado, apresentando um desnível no sentido leste-oeste.

No oeste é limitado pela escarpa Devoniana e chega a atingir altitudes em torno de 1.100 m e a leste tem como limite a Serra Geral (da Esperança, do Cadeado, dos Macacos, do Leão, Bufadeira, Fria, dentre outros). As menores altitudes do Planalto de Ponta Grossa são observadas na junção deste com o Terceiro Planalto, onde atingem altitudes entre 350 m e 560m. Os pontos extremos de altitude observados foram a estação pluviométrica de Capela da Ribeira, no município de Adrianópolis (PR), no oeste do estado, com 180 m de altitude e a estação pluviométrica Rio da Várzea, no município de Quitandinha (Paraná), com 810 m de altitude. A altitude média calculada para esta área foi de 647 m e a variabilidade (CV=33,38%) das altitudes observadas foram verificadas como baixas.

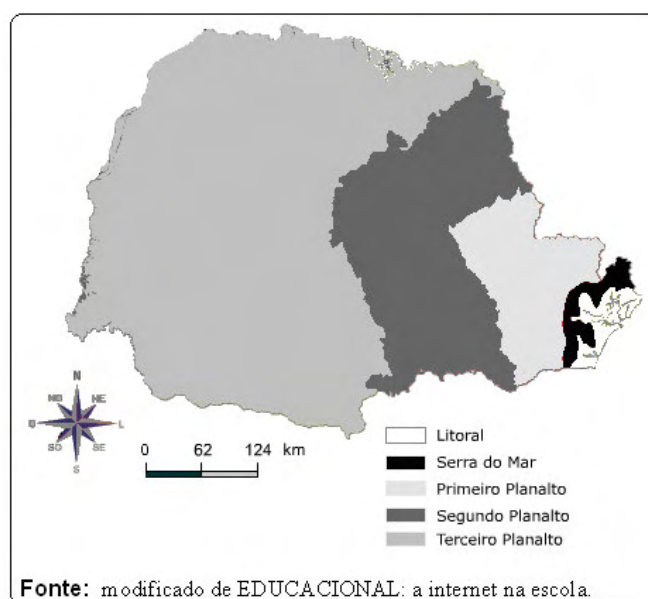


Figura 72: Unidades fisiográficas do estado do Paraná.

Nesta área estão situadas quatro, das sete cidades mais populosas do estado do Paraná: Curitiba, localizada no Primeiro Planalto, Ponta Grossa, localizada no Segundo Planalto e as cidades de Londrina e Maringá, ambas localizadas no Terceiro Planalto.

Curitiba, a capital, é a cidade mais populosa do estado e da região Sul, situa-se a 909 m de altitude e possui uma população de 1.587.315 habitantes.

A cidade de Londrina, a segunda cidade mais populosa do estado e a terceira cidade mais populosa da região Sul, situa-se no norte do estado, a 369 km da capital, a uma altitude 576 m e possui uma população de 480.000 habitantes.

Maringá é a terceira cidade mais populosa do estado, localiza-se no norte do estado, próxima a cidade de Londrina, situada a 554 m de altitude, com uma população de 313.465 habitantes. Possui um dos índices²⁰ de qualidade de vida mais elevados do país e é destaque pela quantidade de áreas verdes preservadas em seu perímetro urbano.

Ponta Grossa está situada a uma altitude de 975 m e sua população é de, aproximadamente, 309.572 habitantes. Seu clima é sub-tropical, úmido, mesotérmico. O clima é ameno no verão, com incidência de geadas no inverno, sendo a temperatura média no verão de 20°C e no inverno de 11°C.

A Área VIII é drenada pelos rios Ivaí e Tibagi (Figura 73). A bacia hidrográfica do Rio Ivaí possui uma área de drenagem de 36.622 km², percorrendo uma extensão de, aproximadamente, 680 km, até desaguar na margem esquerda do Rio Paraná. O Rio Ivaí é o maior do estado do Paraná e tem como principal formador o Rio dos Patos que nasce no Município de Prudentópolis (PR).

A Bacia do Rio Tibagi possui uma área de drenagem 24.712 km² e é o principal afluente do Rio Paranapanema na divisa, entre os estados de São Paulo e do Paraná. Situado numa zona úmida e temperada, com cerca de 550 km de extensão, pertence à Bacia do alto Rio Paraná.

²⁰ As dez primeiras posições do IDH são ocupadas, respectivamente, pelas seguintes cidades: Curitiba (0,856), Quatro Pontes (0,850), Pato Branco (0,849), Entre Rios do Oeste (0,847), Maripá (0,845), Maringá (0,841), Palotina (0,832), Marechal Cândido Rondon (0,829), Toledo (0,827) e Londrina (0,824).



Figura 73: Hidrografia da Área VIII.

Nesta área foi observada uma precipitação anual de 1.513 mm. As chuvas desta área são bem distribuídas, ao longo do ano: no primeiro trimestre 402,5 mm, no segundo 262,3 mm, no terceiro 268,7 mm e no quarto trimestre 353,6 mm. Cada trimestre, na ordem, contribui, respectivamente, com 31,3%, 20,4%, 20,9% e 27,5%. A distribuição das chuvas nesta área nos meses de janeiro (12,53%) e dezembro (10,52%) é semelhante à área anterior, cujos meses também são os mais chuvosos (Figuras 74 e 75).

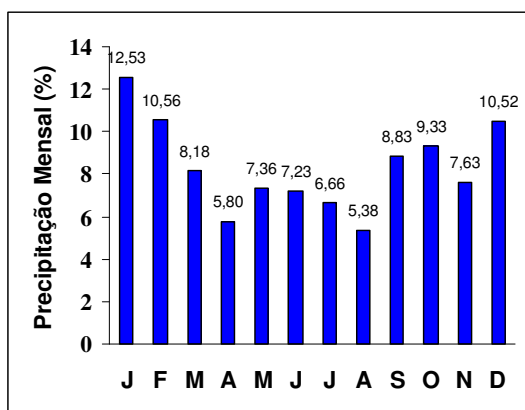


Figura 74: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área VIII.

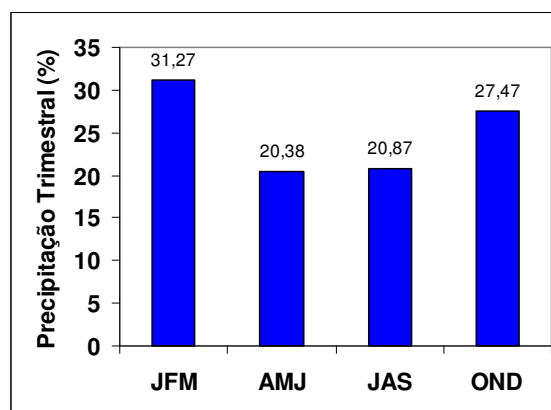


Figura 75: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área VIII.

Tommaselli et al. (2004), estudando a mesoregião geográfica Centro-Ocidental Paranaense (Figura 76), no período de 1976 a 2002, observaram que os valores médios anuais de precipitação variam de 2.050 mm na porção Sul desta área e diminuem para, aproximadamente, 1.450 mm (29%), no sentido norte/noroeste. Modulado pela orografia e pela circulação atmosférica regional (massa de origem polar, pela massa equatorial continental e tropical continental) esta área apresenta o verão chuvoso, o inverno quase sempre úmido, principalmente ao sul com dois meses secos (julho e agosto) na porção norte-noroeste.

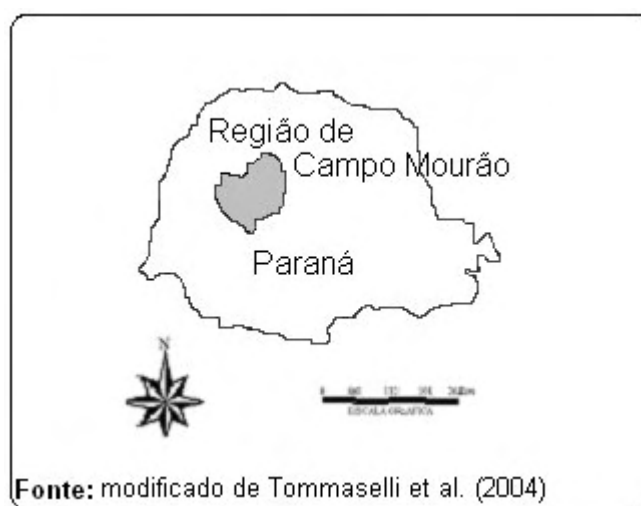


Figura 76: Mesoregião geográfica Centro Ocidental Paranaense.

Ribeiro et Lunardi (1997) utilizando dados diários de precipitação pluviométrica para o período de 1961 a 1994, para a cidade de Londrina, concluíram que a precipitação pluviométrica anual média é de 1.600 mm. Observaram que 66,6% do total de chuva do ano concentra-se no primeiro e quarto trimestres, sendo o mês de dezembro, o mais chuvoso, com uma contribuição de 14,5% para o total anual, e o mês de agosto o mais seco, contribuindo com apenas 3,3%. O ano mais chuvoso foi 1980, com um total de 2.228 mm e o ano menos chuvoso foi o ano de 1984, com um total de 1.108 mm.

Nos meses de maio, setembro e outubro ocorre a entrada de massas polares de moderada intensidade para o interior da região Sul do Brasil, que ao se chocarem com as massas tropical atlântica e tropical continental (mais aquecidas) ocasionam zonas de instabilidades aumentando as chuvas na região. No fim do inverno e começo da primavera

ainda há uma intensa atividade dos anticiclones migratórios polares, enquanto no interior do país já começa a intensificar o aquecimento pela maior insolação, gerando grandes instabilidades tropicais responsáveis pelas chuvas (Tommaselli et al. 2004).

Segundo Cruz (2003) a precipitação média anual, na maior parte da região dos Campos Gerais (Figura 77) situa-se entre 1.400 mm e 1.600 mm. No entanto, no oeste de Ponta Grossa, parte dos municípios de Ipiranga, Teixeira Soares e no município de Imbituva, além do nordeste do município de Sengés, a precipitação varia entre 1.200 mm e 1.400 mm. No oeste de Palmeira, Porto Amazonas e extremo norte da Lapa e extremo oeste de Balsa Nova, além do sudoeste de Castro, as médias anuais são as mais elevadas e variam entre 1.600 mm e 1.800 mm. Na Escarpa Devoniana²¹, chove de 100 mm a 300 mm anuais a mais do que no Primeiro Planalto. As escarpas funcionam como bloqueio orográfico dos ventos marítimos úmidos do sudeste, nordeste e do leste e a Serra do Mar desvia os ventos alísios.

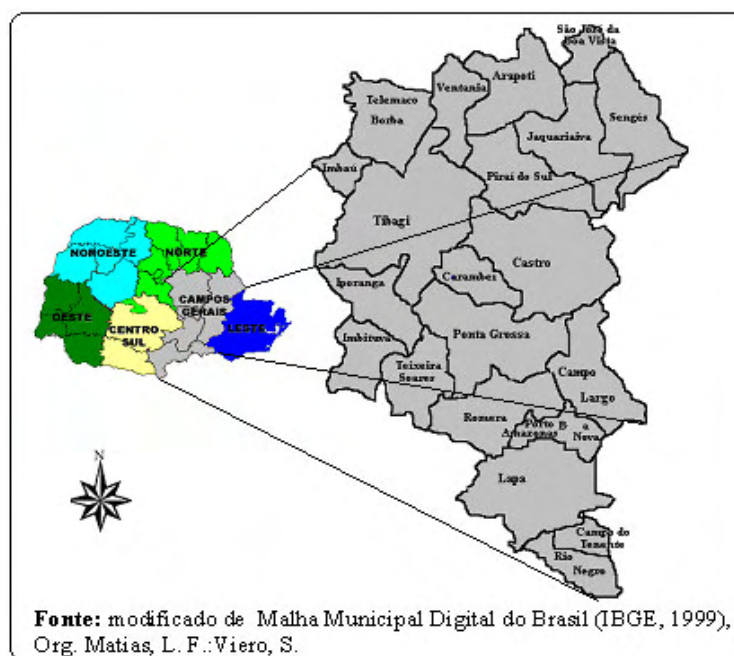


Figura 77: Campos Gerais do Paraná, divisão municipal.

²¹ A Escarpa Devoniana aparece nos mapas com diversas denominações de serras, tais como: Serrinha, São Luiz, Purunã, Santa Ana, Almas, Itaiacoca, São Joaquim, Taquara e Furnas.

- Área IX: *Bacia do Chapecó-Iguaçu*

A área IX é formada pela região Sudoeste do estado do Paraná e pelo meio-oeste do estado de Santa Catarina. Esta região é cortada pela Serra Geral que ao norte (Estado do Paraná) recebe os nomes de Serra do Chagu, Juquiá e da Esperança, ao sul recebe os nomes de Serra Capanema, da Fartura e Taquara Verde e ao adentrar em Santa Catarina, passa a receber o nome de Serra do Espigão. A Serra Geral tem início no oeste da Depressão Periférica (Estado de São Paulo) e prolonga-se até o Rio Grande do Sul. No meio-oeste, as altitudes variam entre 800 m e 1.500 m e à medida que caminha-se na direção oeste, as altitudes vão diminuindo até atingirem, aproximadamente, 200 m no extremo Oeste (Figura 78).

A menor altitude (152 m) observada para esta área foi para a estação pluviométrica Salto Cataratas, situada no município de Foz do Iguaçu (PR), e a maior altitude (960 m) observada foi para a estação pluviométrica de Leonópolis, no município de Inácio Martins (PR). A altitude média observada para esta área foi de 555 m (CV=50,74%).

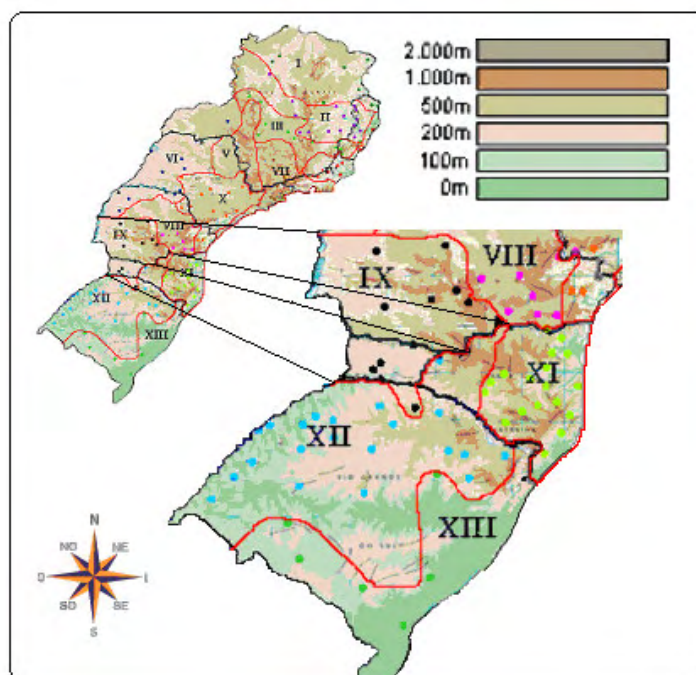


Figura 78: Estações pluviométricas e características do relevo – Área IX.

Esta área situa-se entre os rios Piquiri e Iguaçu, na parte oeste do estado do Paraná, abrangendo, também, a região do Rio Chapecó, no oeste do estado de Santa Catarina (Figura 79). O Rio Piquiri nasce no Terceiro Planalto (Paraná) e possui 485 km de extensão. O Rio Iguaçu nasce no Planalto de Curitiba, próximo à Serra do Mar e percorre uma extensão de 1200 km, até desaguar no Rio Paraná. No Rio Iguaçu localiza-se a Hidrelétrica de Itaipu, grande produtora de energia (12,9 milhões de kW) e as Cataratas do Iguaçu com 2.700 m de largura e quedas d'água de 70 m. O Rio Chapecó pertence à Bacia Platina e é o principal tributário das águas que alimentam os rios Iguaçu e o Uruguai.



Figura 79: Hidrografia da Área IX.

A Área IX apresenta as maiores precipitações anuais (1.830 mm) da área de estudo. Nesta área, as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, embora o terceiro trimestre (360 mm) apresente uma contribuição (21,40%), em média, 7% abaixo do quarto trimestre (475 mm), o mais chuvoso. Os meses mais secos julho (110 mm) e agosto (102 mm) contribuem, praticamente, igualmente (6,5%) para o total anual (Figuras 80 e 81).

Nesta área situa-se a cidade de Cascavel que apresenta uma média pluviométrica de 2.011 mm. A variação da precipitação pluviométrica deste município é considerada propícia ao cultivo anual de diversas plantas, porém o excedente hídrico total da região é de somente 1.082 mm, ou seja, há uma deficiência hídrica quando considerado todo o

ciclo. O maior excedente hídrico ocorre no mês de maio (168 mm) e o menor ocorre no mês de março com 51 mm (Amorim et al., 2002).

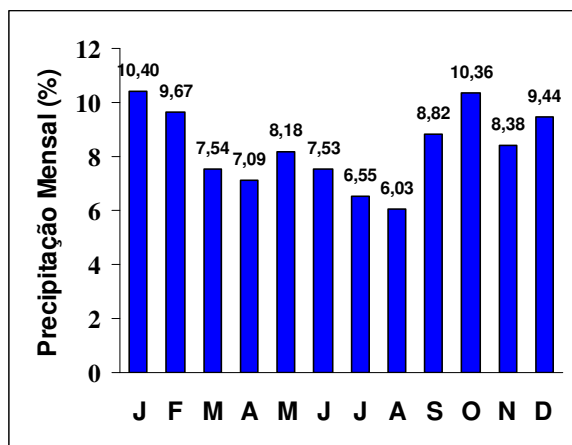


Figura 80: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área IX.

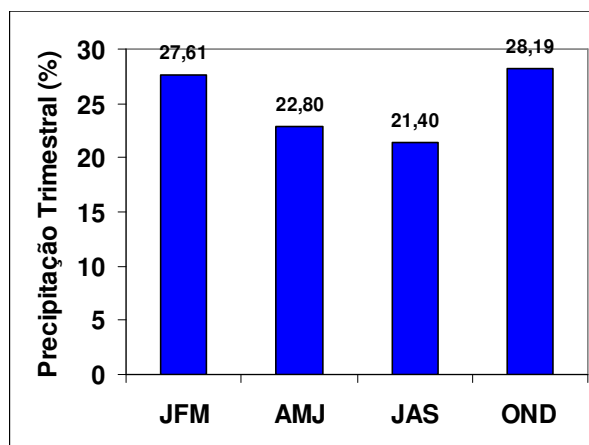


Figura 81: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área IX.

Considerando microregiões, dentro desta área, observa-se variações no nível de precipitação. É o que mostra Azevedo et al. (2002). Utilizando como base séries de precipitação pluviométrica para a Bacia do Rio Iguaçu (Figura 82), no período de 1965 a 2002, concluíram que a precipitação média anual nesta região é de 1.800 mm. Baseando-se nos resultados de uma Análise de Cluster (Método de Ward e Distância Euclidiana) os autores propõem considerar três grupos homogêneos de regime de precipitação para a bacia, a saber Grupo 1: à montante da bacia, com média anual de 1.700 mm; Grupo 2: parte central da bacia (altitude mais elevada) e à jusante (mais baixas altitudes), com média de 1.800 mm e Grupo 3: a sudoeste da bacia (altitudes de 500 m a 800 m), com média anual de 1.900 mm. Os grupos dois e três pertencem, aproximadamente, a Área IX. A área ocupada pelo grupo 1 pertence a Área X e suas características serão discutidas posteriormente.

Outro exemplo importante é assinalado por Souza et al. (2003). Estudando a precipitação pluvial da região centro-sul do estado do Paraná (Figura 83), no período de 1966 a 1997 concluíram que esta área apresenta variabilidade espacial e interanual importantes. O município de Clevelândia apresenta um nível anual de precipitação de 2.135

mm (CV=22%) e Santa Clara de 1.780,4 mm (CV=26%); estas precipitações são significativamente maiores que nas demais cidades, embora as altitudes dessas estações não sejam maiores que as de outras estações analisadas.

Parte das chuvas que ocorrem na Área IX são em função da orografia. Pode-se confirmar este fato com base nos resultados de Beneti et al. (2004). Estudando os efeitos geográficos e orográficos na incidência de descargas atmosféricas no Paraná, para o período de 1996 a 2001, concluíram que a incidência das descargas possui uma grande variação espacial. Os valores médios observados para o estado são menores de 5 raios/km²/ano, enquanto no Vale do Rio Ribeira do Iguape²² e nas encostas a oeste da Serra Geral são encontrados valores maiores de 10 raios/km²/ano. A Bacia do Rio Paraná e a região do Lago de Itaipu, também apresentam altas frequências de distribuição de descargas atmosféricas, sobretudo durante os meses de agosto a setembro, porém inferiores aos encontrados na Serra Geral e Vale do Ribeira.

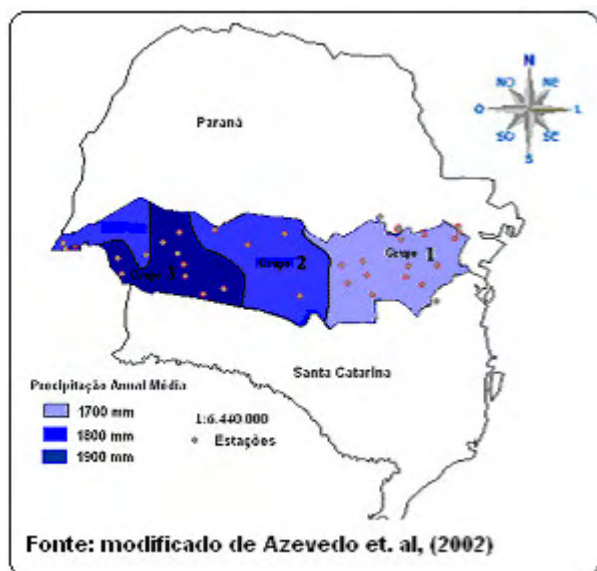


Figura 82: Bacia do Rio Iguazu.



Figura 83: Região Centro Sul do estado PR.

²² A forte densidade de descargas atmosféricas na região do Vale do Ribeira ocorre em função da associação, entre a circulação do ar e a orografia das encostas que, intensifica a instabilidade atmosférica na região, sobretudo nos meses de primavera e de verão. Embora, o Vale do Ribeira e o litoral apresentem altos índices de precipitação anual, a densidade de descargas atmosféricas nestas regiões é baixa em função, da maior parte da precipitação, estar associada à circulação marítima (nuvens estratiformes).

Área X: São Paulo Sul

A Área X agrupa a parte oriental do estado de São Paulo, salvo seu litoral, e a porção leste do estado do Paraná, incluindo seu litoral (Figura 84). No estado de São Paulo, parte desta área situa-se na depressão Periférica (zona do Mogi-Guaçu, zona do médio Tietê e zona do Paranapanema). A depressão Periférica é formada por rochas sedimentares antigas, possui o relevo, ligeiramente, ondulado, com altitudes variando entre 600 m e 800 m. Outra parte situa-se na faixa, mais estreita, do Planalto Atlântico, onde está inserida a Serra do Mar, que separa o Planalto Atlântico da planície costeira. A planície litorânea é formada por terrenos sedimentares e nesta área estão localizadas a baixada Santista e a Ribeira do Iguape. A Serra do Mar é composta por duas seções. A primeira, começa em Santos e vai até a divisa com o estado do Rio de Janeiro e a segunda tem início em Santos e vai até a divisa com o estado do Paraná.

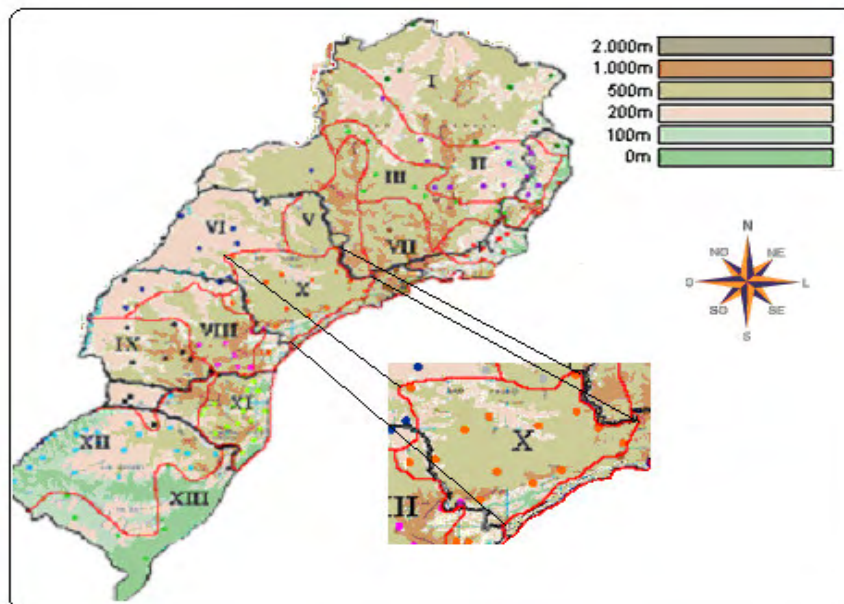


Figura 84: Estações pluviométricas e características do relevo – Área X

O Planalto Atlântico (planalto Cristalino) inicia-se no oeste da Serra do Mar, onde atinge, aproximadamente, 1.000 m de altitude. No percurso no sentido litoral-

interior, a altitude diminui variando de 100 m a 500 m ao atingir a Depressão Periférica. Ao norte esta área é limitada pela Serra da Mantiqueira (1.200 m), a Serra de Campos do Jordão (2.000 m) e o maciço de Itatiaia (2.000 m).

No estado do Paraná, a porção de terras pertencente a Área X localizada no litoral. O litoral paranaense apresenta uma parte montanhosa (morros isolados, cadeias de morros e as encostas da Serra do Mar), formada por rochas cristalinas, granitos e gnaisses. Em algumas localidades apresenta a forma de escarpa (Graciosa e Farinha Seca), em outras, a forma de serras (Capivari Grande, Virgem Maria, Órgãos, Marumbi). A outra parte em forma de planície (baixada Costeira), é formada por areias e argilas com larguras variando entre 10 km e 20 km e altitudes variando entre o nível do mar e 10 m.

As altitudes extremas observadas para esta área foram 900 m (estação pluviométrica de Piraquara), no município de Piraquara (PR)²³ e o nível do mar (estação pluviométrica de Jucituba), no município de Jucituba (SP). A altitude média observada para a Área X foi de 484 m.

O principal Rio que drena o estado de São Paulo é o Rio Paraná e junto com seus afluentes (Paranapanema, Peixes, Tietê, Aguapeí e Rio Grande) ele forma a Bacia do Paraná (Figura 85).



Figura 85: Hidrografia da Área X.

²³ O município de Piraquara é rico em mananciais, área de proteção ambiental e responsável por 80% do abastecimento de água da grande Curitiba.

Neste área destacam-se dois importantes afluentes do Rio Paraná, o Rio Tietê e o Rio Paraíba do Sul. Além destes rios, esta região é cortada ao norte pelo Rio Mogi-Guaçu, afluente do Rio Grande, na divisa do estado de São Paulo com Minas Gerais, e o Rio Ribeira do Iguape, que corta a Serra do Mar formando a baixada litorânea. No estado do Paraná, o Rio Tibagi drena parte desta área. Este nasce nos Campos Gerais e possui uma extensão de 550 km, sendo o maior afluente do Rio Paranapanema.

A precipitação anual média observada na área foi de 1.460 mm. O período chuvoso nesta área concentra-se no primeiro (532 mm) e quarto (421 mm) trimestre do ano, com contribuições à precipitação anual de 39,92% e 31,54%, respectivamente. Há dois períodos bem marcados: um seco e outro chuvoso. Os meses de janeiro (210 mm) e dezembro (181 mm) são os mais chuvosos e os meses de junho (59 mm), julho (47 mm) e agosto (44 mm), os mais secos (Figuras 86 e 87).

A Depressão Periférica, onde se situa boa parte da Área X, apresenta relevo com altitudes variáveis entre 600 m e 800 m, sendo constituído por rochas sedimentares antigas, caracterizando-se como uma área de transição de sistemas convectivos e frentes frias, sobretudo na primavera e verão. Neste sentido, esta região é modulada pela continentalidade, pelo efeito das massas polares e pela orografia.

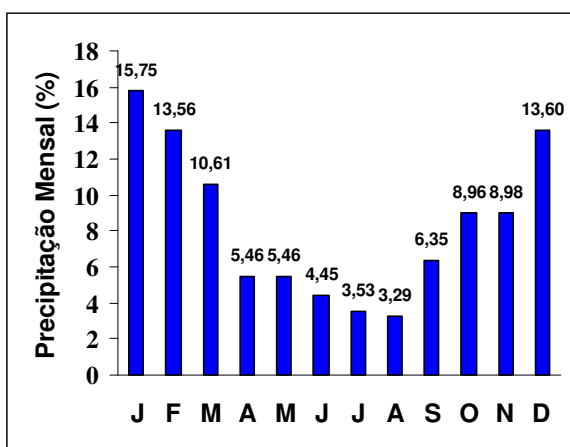


Figura 86: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área X.

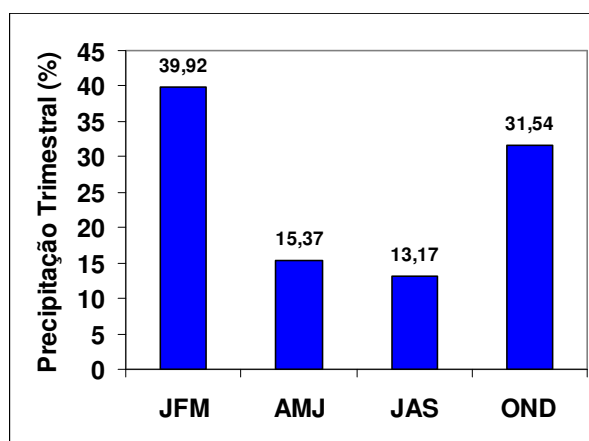


Figura 87: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área X.

Escobar e Andrade (2005) utilizando a Análise de Componentes Principais (ACP) para estudar a relação entre padrões de pressão ao nível médio do mar e incursões de ar

frio em São Paulo, no período de 1960-2002, encontraram quatro padrões de circulação em superfície, que explicam 76,4% das incursões de eventos frios na cidade. O padrão mais comum de circulação explica 29,3% dos casos e trata-se do ingresso de uma frente fria com trajetória SE/NE e seu anticiclone pós-frontal ingressando no continente por latitudes próximas aos 47°S. O segundo padrão de circulação explica 21,8% dos casos e está associado a uma ciclogênese no Oceano Atlântico na altura da região Sul, que provoca advecção do ar mais frio desde o Sul. O terceiro padrão explica 18,7% e está associado com um intenso sistema de baixa pressão sobre o Oceano Atlântico com fortes ventos do Sul sobre a região estudada. O quarto modo padrão explica 6,6% e está associado a forte ciclogênese ao Leste da Argentina.

Área XI: Vale do Itajaí – Planaltos de Lages

Dividindo o estado de Santa Catarina ao meio, no sentido norte-sul, toda a porção a Leste forma a Área XI (Figura 88). Ao norte esta área é delimitada pela Serra do Mar, onde se encontra o Morro do Quiriri com, aproximadamente, 1.431 m de altitude e o Patamar de Mafra. A unidade geomorfológica do Patamar de Mafra situa-se na região Ocidental, ao Sul do município de Corupá e a Sudoeste do município de Jaraguá do Sul.

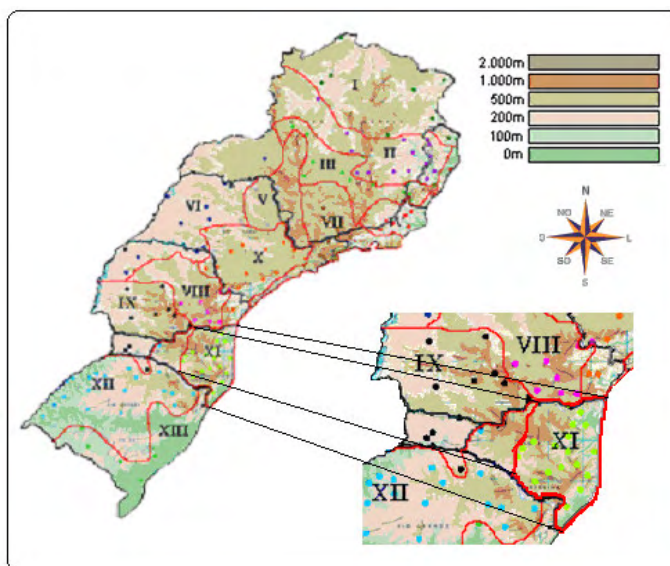


Figura 88: Estações pluviométricas e características do relevo – Área XI.

Esta região é pouco ondulada, com altitudes médias de 500 m. Na região oeste localiza-se o Planalto dos Campos Gerais onde se destaca o Morro do Capão Doce, com 1.340 m (Figura 89).

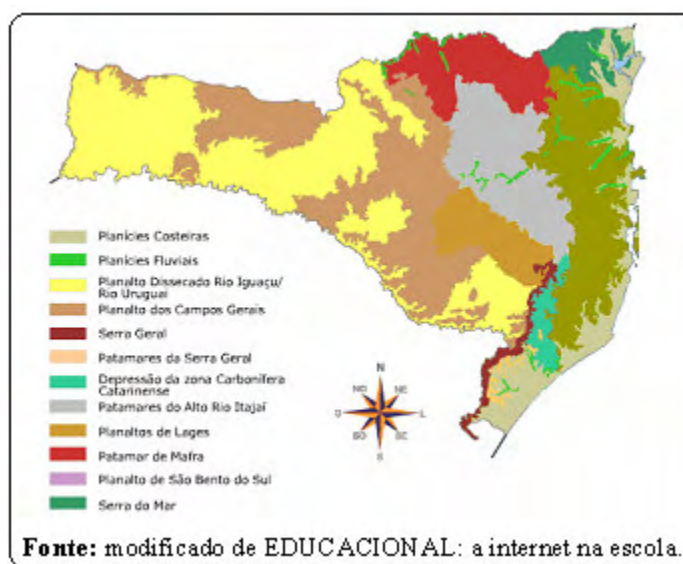


Figura 89: Unidades geomorfológicas do estado de Santa Catarina.

Ao sul encontra-se a Serra Geral, que dentre outros nomes, é também denominada de: Serra do Mirador, de Itajaí, dos Faxinais e da Boa Vista. Destacam-se, nesta área, dois pontos culminantes, o Morro da Boa Vista (1.827 m), o mais elevado, situado na Serra da Anta Gorda, e o Morro da Igreja com 1.822 m. A região central é ocupada pelos Patamares do Alto Itajaí onde se encontra o Morro do Spitzkopf, com 1.062 m de altitude.

O litoral do estado de Santa Catarina é dividido em três secções: litoral norte, central e sul. O litoral norte estende-se da Barra do Rio São Francisco até a Barra do Itapocu, onde há o predomínio de uma extensa planície, interpolada por formações cristalinas (relevo cristalino); destaca-se nesta região a cidade de Joinville com uma população de 487.045 habitantes. O litoral Central inicia-se na Barra do Itapocu e prolonga-se até a Ilha de Santa Catarina. Destaca-se neste trecho a cidade portuária de Itajaí, com 164.950 habitantes e Florianópolis, grande centro turístico do Sul do país, com 396.778 habitantes.

No litoral sul destacam-se as cidades de Laguna (49.263 habitantes), Tubarão (94.292 habitantes) e Criciúma (185.519 habitantes)²⁴. A região do Patamar do Mafrá é drenada pelo Rio Cubatão, cujas nascentes estão na Serra do Mar e pelo Rio Itapocu e seus afluentes (Itapocuzinho, Piraí e Putanga), cuja área de drenagem é 2.930 km², sendo a mais importante da região (Figura 90).

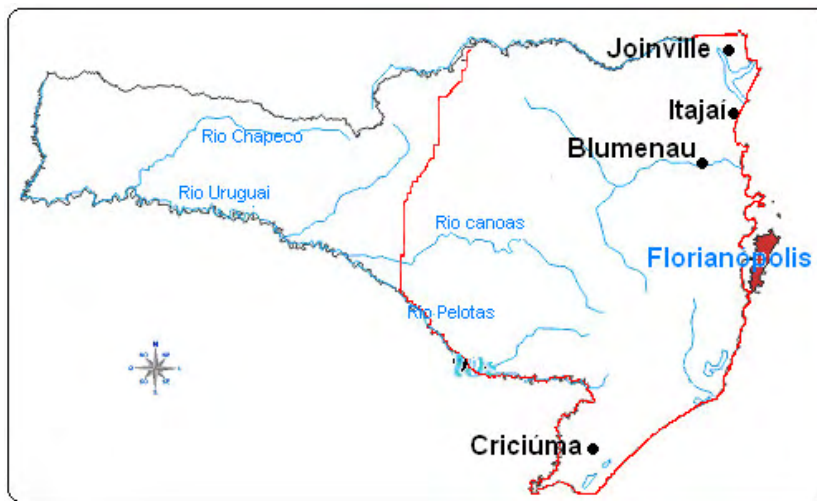


Figura 90: Hidrografia da Área XI.

Destaca-se nesta região o Rio Piraí que abastece a cidade de Joinville e o Rio Putanga, cujas várzeas são extremamente férteis e são empregadas no cultivo de arroz (MMA, 2006).

A altitude média observada na Área XI foi de 495 m com uma relativa variabilidade (CV=72,8%) altimétrica. A maior altitude observada foi de 1.196 m na estação pluviométrica de Painei, no município de Lages (SC), sudoeste do estado. A menor elevação (40 m) observada foi na estação pluviométrica de Major Gercino no município de Major Gercino (Santa Catarina), norte do estado.

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu tem como divisor a escarpa da Serra Geral e possui uma área de drenagem de 15.000 km² de extensão. O Rio Itajaí-Açu é formado pela junção dos rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste, além dos afluentes dos rios Itajaí

²⁴ Os municípios mais populosos do estado de Santa Catarina são: Joinville (487.045), Florianópolis (396.778), Blumenau (292.998), São José (196.907), Criciúma (185.519), Chapecó (169.256), Lages (166.732), Itajaí (164.950), Jaraguá do Sul (128.237), Palhoça (124.239). Estimativa da população, IBGE (2005).

do Norte (município de Ibirama) e Itajaí Mirim (município de Itajaí), e desemboca no Oceano Atlântico (divisa dos municípios de Itajaí e Navegantes). Outro importante divisor é a Serra do Espigão que separa as águas que rumam para o norte (Rio Iguaçu) daquelas que descem para o sudoeste em direção ao Rio Uruguai.

Esta região apresenta médias de precipitação anual de 1.588 mm. O período chuvoso nesta área concentra-se no primeiro (477,3 mm) e no quarto (402,2 mm) trimestres do ano, com contribuições à precipitação anual de 31,6% e 26,6%, respectivamente. Os meses de janeiro (174,8 mm) e fevereiro (173,1 mm) são os mais chuvosos. Cada um deles contribui com uma parcela de, aproximadamente, 11,5% para o total de precipitação acumulado no ano (Figuras 91 e 92).

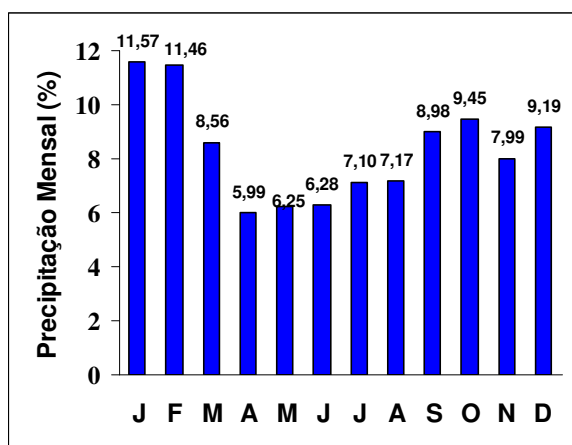


Figura 91: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área XI.

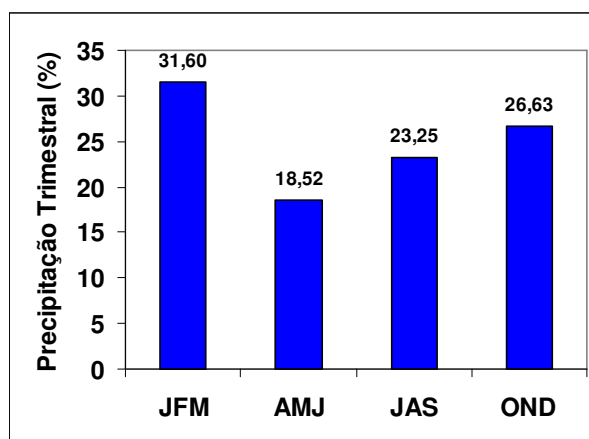


Figura 92: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área XI.

Esta área está sujeita a atuação da Frente Polar. Mendonça (2004), estudando efeitos locais dos mecanismos da circulação regional da região conurbada de Florianópolis, utilizando dados para o período entre janeiro de 1999 a março de 2000, observou que no verão ocorre o enfraquecimento do anticiclone migratório polar, no entanto, o mecanismo geral de circulação continua sendo desencadeado pela Frente Polar.

Baldo et al. (1998), caracterizando o regime de precipitação da Bacia do Itajaí, para o período de 1948 a 1988, observaram que o primeiro e o quarto trimestres foram

os mais chuvosos e que o segundo e terceiro trimestres apresentaram os menores valores de precipitação.

- Área XII: *Bacia do Uruguai*

O relevo do estado do Rio Grande do Sul está inserido metade no Planalto Meridional e a outra metade divide-se entre o Planalto Uruguaio-Rio-Grandense e as Planícies e Terras Baixas Costeiras.

A Área XII situa-se na parte meridional cobrindo uma estreita faixa da região central do estado de Santa Catarina e toda a região centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul, área equivalente à Bacia do Rio Uruguai (Figura 93).

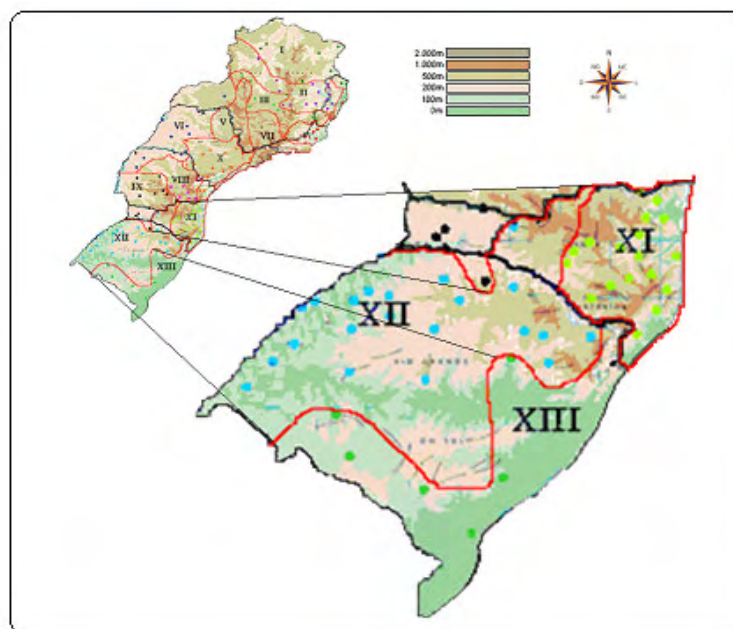


Figura 93: Estações pluviométricas e características do relevo – Área XII.

Ao norte (faixa central pertencente ao estado de Santa Catarina) é delimitada pela Serra Geral (serra do Espigão). Ao adentrar o estado do Rio Grande do Sul, no norte encontra-se a Coxilha²⁵ do Bom Jesus, com altitudes acima de 1.000 m e a Serra dos

²⁵s. f., Brasil, extensões onduladas de campinas; conjunto de campos com pequenas e grandes elevações.

Ausentes, com altitudes variando entre 500 m e 1.000 m, ambas situadas no Planalto de Uruguiana. No noroeste tem-se a Serra do Alto Uruguai (planalto das Araucárias), com altitudes variando entre 200 m e 500 m (Figura 94). Na metade meridional encontram-se as serras do Iguaçaba, do Iguariaça e do Boqueirão (Missões e Campanha Gaúcha), com altitudes variando entre o nível do mar e 200 m, onde se situam as bacias dos rios Ibicui e Jacuí. No sudoeste encontram-se as coxilhas de São Rafael e do Cravera, onde as altitudes variam entre 200 m e 500 m.

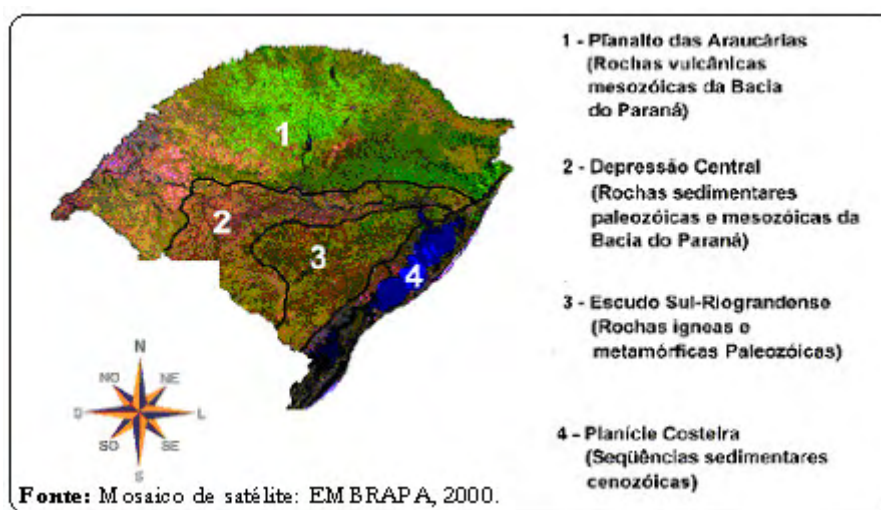


Figura 94: Principais unidades geomorfológicas do Rio Grande do Sul.

A altitude média observada para esta área foi de 284 m com uma forte variabilidade altimétrica ($CV=82,49\%$). Os pontos extremos de altitude observados localizam-se na estação pluviométrica de Dona Francisca (25 m), situada na Bacia do Rio Jacuí, e na estação pluviométrica de Sananduva (687 m), situada na Bacia do Apuaé-Inhanduva. A hidrografia do estado do Rio Grande do Sul divide-se basicamente em dois grupos de cursos d'água: os que vão em direção ao Rio Uruguai e os que caminham para o Oceano Atlântico. A Serra Geral é a principal divisora das águas que drenam o Rio Uruguai daquelas que seguem para o leste e deságuam no Oceano Atlântico. A maior parte da Área XII está inserida na bacia hidrográfica do Rio Uruguai (Figura 95).

A bacia hidrográfica do Uruguai é formada pelo Rio Uruguai, seus formadores e seus afluentes; ocupa uma área de, aproximadamente, 178.235 km^2 . O Rio

Uruguai possui uma extensão de 2.300 km e tem como principais afluentes os rios: Peperiguaçu, das Antas, Irani, Jacutinga, do Peixe, Canoas, Pelotas, Quaraí, Ibicuí, Ijuí, Chapecó e Chapecozinho.

Os rios Chapecó e Chapecozinho, juntos, formam o maior afluente do Rio Uruguai. As nascentes dos rios Taquari e Jacuí²⁶ situam-se no Planalto Médio que também pertence à Bacia do Rio Uruguai, no entanto, suas águas desembocam na Lagoa dos Patos.



Figura 95: Hidrografia da Área XII.

Os rios Quaraí e Ibicuí, situam-se no sudoeste (Campanha Gaúcha) divisa com o Uruguai e o Rio Ijuí, na região do Planalto (Missões). A Bacia do Quaraí ocupa uma área de 7.120 km², mas possui o nível d'água muito baixo, o que provoca, de tempos em tempos, eventuais secas. A maior bacia hidrográfica o estado do Rio Grande do Sul é a Bacia do Rio Ibicuí, com 36.398 km², situa-se na fronteira oeste do estado e irriga parte das regiões fisiográficas da Campanha, Missões e Depressão Central.²⁷

Nesta área observa-se a segunda maior cota de precipitação anual (1.787mm) da área de estudo. Embora o mês de outubro apresente uma contribuição (10,23%), ligeiramente maior que os outros meses do ano, no geral, as chuvas são bem distribuídas ao

²⁶ Maiores detalhes sobre os rios Taquari e Jacuí serão apresentadas, quando da descrição da hidrografia da Área XIII.

²⁷ Ver Figura 100 para melhor visualização.

longo do ano e contribuem em média com aproximadamente 25% por trimestre (Figuras 96 e 97).

Silva et al. (2004) utilizando 50 séries de precipitação pluvial da Bacia do Rio Uruguai, no período de 1972 a 2001, identificaram, através da Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP) e da Análise de Agrupamentos quatro áreas homogêneas de níveis de precipitação para a bacia (Figura 98). Foram observados valores de precipitação pluvial máxima no mês de outubro.

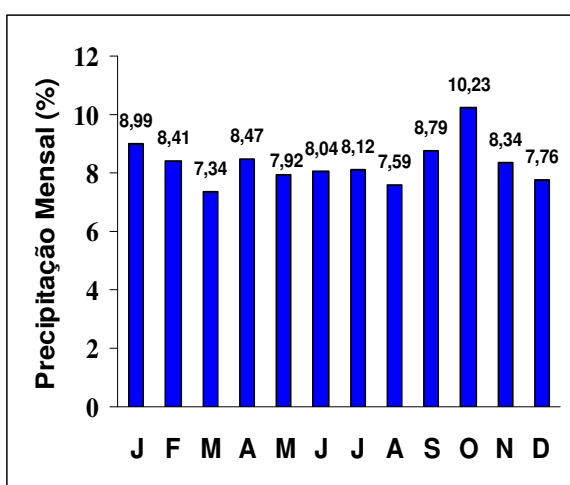


Figura 96: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área XII.

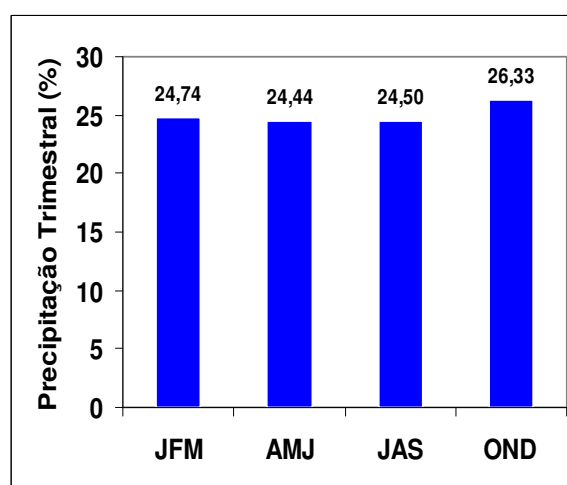


Figura 97: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área XII.

A propósito das quatro áreas homogêneas de níveis de precipitação delimitadas por Silva et al. (2004) tem-se nas nascentes do Rio Uruguai (Área 1), em média, cotas de precipitação em torno de 2.500 mm ao ano, com maior variabilidade nos meses de janeiro e fevereiro. No oeste de Santa Catarina, em altitudes de 800 m, as médias pluviométricas estão ao redor de 2.400 mm anuais (Área 2), com maior variabilidade entre os meses de março e abril. A região Sudoeste apresenta valores em torno de 1.300 mm (Área 3) e a maior variabilidade mensal ocorre entre os meses de setembro e outubro. Observam-se variações importantes em micro regiões da Bacia do Rio Ibicuí (Área 4), entre junho e julho. Nesta área a precipitação média anual chega a 1.600 mm.

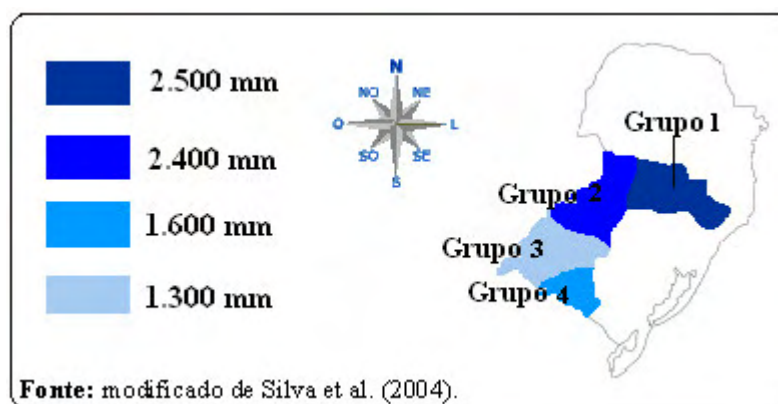


Figura 98: Precipitação pluviométrica anual na Bacia do Uruguai.

Embora a distribuição sazonal da precipitação do Rio Grande do Sul seja bem distribuída, Moreira e Assis (2002) trabalhando com séries anuais e mensais de precipitação pluviométrica, para o período de 1913 a 1998, mostraram que a o comportamento espacial da precipitação é bastante variável. Para a região da Campanha Gaúcha observaram precipitações pluviométricas máximas anuais variando entre 2.161 mm (Santana do Livramento) em 1998 e 2.742 mm (Uruguaiana) no ano de 1986. As precipitações mínimas anuais variaram entre 513 mm (Bagé) em 1917, e 964 mm (Alegrete) em 1943. A precipitação máxima mensal para a cidade de Alegrete (538,7 mm) ocorreu em abril de 1932 e para cidade de Bagé (575,5 mm) ocorreu no mês de abril de 1959. Para estas mesmas estações os valores pluviométricos mínimos foram alcançados nos meses de junho de 1925 (1,3 mm) e fevereiro de 1989 (1,1 mm). O maior total pluviométrico mensal, entre as cinco localidades, foi registrado em Uruguaiana (853,2 mm) em abril de 1986. Os menores valores mínimos ocorreram em Santana do Livramento (0,7 mm) em dezembro de 1939, e em Uruguaiana (0,6 mm) em agosto de 1948. A precipitação no estado do Rio Grande do Sul, geralmente, é bem distribuída ao longo do ano. No entanto, estes autores observaram ausência total de precipitação pluvial em Uruguaiana, em julho de 1951, e na cidade de São Gabriel, em outubro de 1924.

Sotério et al. (2005), estudando o regime de precipitação do estado do Rio Grande do Sul com base em 234 estações pluviométricas, para o período de 1976 a 2002, observaram que as precipitações variaram entre 1.137 mm e 2.130 mm. Os municípios de Barra do Quaraí (1137,3 mm), na Campanha Gaúcha (extremo Sudoeste) e Rio Grande

Regatas (1161,8 mm), no Litoral Sul²⁸, são os menos chuvosos do estado. Nesta região segue a fronteira com o Uruguai, onde a precipitação é inferior a 1.500 mm. Na região norte e no centro do estado os valores médios das precipitações aumentam gradativamente, apresentando, nas áreas mais elevadas do escudo, precipitações superiores a 1.600mm, por exemplo: o município de Erebangó, no Alto Uruguai (norte do estado), é o mais chuvoso com precipitações anuais de 2.129 mm.

- Área XIII: Serra Geral – Bacia do Rio Guaíba

A Área XIII distribui-se entre o planalto Uruguaio-Rio-Grandense e as planícies e terras baixas costeiras. O Pico do Monte Negro situado na unidade fisiográfica de Campos Gerais de Cima (região nordeste), com 1.403 m de altitude, é o ponto mais elevado do estado do Rio Grande do Sul (Figura 99).

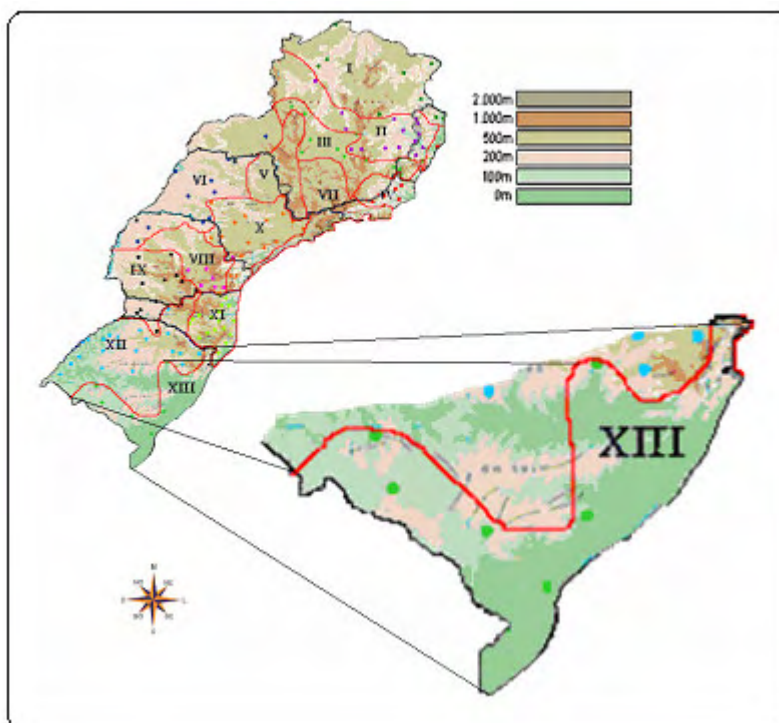


Figura 99: Estações pluviométricas e características do relevo – Área XIII.

²⁸ Esta localidade está inserida na Área XIII.

Destaca-se, também, na região nordeste, divisa entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nos municípios de Cambará do Sul (RS) e Praia Grande (SC), o Parque Nacional de Aparados, com 10.250 hectares e uma série de *canyons* com profundidades que podem chegar a 1.000 m. O mais conhecido, o *Canyon* do Itaimbezinho é o maior da América do Sul, possui 5.800 m de extensão, até 2.000 m de largura e atinge a profundidade de até 720 m. Segundo a classificação de *Köppen*, nesta região o clima é do tipo temperado, mesotérmico brando superúmido, sem seca e a precipitação varia entre 1.500 mm a 2.000 mm anuais (Meu Ambiente, 2006).

Logo abaixo, na região de Bento Gonçalves, Caxias do Sul, São Leopoldo, Nova Hamburgo (delimitada pelos rios da Anta e Taquari), situa-se a Encosta, com altitudes variando de 0 m a 200 m (Figura 100). Com início no nordeste do estado, a Serra do Mar se estende até a cidade de Porto Alegre, onde seguindo na direção oeste encontra-se a Depressão Central. Em Porto Alegre pode-se detectar, ainda, os últimos vestígios da Floresta Atlântica, na parte austral. No Sudeste do estado do Rio Grande do Sul localiza-se a unidade geomorfológica conhecida como Escudo Rio-Grandense. Trata-se de um bloco no formato de um "C", com as costas voltadas para a zona da Campanha e altitudes variando entre 200 m e 500 m. Nesta área está inserida parte da Campanha Gaúcha que se estende desde o município de Santana do Livramento (Sudoeste) até o município de Bagé.



Figura 100: Unidades fisiográficas do estado do Rio Grande do Sul.

As planícies litorâneas estendem-se do norte ao sul e chegam a medir até 600 km de extensão, com larguras variando entre 20 km e 50 km, mescladas por lagoas (dos Patos e Mirim), banhados (Banhado do Taim) e brejos. E o clima ?

No sul destacam-se a cidade de Pelotas por sua indústria de produtos alimentícios e a cidade de Rio Grande por seu porto e por suas indústrias químicas e alimentícias. A altitude média desta área é de 104 m, o ponto mais baixo observado situa-se na estação pluviométrica de São Lourenço do Sul (município de São Lourenço do Sul) e na Lagoa dos Patos com 2 m de altitude; e o ponto mais elevado situa-se na estação pluviométrica de Pinheiro Machado, com 440 m de altitude, no Rio Piratini (município de Pinheiro Machado). Em relação às altitudes, esta área apresenta a maior variabilidade (CV=138 %) dentro da área de estudo.²⁹

A Área XIII está localizada na Bacia do Atlântico - Trecho Sudeste. Esta bacia ocupa uma área de 223.688 km² e é mais extensa que a Bacia do Rio Uruguai. Os rios que deságuam na Lagoa dos Patos pertencem a esta bacia, sendo o Rio Jacuí, o mais importante e o maior do interior do estado do Rio Grande do Sul (Figuras 101).

O Rio Jacuí nasce próximo à cidade de Passo Fundo, a 730 m de altitude e deságua no Rio Guaíba, que por sua vez, deságua na lagoa dos Patos.³⁰ Os principais afluentes do Rio Jaci são: o Ibirubá, o Jacuí-Mirim, o Ivaí, o Vacacaí, o São Sepé, o Taquari, das Antas, Caí, o Sinos e o Gravataí. Vários rios situados no norte do estado, na Encosta Interior do nordeste e nos Campos de Cima da Serra são drenados pelos rios Taquari e pelo Rio das Antas (Figura 102). O Rio Jacuí é subdividido em duas seções: a parte baixa e a parte alta.

²⁹ A segunda maior variabilidade orográfica pertence a Área IV, com CV=137,75%.

³⁰ A lagoa dos Patos é a maior lagoa do Brasil, com 250 quilômetros de comprimento por 50 quilômetros de largura, recebe, cerca da metade, das bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul.



Figura 101: Hidrografia da Área XIII.

A bacia hidrográfica do Alto Jacuí ocupa uma área de 14.130 km² e é drenada pelos Rios Jacuí, Jacuí Mirim, Jacuizinho, dos Caixões, Ivaí e Soturno.

A bacia hidrográfica do Baixo Jacuí abrange uma área de 15.249,25 km² e situa-se nas regiões da Depressão Central (maior parte) e Encosta Inferior do Nordeste, onde predomina o cultivo do arroz.

A Bacia do Rio Guaíba, com 3.127 km², situada na Depressão Central e Encosta do Sudeste, junto com as bacias adjacentes a ela, tem um papel extremamente importante na economia sul riograndense (Figura 103).³¹

À beira do lago Guaíba³² situa-se o município de Porto Alegre a uma altitude média de apenas 10 m, com uma população de 1.5 milhão de habitantes. O clima de Porto Alegre é Subtropical úmido com quatro estações e a temperatura varia no verão, entre,

³¹ As sub-bacias que formam a Bacia do Guaíba e suas respectivas áreas em (km²) são: Gravataí (2.294), Lago Guaíba (3.127), Pardo (3.494), Sinos (4.369), Caí (4.935), Vacacaí-Vacacaí-Mirim (10.873), Alto Jacuí (14.130), Baixo Jacuí (15.249) e Taquari-Antas (26.277).

³² O Lago Guaíba, possui uma área de 496 km² e uma orla fluvial de 72 km de extensão.

25°C e 35°C e no inverno, entre 2°C e 15°C. Porto Alegre, junto com os municípios de Cachoeirinha, Canoas, Caxias do Sul, Esteio, Gravataí, Nova Hamburgo, São Leopoldo e Viamão, formam o maior pólo industrial da região Sul.

O Rio Grande e o Rio Tramandaí, também, são importantes para esta região, pois são escoadouros da lagoa dos Patos. O Rio Grande recolhe as águas da Serra do Sudeste, enquanto o Rio Tramandaí recolhe as águas da vertente oceânica da Serra Geral (litoral e Encosta Interior do Nordeste).

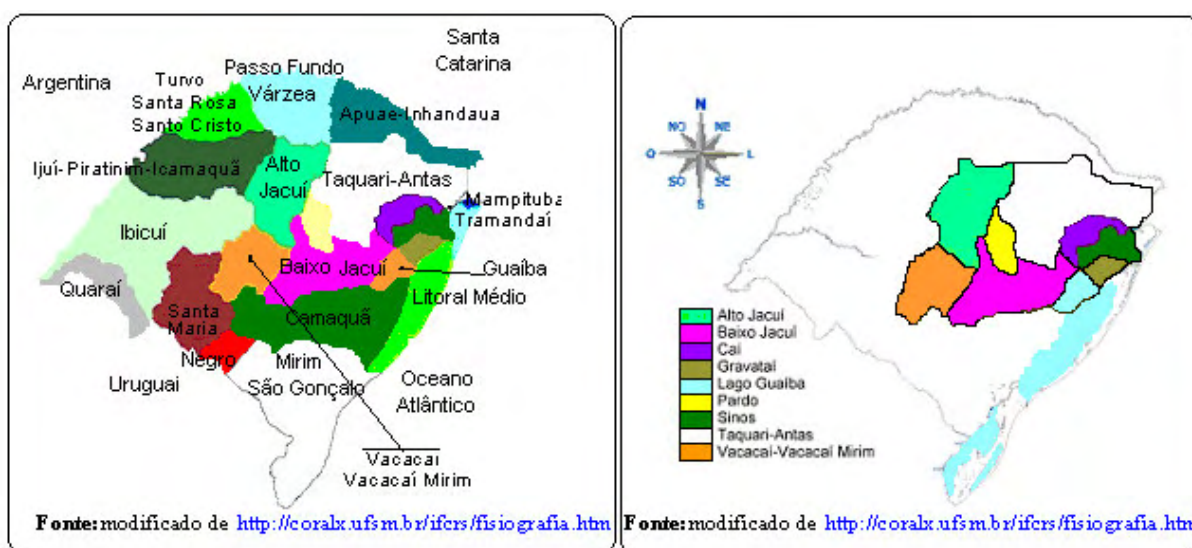


Figura 102: Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul.

Figura 103: Bacia do Guaíba, bacias adjacentes.

No sudeste situam-se os rios Jaguarão, Piratini e Camaquã, os quais são importantes, sobretudo, por seus volumes d'água³³.

A precipitação média anual observada para a área XIII foi 1.480 mm. A precipitação é bem distribuída ao longo do ano, embora o segundo trimestre apresente ligeira tendência a ser mais chuvoso, o que contribui com 26,54% do total anual de precipitação (Figuras 104 e 105).

³³ Uma boa descrição das demais bacias, que compõe o estado do Rio Grande do Sul, pode ser encontrada em: <http://coralx.ufsm.br/ifcrs/hidrografia.htm> Acesso em 15/04/2006.

A maior porcentagem (9,92%) de precipitação ocorre no mês de julho, três meses antes comparando com a Área XII. Este tipo de comportamento também foi observado por Plá e Aquino (2004) na Bacia do Rio Maquiné³⁴.

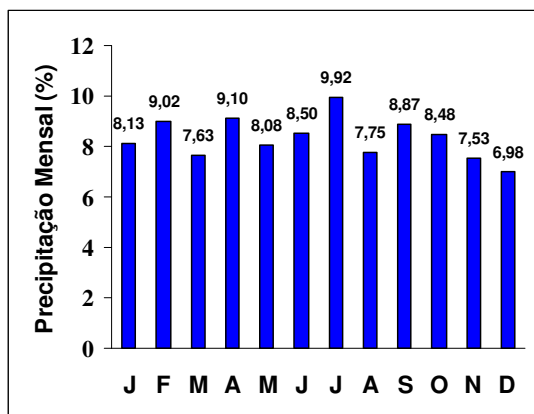


Figura 104: Contribuição mensal (%) para a precipitação total anual, Área XIII.

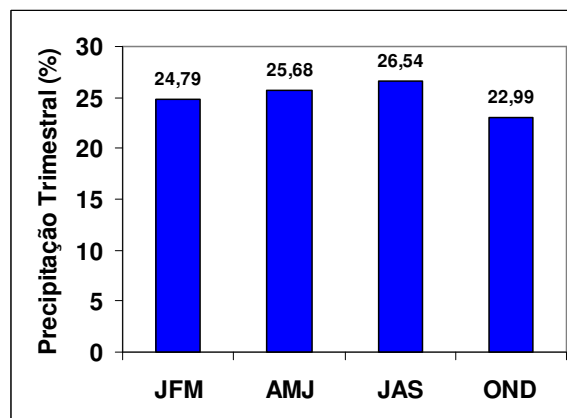


Figura 105: Contribuição trimestral (%) para a precipitação total anual, Área XIII.

Plá e Aquino (2004), estudando o comportamento do regime de precipitação pluvial da Bacia do Rio Maquiné (RS), no período de 1959 a 1990 observaram que o total anual médio de precipitação na Bacia do Rio Maquiné é de 1.654 mm, e o nível máximo de precipitação ocorreu em 1984 (2.130 mm), enquanto o nível mínimo foi observado em 1962 (1.008 mm). Devido às chuvas orográficas, nesta região, ocorre maior concentração pluvial no verão. Entretanto, foi observada uma significativa tendência de diminuição dos níveis de precipitação para os meses de janeiro, fevereiro e março (verão), enquanto para os meses de junho, julho e agosto (inverno) houve uma tendência ao aumento dos níveis de precipitação. Segundo os autores o aumento da concentração das chuvas no inverno pode estar relacionado a uma maior intensidade dos sistemas frontais ou a diminuição na frequência da passagem destes sistemas que atuam na região.

³⁴ A Bacia do Rio Maquiné situa-se no Norte do estado do Rio Grande do Sul, numa área de transição, entre a Planície Costeira e as encostas da Serra Geral, onde as altitudes máximas atingem até 900 m, tem seu regime de precipitação, basicamente, modulado pela atuação do anticiclone Santa Helena e do anticiclone Migratório Polar.

4.4. Variabilidade interanual da precipitação por áreas homogêneas

A variabilidade interanual da precipitação nas regiões sudeste e sul pode ser dividida em três níveis de dispersão: fraca (menos de 15%); intermediária (entre 15% e 20%) e forte (acima de 20%) (Figura 106 A e 106 B).

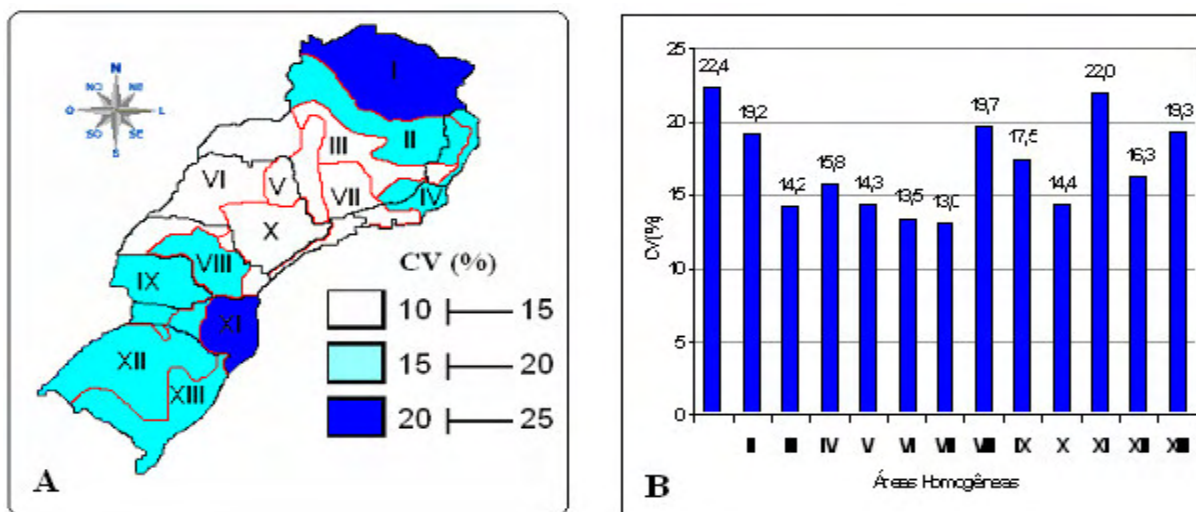


Figura 106: Variabilidade interanual (CV em %), por áreas homogêneas, nas regiões Sudeste e Sul, para o período de 1972 a 2002.

O norte do estado de Minas Gerais e o leste do estado de Santa Catarina são as áreas sujeitas as maiores variabilidades interanuais, acima de 20%. Observa-se também uma área de transição entre o centro-sul do estado de Minas Gerais e o norte do estado do Paraná, onde a variabilidade interanual é abaixo de 15%. Nas demais áreas a variabilidade interanual está entre 15% e 20%.

4.4.1. Áreas com forte variabilidade interanual

A área I, Vale do São Francisco-Jequitinhonha (Figura 107), apresenta o segundo maior IIM=2,7. O valor encontrado mostra que os totais anuais de precipitação observados na Área I, para o período de 31 anos, possuem uma amplitude de aproximadamente três vezes o valor mínimo, ou seja, há uma grande variabilidade da

precipitação entre os anos secos e os anos chuvosos, o que explica a alta variabilidade interanual da precipitação nesta área.

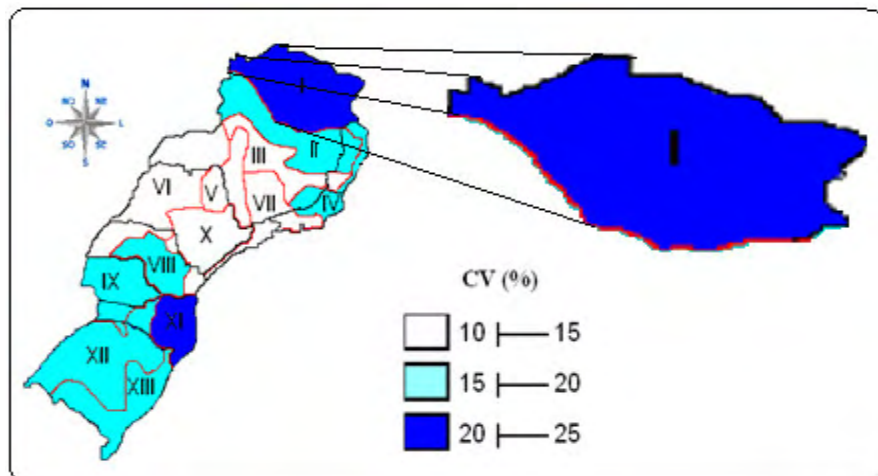


Figura 107: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área I, Vale do São Francisco-Jequitinhonha.

Nesta área, o ano de 1992 foi o mais chuvoso (1.671 mm) do período, com precipitação de 75% superior à média climatológica, o que corresponde a um índice de anomalia padronizada (IAP) de 3,4. O ano 1992 esteve sob influência de um *El Niño* de forte intensidade nos dois primeiros trimestres e fraca intensidade nos dois últimos. Embora o ano de 1993 também estivesse sob influência do *El Niño*, este ano foi o mais seco (615 mm) do período estudado. Diferente do que ocorreu em 1992, pois o *El Niño* foi de fraca intensidade nos trimestres mais chuvosos, primeiro e quarto (Figura 108).

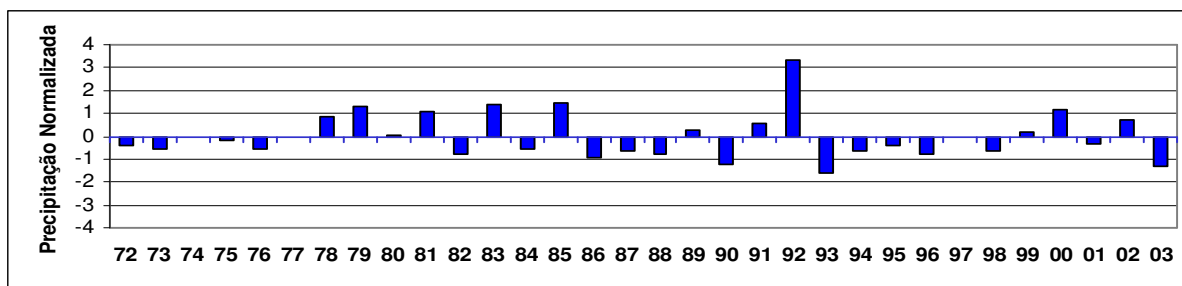


Figura 108: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área I.

No Vale do Itajaí- Planaltos de Lages (Figura 109) a variabilidade interanual (21,98%) é a segunda maior dentro da área de estudo.

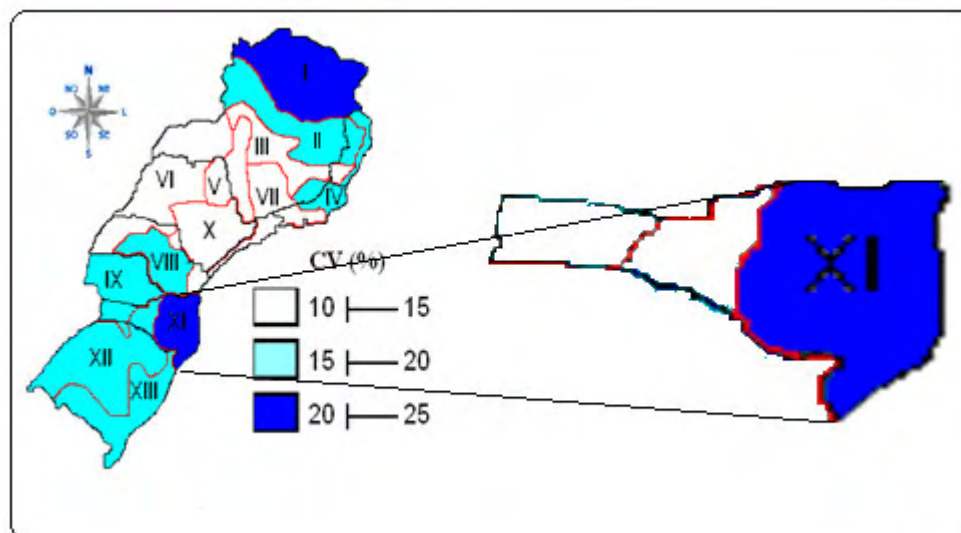


Figura 109: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área XI, Vale do Itajaí- Planaltos de Lages.

A menor precipitação (444 mm) ocorreu no ano de 1994, que a partir do mês de julho estava sob efeito do *El Niño*, ficou 72,05% abaixo da média climatológica. A precipitação máxima (2.567 mm) ocorreu no ano de 1983, também sob influência do *El Niño* ficou 61,60% acima da normal. Esta é a área que apresenta maior índice de irregularidade meteorológica (IIM=5,8) e sugere que esta área está sujeita a períodos de precipitação extremas e períodos de fortes estiagens (Figura 110).

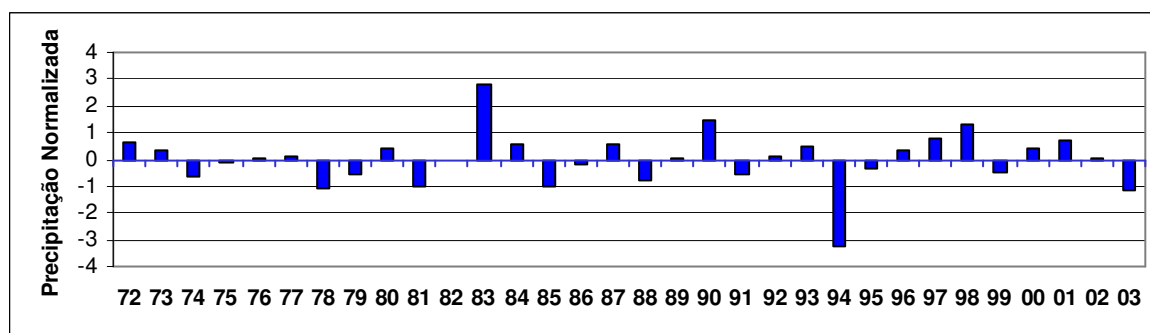


Figura 110: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área XI.

Segundo Cruz (2006), o evento *El Niño* de 1982/1983 foi de grande intensidade nas regiões Sul e Nordeste do Brasil, Norte da Argentina e Oeste do Paraguai. No total causou 240 mortes, deixou 600.000 desabrigados e um prejuízo de aproximadamente três bilhões de dólares. Na cidade de Blumenau (Santa Catarina), no Vale do Itajaí, chegou a chover mais de 800 mm no mês de julho de 1983.

No Quadro 12: histórico das inundações ocorridas em Blumenau (bacia do Rio Itajaí-Açu), no período de 1980 a 2000; observa-se que o ano de 1983 (sob influência do *El Niño*) apresentou uma precipitação acumulada de, aproximadamente, 62% acima da normal e coincide com grandes eventos de enchentes na cidade de Blumenau.

Quadro 12: Enchentes e demais desastres naturais ocorridos em Blumenau, no período de 1980 a 2000.

Ano	Meses	Desabrigados	Mortos	Habitantes	Desabrigados (%)	Evento
1980	out	Sem registro	1	157.258	---	Enchente parcial
1983	mai	10.000	2	170.491	5,86	Enchente calamidade pública
1983	jul	50.000	8	170.491	29,30	
1983	dez	5.000	1	170.491	2,93	
1984	ago	70.000	---	175.145	39,96	
1990	jan	594	20	220.741	0,26	
1990	out	1.310	---	220.741	0,59	Enchente calamidade pública
1991	nov	8.528	10	212.025	4,02	
1992	jan	32	---	216.422	0,01	
1992	mai	35.000	2	216.422	16,17	
1995	jan	600	---	225.556	0,26	
1997	jan	353	---	---	---	Enchente parcial

Fonte: Adaptado de Herrmann (2001).

No ano de 1984, a precipitação (1.794 mm) foi apenas 12,95% acima da média histórica, no entanto, teve seu impacto ampliado, deixando 40% da população de Blumenau desabrigada. No caso das enchentes, uma das principais componentes, entre outras, é o nível de precipitação a curto prazo e não o total anual de precipitação. No estado de Santa Catarina a orografia e a maritimidade são os grandes responsáveis pelas diferenças de clima existente no estado.

De um conjunto de 13 anos sob influência do *El Niño*, três anos apresentaram anomalias positivas em 100% da Bacia do Itajaí. Os anos de 1963, 1965, 1969, 1972 e 1987 apresentaram anomalias positivas entre 70% e 80 % das séries. Os anos de 1946, 1961 e 1975 apresentaram anomalias positivas, mas não tiveram nenhuma relação com o fenômeno *El Niño*. Por outro lado, os anos 1944 e 1953, considerados anos de *El Niño*, não apresentaram sinais significativos nem mesmo para o nível de significância de 20% Baldo et al. (1998).

4.4.2. Áreas com fraca variabilidade interanual

A variabilidade interanual (CV=14,21%) do regime de precipitação no centro-sul do estado de Minas Gerais (Figura 111) é baixa.

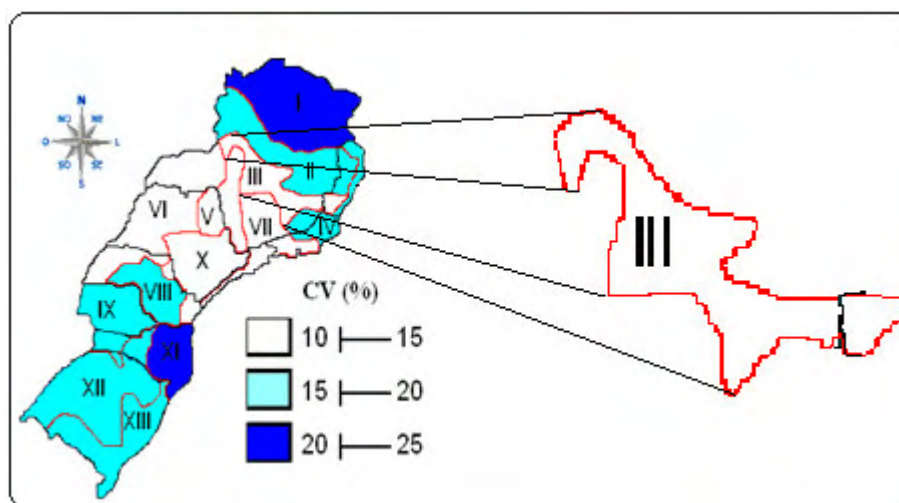


Figura 111: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área III, Minas Gerais centro sul.

No entanto, o IIM (2,2) mostra que esta região está sujeita a períodos de seca e chuvas extremas (Figura 112). Em 1983 a precipitação pluvial foi 46,35% (3,26) superior à média climatológica, acumulando 2.104 mm no ano. Por outro lado, o ano de 1990 foi o mais seco (1.027 mm) e a precipitação foi 28,54% (IAP= -2,01) inferior à média climatológica. O ano de 1983 estava sob influência de um *El Niño* de intensidade forte no primeiro trimestre e moderada no segundo trimestre. Em 1983, o quarto trimestre que normalmente é chuvoso, estava sob influência de um evento de *La Niña* de fraca intensidade.

O ano de 1990 (*El Niño* de fraca intensidade no 3º e 4º trimestre), o mais seco do período, coincide com o mesmo período observado para a área anterior.

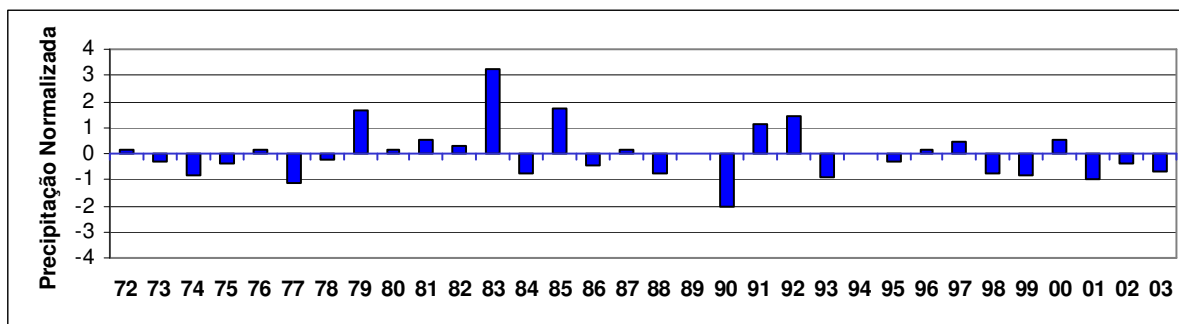


Figura 112: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área III.

Silva e Molion (2002) sugeriram que o regime de precipitação na Bacia do Rio São Francisco é modulado pela Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS). Durante os meses de novembro a março, os sistemas frontais permanecem estacionários sobre as sub-bacias do Alto e Médio São Francisco (ASF e MSF) provocando precipitações nestas localidades e seca na sub-bacia do Baixo São Francisco (BSF). Nos meses de maio a outubro a ZCAS se desloca para o BSF provocando chuvas nesta região e seca no ASF e MSF.

Em eventos de *El Niño*, o início do período chuvoso tende a atrasar no centro (parte da Área III, onde se localiza a sub-bacia do ASF), norte e nordeste (Área I) do estado de Minas Gerais (Minuzzi et al. 2005).

No sul de Minas Gerais e nas Cuestas Basálticas (Figura 113) a variabilidade temporal é baixa ($CV=14,35\%$); e o estado de São Paulo apresenta ao norte um regime de precipitação com menor variabilidade interanual.

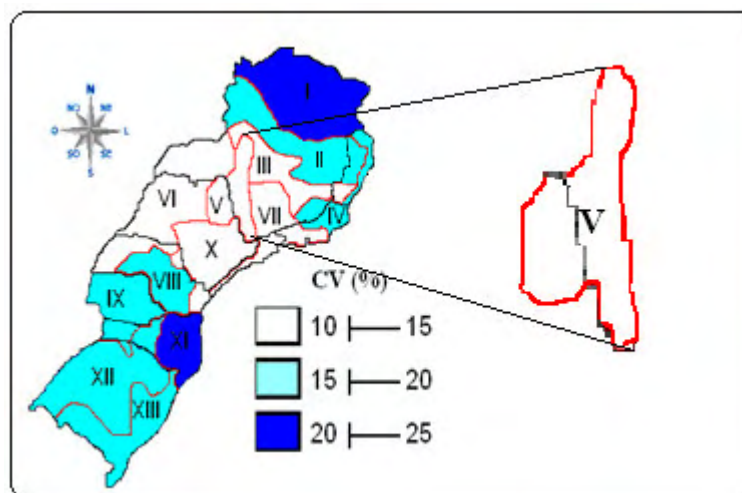


Figura 113: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área V, Minas Gerais – Sul e Cuestas.

Esta área apresenta um índice de irregularidade meteorológica ($IIM=2,0$), relativamente baixo. O ano mais chuvoso do período foi 1983, com uma cota anual acumulada de 2.314 mm, no qual choveu 51,26% acima da média climatológica e o ano menos chuvoso foi o ano de 1984, cujo total anual acumulado foi de 1.177 mm, 23,03% inferior à média climatológica (Figura 114).

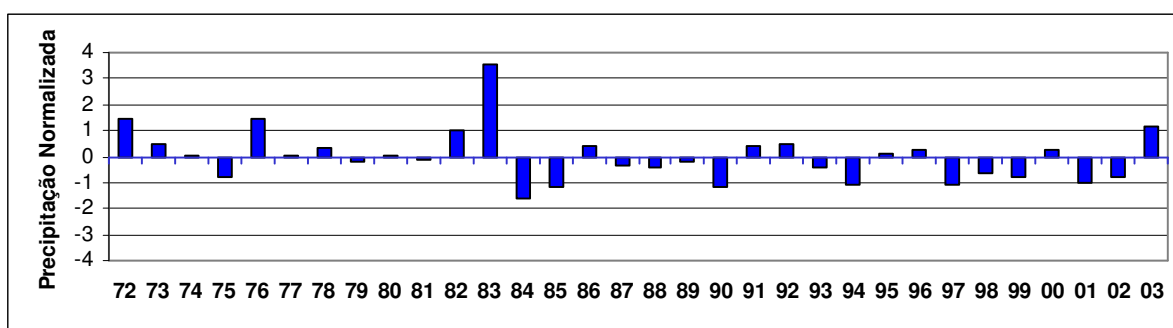


Figura 114: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área V.

O Planalto Arenito-Basáltico (Figura 115), apresenta uma variabilidade interanual de 13,45% e o menor IIM (1,6) da área de estudo.

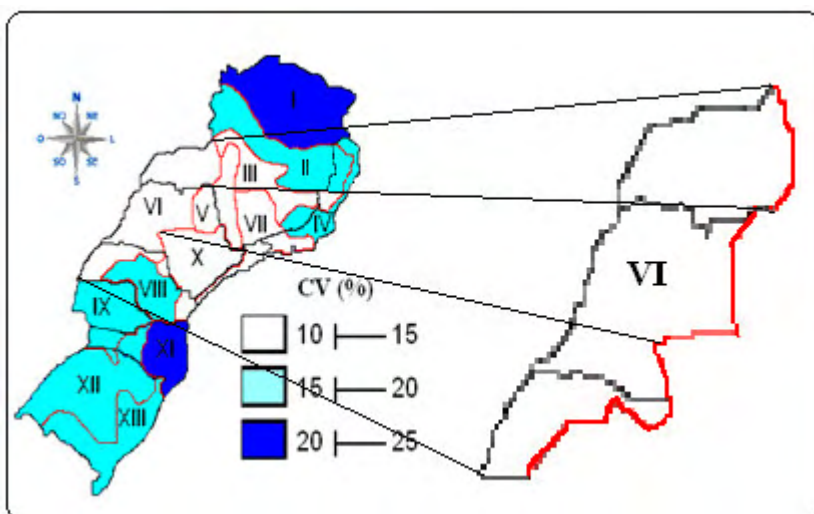


Figura 115: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área VI, Planalto Arenítico-Basáltico.

A maior precipitação acumulada no ano, nesta área, ocorreu em 1972 (1.686 mm), ano sob influência do *El Niño*; e os anos mais secos foram 1984 (1.032 mm) e 1985 (1.038 mm), ambos sob influência do *La Niña* (Figura 116).

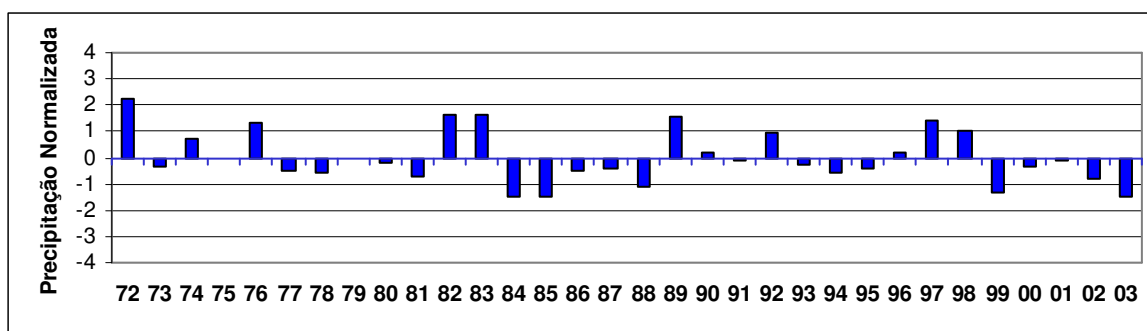


Figura 116: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área VI.

Nesta região está localizada a cidade de Uberaba, cuja variabilidade interanual ($CV=14\%$) da precipitação também é baixa. No entanto, segundo Silva et al. (2003), a variabilidade interanual da precipitação é baixa porque ocorre uma compensação entre os meses mais secos e os mais chuvosos do ano, fazendo com que totais anuais de precipitação sejam mais uniformes de ano para ano, do que no interior dos anos. Em Uberaba

a variabilidade sazonal mensal na estação seca foi de 61,37% (mês de abril) a 161,08 % (mês de agosto).

O Vale do Paraíba (Figura 117) apresenta a menor variabilidade interanual ($CV=13,03\%$) da área de estudo.

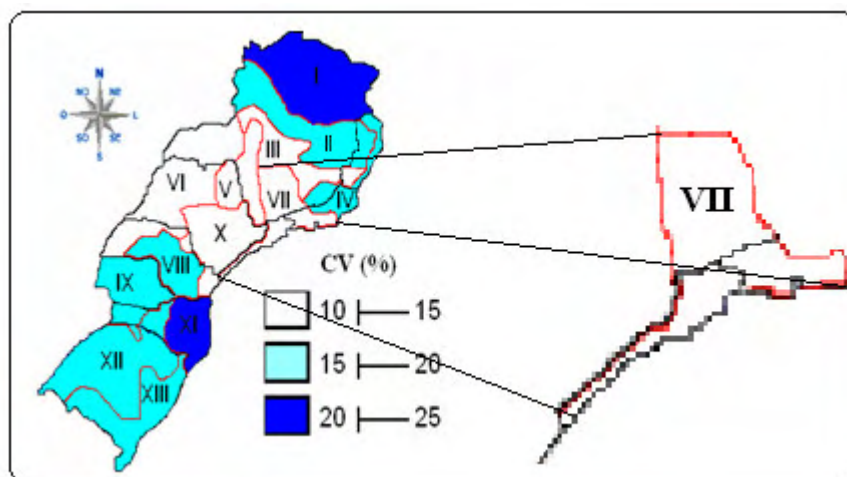


Figura 117: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área VII, Vale do Paraíba.

As precipitações extremas observadas, nesta área, ocorreram no ano de 1983 (2.431 mm), no qual choveu 41,78% acima da normal climatológica; e no ano e 1990 (1.236 mm), no qual a precipitação foi 25,12% abaixo da média histórica, o que resulta no segundo menor IIM (1,9) dentro da área de estudo (Figura 118).

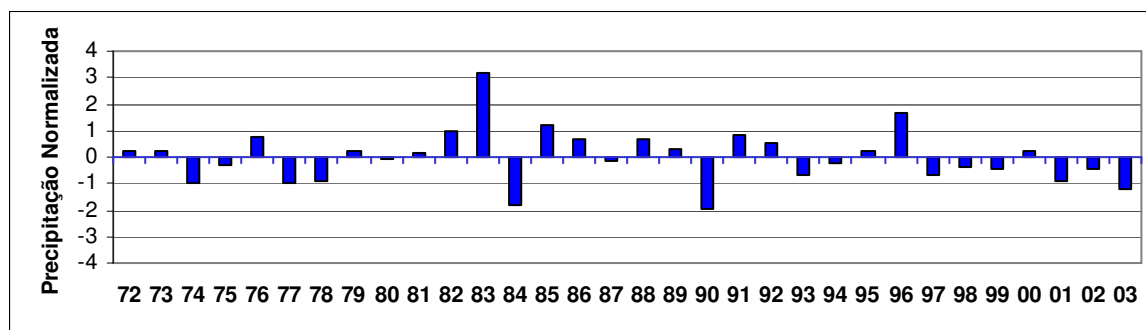


Figura 118: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área VII.

Oliveira et al. (1998) ao estudarem as frequências de chuvas intensas entre os anos de 1994 a 1996, para sete cidades do estado de São Paulo³⁵, observaram que a cidade de Ubatuba registrou o maior total de eventos no período e que todas as estações apresentaram índices elevados de chuvas no ano de 1996. A maior incidência de chuvas intensas ocorreu nos meses de novembro e dezembro e os picos de 30 mm e 50 mm ocorreram, com menor incidência, nos meses de janeiro, fevereiro e março. Somente 2% dos eventos ocorreram no período da manhã. Exceto a cidade de São Paulo que apresentou 59% dos eventos de chuvas intensas no período da tarde, e 38% no período da noite; a probabilidade de ocorrência para os períodos da tarde e noite foi, praticamente, a mesma.

Segundo Perrela et al. (1998) no período de dezembro de 1995 a março de 1996 a precipitação acumulada (1.365 mm), na cidade de São José dos Campos, excedeu em 43% a média climatológica de 33 anos. No primeiro trimestre do ano de 1996 o total acumulado (890 mm) esteve 65% acima da média climatológica, provocando alagamentos, deslizamentos e desmoronamentos em vários bairros da cidade.

Fisch et al. (2002) estudando a variabilidade da precipitação, na cidade de Taubaté (SP), observaram uma média climatológica de 1.365 mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso (223 mm) e os meses mais secos, julho (30,7 mm) e agosto (32,6 mm). Os anos mais chuvosos foram 1983, 1989, 1996 e os mais secos 1984, 1990 e 1997. O menor volume pluviométrico foi em 1984 (853 mm) e o maior em 1989 (1.687 mm). Os autores observaram que a influência do *La Niña* no Vale do Paraíba pode não ter sido tão forte quanto à influência do *El Niño*. Para três anos (1984, 1989 e 2000) que estiveram sob influência do *La Nina* observam-se resultados diferentes e incongruentes: as precipitações em 1989 foram 24% superiores a normal climatológica, em 1984 estiveram 38% abaixo da média e no ano 2000 apresentou um desvio positivo de 14,8%.

A variabilidade interanual no sul do estado de São Paulo (Figura 119) é baixa (CV=14,36%) e o IIM (2,0) mostra que há uma boa regularidade meteorológica nesta região (Figura 120).

³⁵ Campinas, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, Santos, São Paulo, Taubaté e Ubatuba.

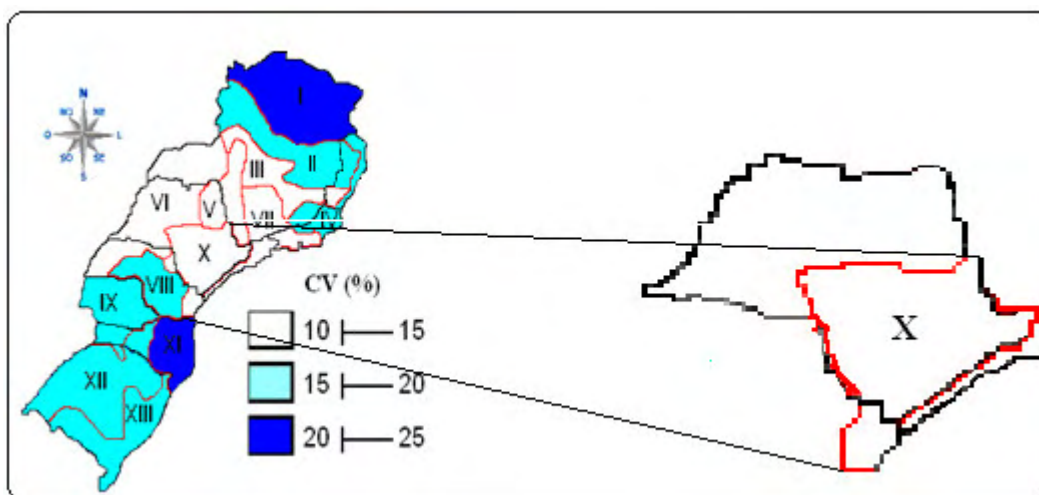


Figura 119: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área X, São Paulo Sul.

A cota máxima (2.182 mm) de precipitação anual foi observada no ano de 1983 (sob influência do *El Niño*), 49,46% (IAP=3,44) superior à média climatológica. A cota mínima (1.099 mm) foi observada em 1985 (sob influência do *La Niña*), 24,75% (IAP=-1,72) inferior à média climatológica.

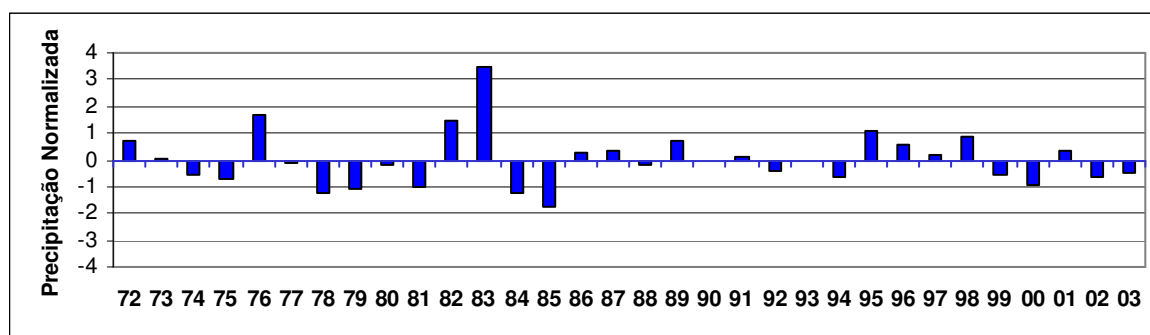


Figura 120: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área X.

Ambrizzi et al. (2001) trabalhando com totais mensais de precipitação de 57 estações climatológicas do estado de São Paulo, para o período de 1967 a 1997 e dados mensais de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para as regiões denominadas Niño 1+2, Niño 3; Niño 3+4 e Niño 4 concluíram que o ENOS tem uma contribuição significativa no ciclo hidrológico da região. Com exceção do mês de setembro, os outros meses têm uma parte da variabilidade da precipitação associada ao ENOS. Os meses de novembro e dezembro são

os meses de verão mais associados à variabilidade do Oceano Pacífico Tropical, principalmente nos Niños 1+2, 3 e 3+4, sendo nesta época, o sinal é mais forte com a TSM de dois a três meses de antecedência e a relação predominante é a “quente-seco”. Segundo estes autores, o ENOS explica uma boa parte da variabilidade da chuva no estado de São Paulo, porém fica evidente que outros modos de oscilação ou outras áreas, além das estudadas, podem influenciar na variabilidade climática do estado.

4.4.3. Áreas com intermediária variabilidade interanual

O centro-norte do estado de Minas Gerais (Figura 121) apresenta uma variabilidade interanual de 19,16%.

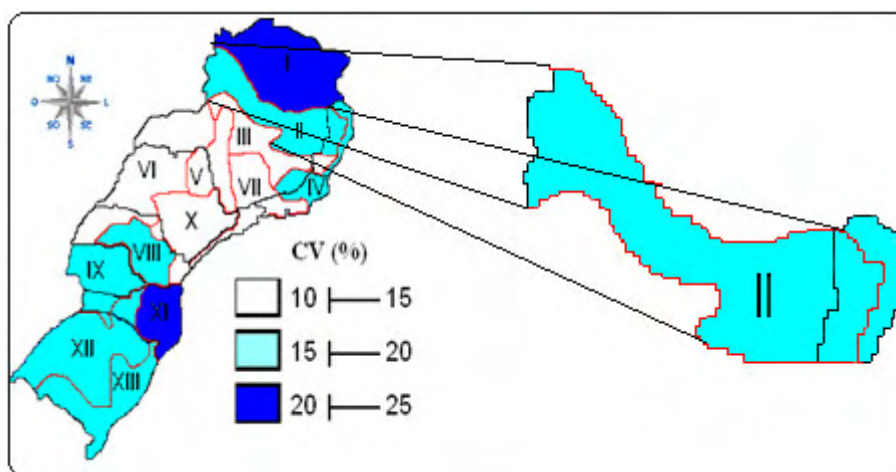


Figura 121: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área II, MG-Centro-Norte.

Segundo Minuzzi et al. (2005), o evento El Niño de 1997/98 foi o de maior influência no regime de precipitação de Minas Gerais, sobretudo, no nordeste do estado, provocando chuvas abaixo da média climatológica.

Embora, estes autores tenham observado chuvas abaixo da normal nestas áreas nos anos 1997/98, os resultados obtidos neste trabalho os contradizem. O *El Niño* de 1997/98 não foi o período em que ocorreu a maior influência de eventos *El Niño* no regime de precipitação desta região. Observou-se em 1979 (ano normal) e 1983 (*El Niño* forte no 1º trimestre) que as anomalias de precipitação apresentaram valores iguais a 2,54 e 2,38,

respectivamente, o que equivale a um nível de precipitação 48,7% e 45,6% superior à média climatológica. No caso específico do El Niño de 1997/1998, a precipitação acumulada esteve somente 15,62% (IAP= -0,8) abaixo da normal.

Outro exemplo contraditório é o caso do ano de 1990³⁶, em que o nível de precipitação foi 30,92% (IAP= -1,61) inferior à média climatológica e o mais baixo do período, enquanto, em 1993 o déficit foi de 30,63% (IAP= -1,60). É possível que a discordância, entre estes resultados e os apresentados por Minuzzi et al. (2005), ocorra em função do agrupamento. Estudos em áreas menores podem detectar micro-climas locais, porém este tema não será apreciado neste trabalho.

Na Área II, durante o período de estudo, a máxima precipitação (1.737 mm) observada ocorreu em 1979 (ano normal), enquanto a mínima (807 mm) ocorreu em 1993 (ano de *El Niño*) resultando em um IIM de 2,2 (Figura 122).

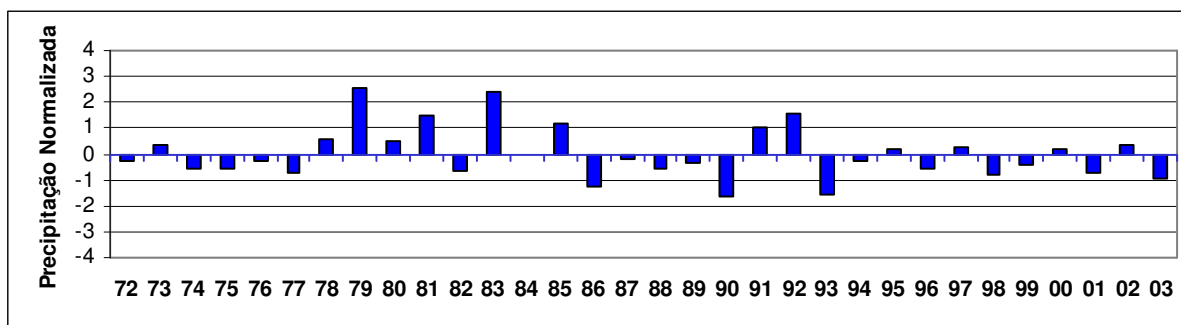


Figura 122: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área II.

Corrêa e Assunção (2004) observaram que no município de Vazante localizado no noroeste do estado de Minas Gerais, nos anos 1985, 1987, 1988 e 1999, ocorreram, respectivamente, 125, 137, 123 e 129 dias seguidos sem registro de precipitação. Os autores chamam, ainda, a atenção para o fato que nesses resultados desconsideram-se os anos de 1959, 1960, 1963 e 1966, que chegaram a ficar seis meses seguidos sem o registro de precipitação.

³⁶ Em 1990 o primeiro e o segundo trimestre foram normais, enquanto o terceiro e o quarto semestre esteve sob influência de um evento *El Niño* de fraca intensidade. O ano de 1993 foi influenciado por um *El Niño* fraco no primeiro trimestre, moderado no segundo e no terceiro trimestre e fraco no quarto trimestre.

Os resultados obtidos neste estudo de caso não podem ser generalizados para a Área II. Para estes mesmos anos, os resultados obtidos para a Área II não apresentaram desvios significativos, em relação à normal climatológica.

Por outro lado, Corrêa e Assunção (2004) observaram para o município de Vazante que a maioria dos períodos de estiagem ocorreu nos meses de junho, julho e agosto. No entanto, sabe-se que nesta região, este período está sujeito à ocorrência de veranicos. Por outro lado, as contribuições destes meses à precipitação total da Área II, em média, são historicamente baixas, respectivamente: 1,25%, 1,55% e 1,42%. Logo a ocorrência de estiagens nesta área para os meses de junho, julho e agosto já era esperado.

Na Zona da Mata, norte do estado do Rio de Janeiro e litoral do estado do Espírito Santo (Figura 123) a variabilidade interanual é de 15,76% e o IIM calculado é de 2,2.

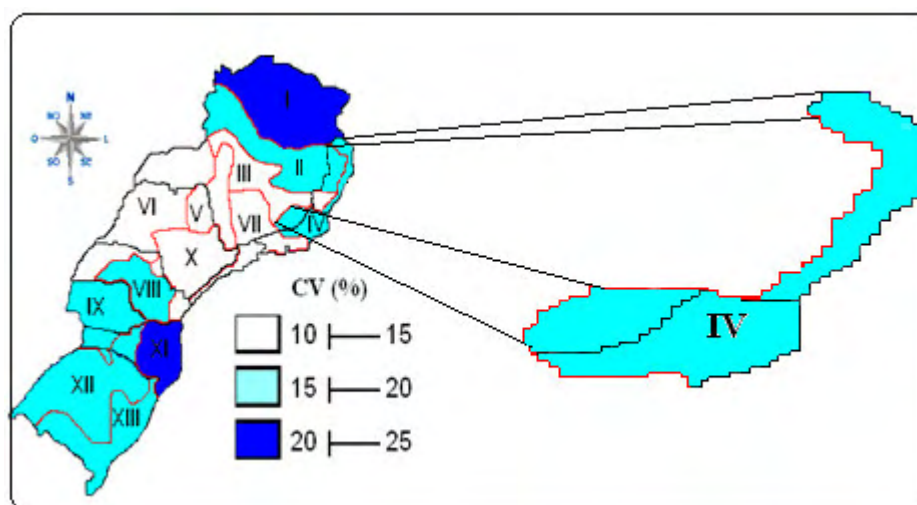


Figura 123: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área IV, Zona da Mata, Norte - RJ e Litoral - ES.

Dentro da área de estudo, esta não é a área de maior irregularidade meteorológica (IIM). Entretanto, Minuzzi e Sedyama (2002) enfatizam que na região da Zona da Mata, quando ocorrem eventos *El Niño*, a tendência é que a precipitação fique acima da média climatológica no mês de janeiro, bem abaixo da média climatológica no mês de novembro e sem alterações em relação à média climatológica nos meses de agosto. Em relação aos outros meses, os autores nada afirmam.

Não é evidente esta relação. O comportamento pluviométrico desta região é mostrado na Figura 124. A precipitação máxima, 1.740 mm nesta área, ocorreu no ano de 1983 (mesmo período da área anterior), com precipitação 55,80% (IAP=3,54) superior à média climatológica. O ano de 1990 (789 mm) assim como nas duas áreas anteriores, também foi o mais seco do período. A precipitação acumulada no ano foi 29,33 % (IAP= -1,86) abaixo da normal climatológica, embora o ano de 1993 também tenha sido seco com precipitação acumulada de 810 mm, choveu 27,46% (IAP= -1,74) abaixo da média climatológica.

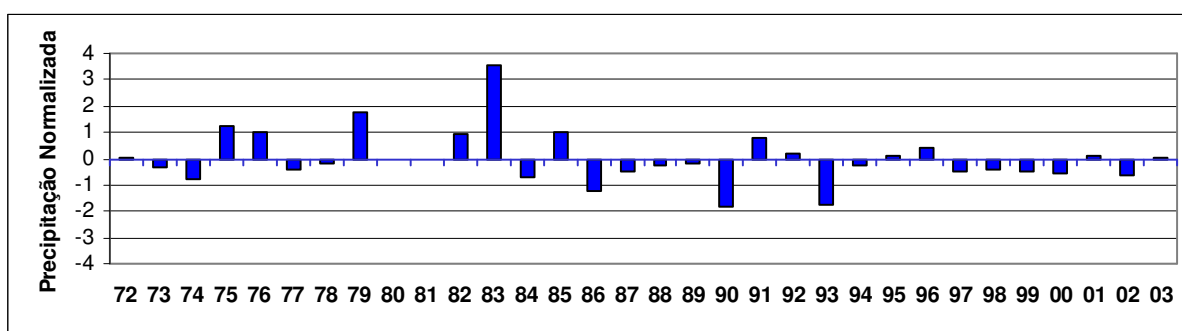


Figura 124: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área IV.

No entanto, os resultados obtidos para esta área não deixam clara a influência do *El Niño* no comportamento do regime de precipitação. Verifica-se que no ano de 1975, sob influência do *La Niña* (primeiro trimestre forte, segundo moderado, terceiro moderado e quarto forte), choveu 19,28% acima da média climatológica. Em 1979 (ano normal) a precipitação acumulada no ano foi 27,13% acima da normal, e em 1991, ano sob influência do *El Niño* (primeiro e quarto trimestres fracos, e terceiro e quarto trimestres moderados) choveu somente 12,96% acima da média climatológica.

É possível que, o fato dos meses de janeiro e novembro normalmente serem os mais chuvosos, provoquem ora um efeito de compensação temporal, ora um efeito de compensação espacial (agrupamento) entre os anos de *El Niño*, dificultando assim a identificação dos eventos com maiores anomalias.

Na Área VIII, Paraná central (Figura 125) a variabilidade interanual foi de 19,73%. Esta região apresenta o terceiro maior índice de irregularidade meteorológica (IIM=2,4) da área de estudo.

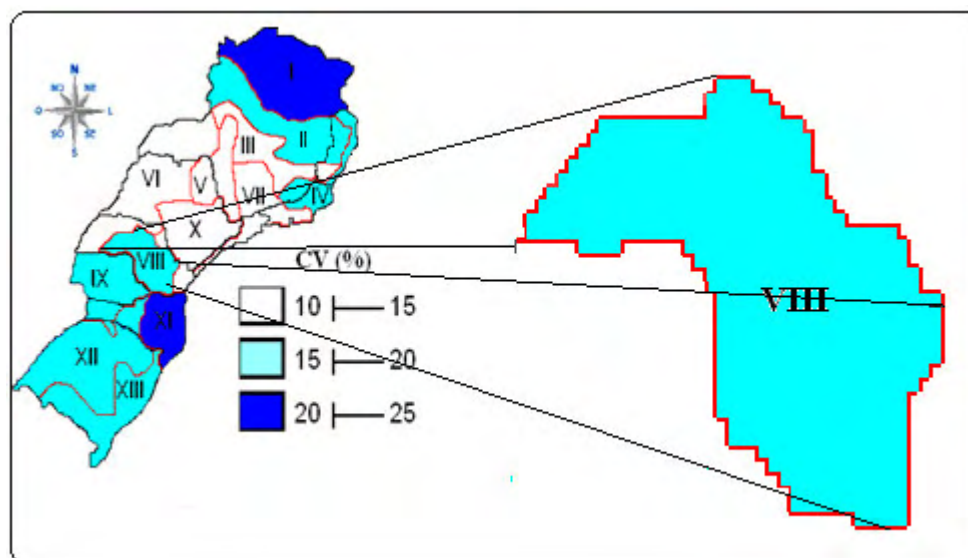


Figura 125: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área VIII, Paraná Central.

A máxima de precipitação (2.190 mm) ocorreu no ano de 1998 (sob influência do *El Niño*), 44,73% superior a normal climatológica, e a mínima (923 mm) ocorreu no ano de 1985 (sob influência do *La Niña*), 39,01% abaixo da média histórica (Figura 126).

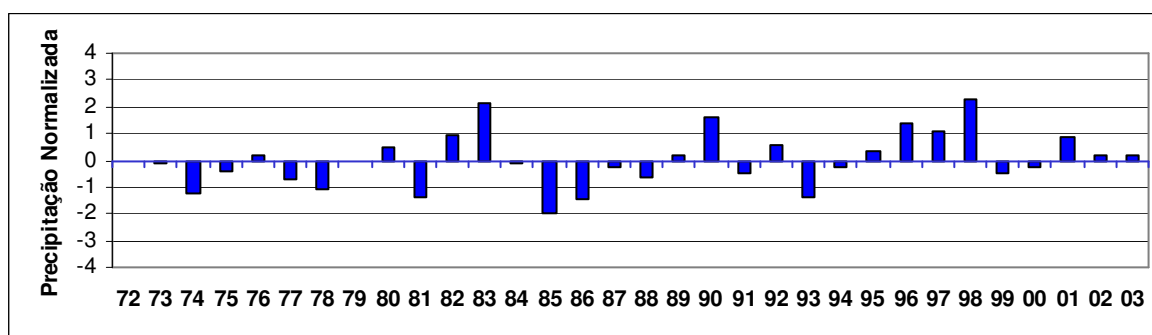


Figura 126: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área VIII.

Andrade e Nery (2002) e Nery et al. (2003) concluíram que o regime de precipitação da Bacia do Ivaí (Figura 127) é influenciado pelo *El Niño* e pelo *La Niña*. Nos anos de *El Niño* fortes (1982 e 1983) os totais anuais máximos de precipitação foram superiores a 2.000 mm. Observou-se também a influência da orografia no regime de

precipitação, pois as anomalias aumentaram na direção sudeste da bacia, região com um relevo bastante ondulado, onde situa-se a nascente do Rio Ivaí e possui uma área de vegetação preservada. A bacia hidrográfica do Rio Ivaí apresenta intensos períodos chuvosos e secos. Os meses mais chuvosos estão concentrados no primeiro trimestre, enquanto os meses mais secos são: junho, julho e agosto.

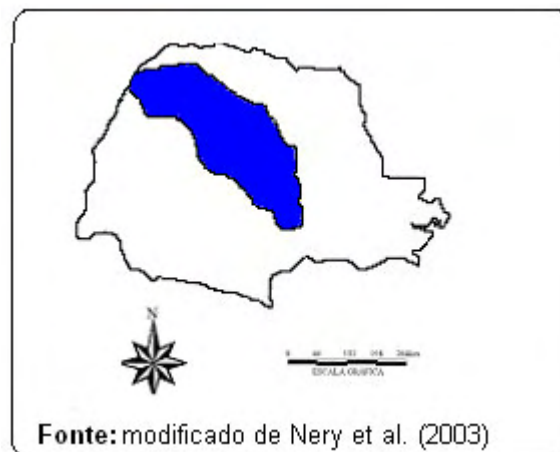


Figura 127: Localização geográfica da Bacia do Rio Ivaí.

Tommaselli et al. (2004), estudando a mesorregião geográfica centro-ocidental paranaense observaram que o ano de 1978 foi seco em toda a área de estudo, na qual o total anual oscilou entre 950 mm a 1400 mm. Neste ano, a seca foi intensa na porção central. No ano de 1985, somente a porção leste do município de Iretama apresentou precipitação pluvial mais elevada. Este valor foi decrescendo no sentido norte. O ano de 1983 foi extremamente chuvoso, embora tenha-se observado que os menores desvios em relação à média foram registrados na porção sudoeste e os maiores na porção leste da área estudada. Segundo os autores os padrões de distribuição pluviométrica nestes anos estiveram sob influência da dinâmica atmosférica, enquanto a influência da orografia resultou na escala mensal.

A variabilidade interanual ($CV=17,50\%$) do regime de precipitação na Bacia do Chapecó-Iguaçu (Figura 128) é relativamente baixa. O nível máximo (2.772 mm) de precipitação anual ocorreu no ano de 1983 (*El Niño*) e o ano de 1978 foi considerado o mais seco (1.245 mm).

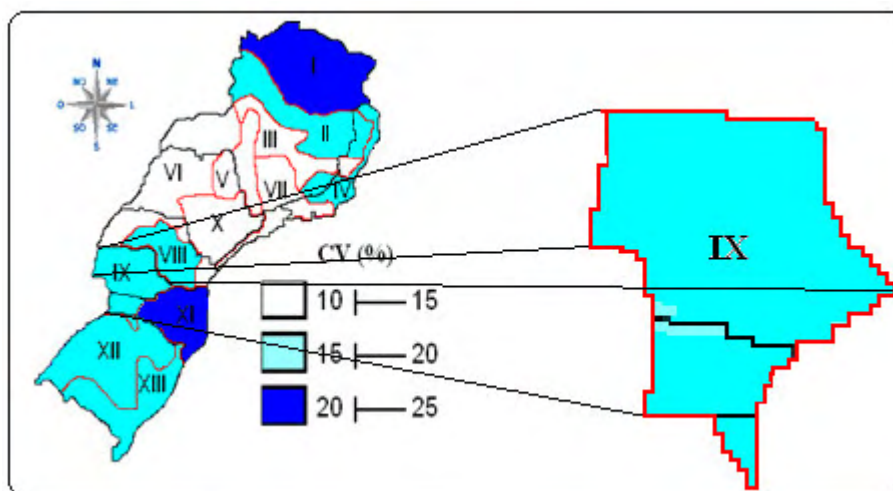


Figura 128: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área IX, Bacia do Chapecó-Iguaçu.

A Serra do Espigão atua nesta área como importante divisor das águas que correm para o Vale do Rio Iguaçu e as que descem em direção ao Rio Uruguai. O índice de irregularidade meteorológica (IIM=2,2) é relativamente baixo, demonstrando que a distribuição das chuvas é bastante regular (Figura 129).

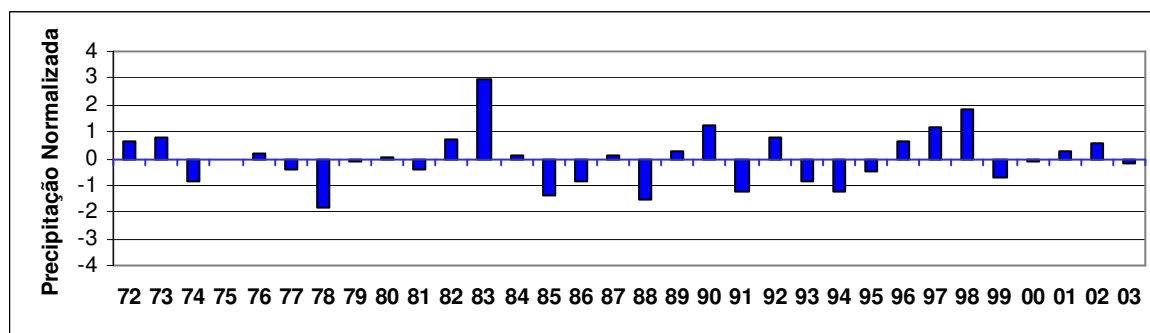


Figura 129: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área IX.

Entretanto, vários anos apresentaram anomalias de precipitação, ora positivas, ora negativas. Na Bacia do Rio Iguaçu, embora, a variabilidade pluvial da bacia esteja fortemente vinculada aos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, esta também ocorre em anos normais como aconteceu no ano de 1978. Observou-se para a Bacia do Rio Iguaçu anomalias positivas para os períodos de junho de 1982 a outubro de 1983 e março de 1997 a outubro de

1998; e anomalias negativas para os períodos de janeiro a dezembro de 1985, e abril a dezembro de 1988 (Azevedo et al. 2002; Lopes et al. 2002; Silva et al. 2001).

Na região Centro-Sul do estado do Paraná nos anos 1982/83 (*El Niño*) e 1985 (sob influência do *La Niña*), a precipitação oscilou entre 29% abaixo e 80% acima da média climatológica. Embora a orografia exerça um papel importante na dinâmica de circulação das massas de ar que atingem o estado do Paraná, neste caso Souza et al. (2003) enfatizam que é necessário entender a dinâmica dessa região em microescala para se explicar essa variabilidade.

Nery et al. (2002), trabalhando com 45 séries pluviométricas do Paraná, para o período 1941 a 1998, observando dias com precipitação acima de 0,6 mm, concluíram que a região leste do estado apresenta o maior número de dias de chuva: 44 dias chuvosos na primavera e 21 dias chuvosos no outono. Na região noroeste do estado, durante a primavera, ocorrem 28 dias de chuva, e no outono 15, sendo janeiro o mês com maior número de dias chuvosos (11) e maio o mês com menor número (5). Estes autores concluíram que o regime de precipitação do estado do Paraná sofre a influência do *El Niño* e do *La Niña*, quanto à intensidade e ao número de dias que ocorre a precipitação, sendo 75 dias chuvosos para anos normais e 105 dias chuvosos no ano de 1982 (ano sob influência do *El Niño*).

Na Bacia do Uruguai (Figura 130) a variabilidade interanual observada foi de 16,34% e o índice de irregularidade meteorológica (IIM=1,9) é um dos menores, entre os estudados.

Durante o período de estudo, a precipitação mínima (1.238 mm) foi observada no ano 1991, que sofreu influência do *El Niño*, e a máxima (2.382 mm) foi observada no ano de 2002, ano que também esteve sob influência do *El Niño* (Figura 131).

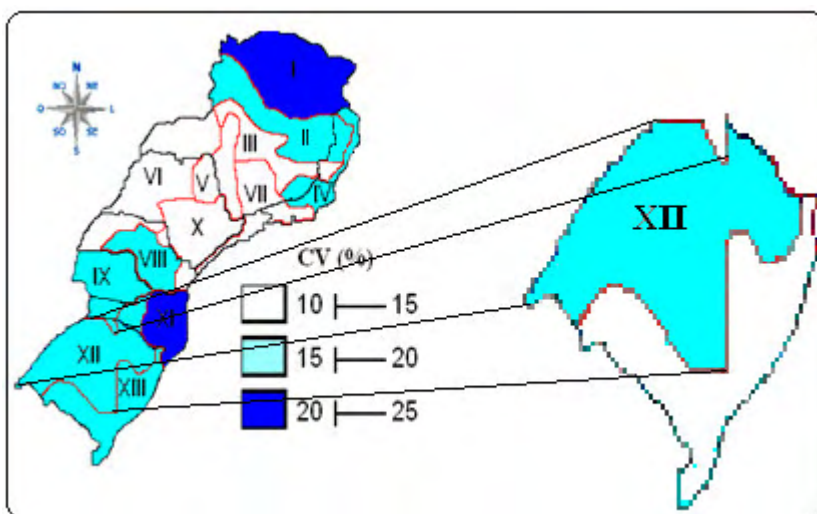


Figura 130: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área XII, Bacia do Uruguai.

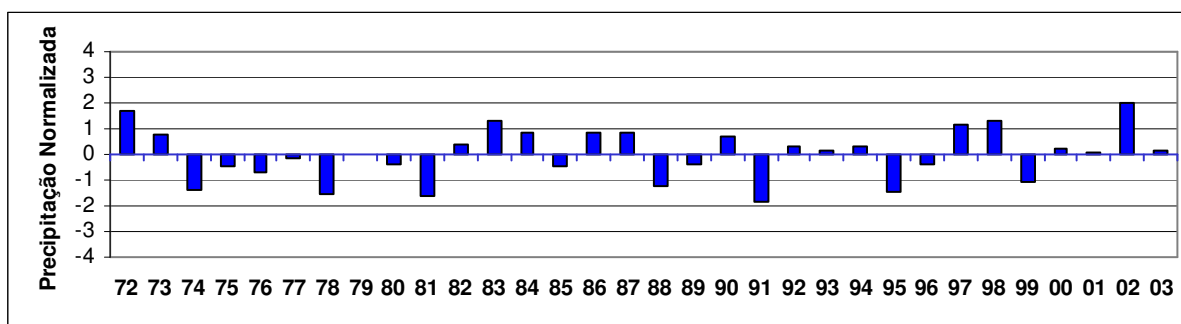


Figura 131: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área XII.

Na Serra Geral e na Bacia do Rio Guaíba (Figura 132) a variabilidade interanual é de 19,28%. Esta área apresenta junto com a Área I, o segundo maior índice de irregularidade meteorológica (IIM=2,7).

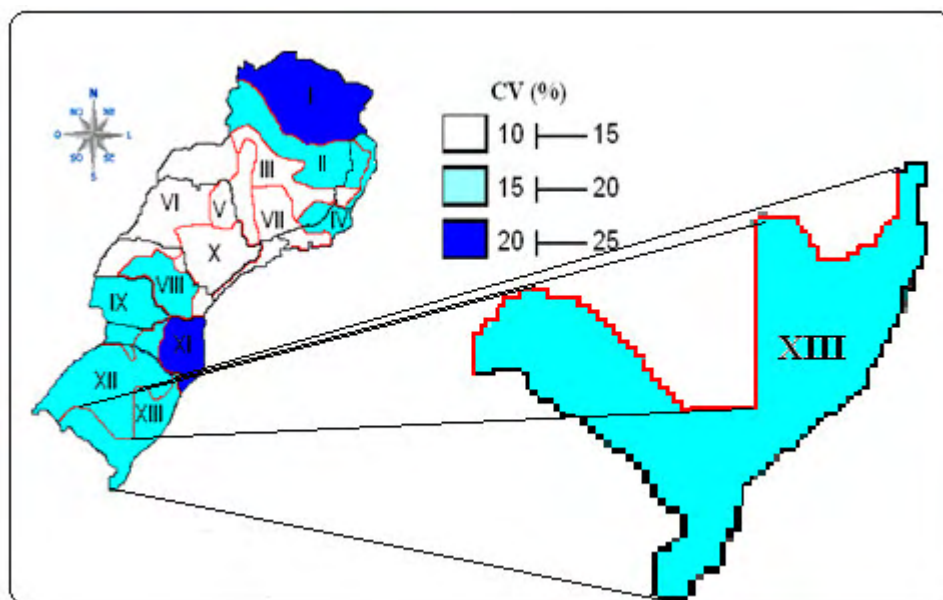


Figura 132: Coeficiente de variabilidade interanual para a Área XIII, Serra Geral – Bacia do Rio Guaíba.

O menor nível de precipitação (878 mm) foi observado no ano de 1989 (ano sob influência do *La Niña*) e o maior (2.388 mm) foi no ano de 2002, ano sob influência do *El Niño* (Figura 133).

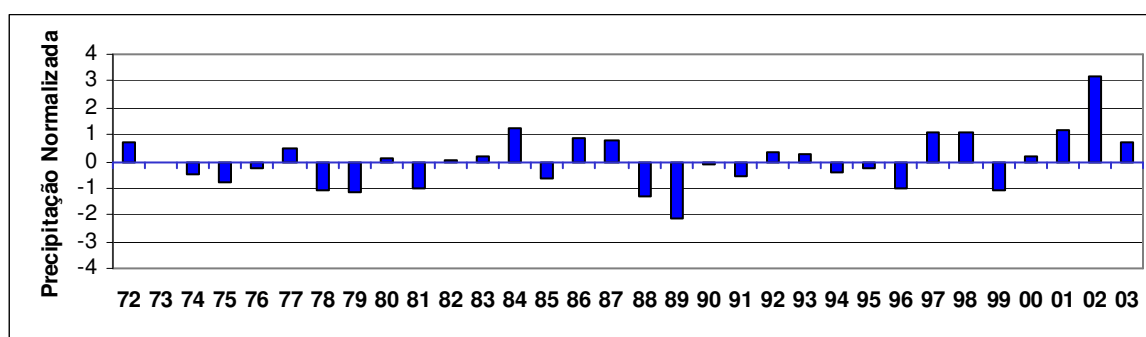


Figura 133: Índices de anomalia de precipitação padronizados (IAP), para o período de 1972 a 2003, Área XIII.

Araújo e Diniz (2002), estudando a relação entre eventos *El Niño* e o número de dias de chuva mensais na cidade de Pelotas (Rio Grande do Sul), durante o período de 1950 a 2000, observaram que dentre 16 eventos estudados, 9 apresentaram meses com número de dias de chuva acima da normal, 5 abaixo e o restante, entre normal e acima da

normal. Os eventos que apresentaram meses com mais dias de chuva foram os de 1982/83, 1986/87/88, 1991/92 e 1997/98. Neste sentido, em anos sob influência do *El Niño* os totais mensais de precipitação são maiores e há uma maior quantidade de meses com elevado número de dias de chuva.

O aumento da precipitação em Pelotas, em anos de *El Niño* também foi observado por Sansigolo et al. (2000). Estes autores, ao estudarem a influência dos eventos *El Niño* e *La Niña*, no regime de precipitação da cidade de Pelotas (RS), concluíram que o *La Niña* provoca anomalias negativas de precipitação na região, enquanto sob influência do *El Niño*, ocorrem precipitações acima da normal climatológica. Em metade dos eventos de *El Niño* ocorridos, entre 1950 e 1997, ocorreram precipitações acima do normal.

Martins et al. (1998), comparando a precipitação entre as cidades de Pelotas e Rio Grande, no período de 1990 a 1998, observaram que no verão e na primavera do ano de 1997 a precipitação foi acima da média do período de nove anos. No verão do ano 1998 a cidade de Pelotas acumulou 817 mm de chuvas, 73% acima da média do período estudado, enquanto na cidade de Rio Grande (499,0 mm) o acúmulo foi, apenas, 39,7% acima da média (357,3 mm) do período. Segundo estes autores, uma possível explicação para tamanha diferença de comportamento reside nos sistemas de escala local. Rio Grande localiza-se no litoral a uma altitude média de 2 m e Pelotas situa-se a 60 km, em direção ao continente, com uma topografia que atinge até 200 m de altitude, favorecendo o processo de levantamento do ar úmido, que invade o continente principalmente no verão, devido ao sistema de brisa marítima. Segundo os autores, muito provavelmente a maritimidade e a orografia sejam responsáveis pela enorme diferença nos níveis de precipitação entre as duas cidades no período do verão de 1998.

É possível, pois segundo Cruz (2006), em anos sob influência do *El Niño*, geralmente, ocorrem na região Sul verões quentes e invernos amenos. No evento *El Niño* de 1982/83 as temperaturas das águas da superfície do mar (TSM) ficaram 1°C acima da normal (julho), chegando a ficar em sua fase mais intensa (junho de 1983) 5,1°C acima da normal. No evento de *El Niño* de 1997/98 as águas do Oceano Pacífico equatorial, na altura da costa do Peru ficaram, entre outubro de 1997 e janeiro de 1998, em torno de 4°C acima do normal.

4.4.4. Influência do *El Niño* e do *La Niña* na variabilidade da precipitação

Os resultados apresentados, anteriormente, mostram claramente os impactos do *El Niño* no regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil, entretanto os sinais da influência do *La Niña* não estão tão nítidos. No mais, o comportamento da precipitação em presença do *El Niño* não é linear, apresentando variabilidade nos níveis de chuvas dependendo da localidade estudada. Com o objetivo de melhor delimitar a influência do *El Niño* e esclarecer ou prover indícios da influência do *La Niña*, nas precipitações do Sudeste e do Sul, são analisados quatro casos de *El Niño*, quatro de *La Niña* e dois casos de anos classificados como normais pelo critério de Trenberth (1997).

4.4.4.1. Influência do *El Niño* na precipitação

As Figuras 134, 135, 136 e 137 apresentam as anomalias de precipitação (em %) para totais anuais de precipitação para 1972, 1982, 1993 e 1997, anos sob influência do *El Niño* de forte intensidade.

Salvo nas áreas I (Vale do São Francisco e do Jequitinhonha) e II (Minas Gerais centro-norte), nota-se que, sob influência de *El Niño* de forte intensidade há uma tendência a ocorrerem anomalias positivas de precipitação, entre 20% e 30%, em todas as demais áreas homogêneas.

Contudo não há padrão característico de mudança no regime pluviométrico nas áreas III (Minas Gerais centro-sul); IV (Zona da Mata, norte - RJ e Litoral – ES), V (Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas), VI (Planalto Arenito-Basáltico), VII (Vale do Paraíba), VIII (Paraná central); IX (Bacia do Chapecó-Iguaçu); X (São Paulo Sul) e XI (Vale do Itajaí – Planaltos de Lages). Podendo inclusive, nas áreas V, VIII e IX ocorrer anomalias negativas de precipitação acima de 20%.

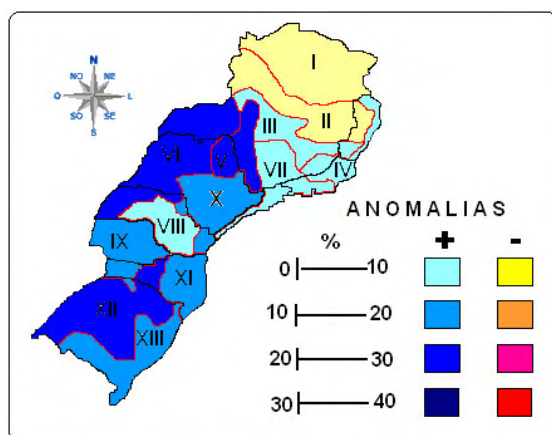


Figura 134: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *El Niño* de 1972., arrumar anos

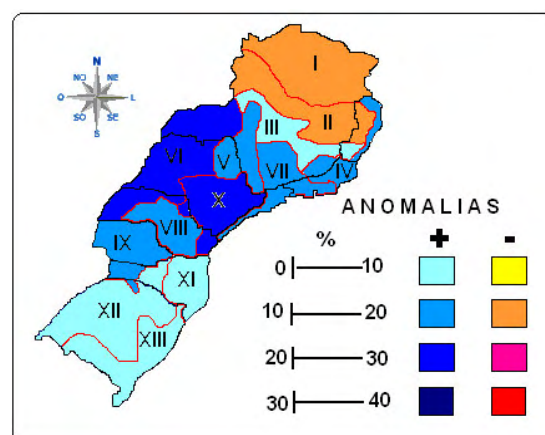


Figura 135: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *El Niño* de 1982/83.

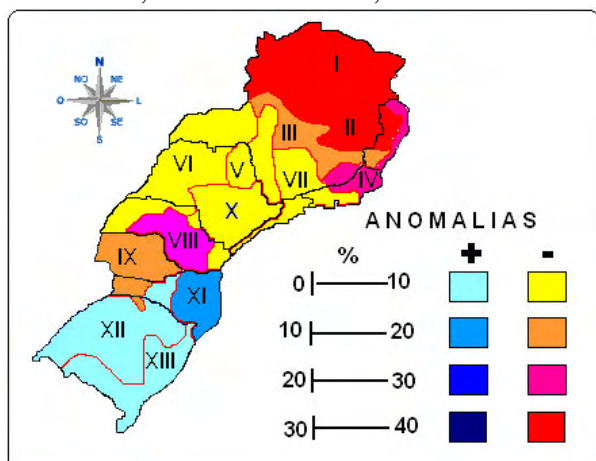


Figura 136: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *El Niño* de 1992/93.

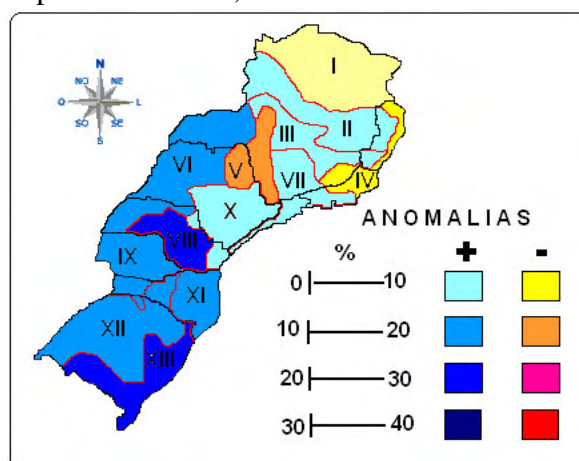


Figura 137: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *El Niño* de 1997/98.

Algumas áreas tais como, Bacia do Uruguai, Triângulo Mineiro e áreas isoladas de grandes altitudes (serra da Mantiqueira, Serra do Espinhaço) tendem a apresentar as mais fortes anomalias positivas de precipitação, enquanto as regiões equivalentes às áreas I (Vale do São Francisco e do Jequitinhonha) e II (Minas Gerais centro-norte) tendem a apresentar anomalias negativas de precipitação.

Segundo Cruz (2006) o evento *El Niño* de 1982/1983 foi de grande intensidade na região Sul, sobretudo, na cidade de Blumenau (SC), no Vale do Itajaí, onde chegou a chover mais de 800 mm no mês de julho de 1983. No entanto, nota-se que o ano de 1982 apresentou anomalias positivas de precipitação muito mais intensas para a região Sudeste do que para a região Sul (Figura 135, mostrada anteriormente).

Neste sentido, ressalta-se a importância dos estudos relativos as chuvas intensas nas localidades sujeitas a estes fenômenos (Oliveira et al. 1998). Pois, ao que tudo indica, as inundações que ocorrem no Vale do Itajaí, sem considerar aqui o processo de ocupação do solo, estão ligadas mais diretamente a este fenômeno do que ao *El Niño*.

Entende-se, ainda, que embora o coeficiente de variação (CV) e o índice de irregularidade meteorológica (IIM) forneçam uma boa descrição da variabilidade do regime de precipitação, como já foi comentado anteriormente, pode ocorrer, em alguns casos uma compensação entre os anos e os meses mais chuvosos e, conseqüentemente, essas estatísticas podem não refletir variações mais pontuais do regime de precipitação, por exemplo: o caso das chamadas chuvas extremas. Neste sentido, observa-se que embora a Área VII (Vale do Paraíba) apresente indicadores favoráveis, CV=13,03% (variabilidade interanual) e IIM= 1,9, algumas cidades (Campinas, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, Santos, São Paulo, Taubaté e Ubatuba) localizadas nesta área têm sido prejudicadas pelas chuvas intensas ocorridas em determinados anos e meses do ano.

Como argumentou Silva et al. (2003), a variabilidade interanual (CV=14%) da precipitação, para o período de 1914 a 2000, na cidade de Uberaba é baixa porque ocorre uma compensação entre os meses mais secos e os mais chuvosos do ano, fazendo com que totais anuais de precipitação sejam mais uniformes de ano para ano do que no interior dos anos. O coeficiente de variabilidade interanual não mostra, por exemplo, que em Uberaba a variabilidade sazonal mensal na estação seca foi de 61,37% (mês de abril) a 161,08% (mês de agosto).

Indica-se também que fatores estáticos locais podem influir na variabilidade da precipitação, como bem mostrou Azevedo et al. (2002) para a Bacia do Iguaçu, Silva et al. (2004) para as bacias do Uruguai e do Rio Ibicuí; e Martins et al. (1998) para o Rio Grande do Sul.

4.4.4.2. Influência do *La Niña* na precipitação

A precipitação apresenta comportamento diferenciado, conforme o evento de *La Niña*. As Figuras 138, 139, 140 e 141 apresentam as anomalias de precipitação (em %)

aos totais anuais para anos sob influência do *La Niña*: 1974 (forte intensidade), 1975 (forte intensidade), de 1985 (fraca intensidade) e 1999 (forte intensidade).

No evento de 1974, salvo, as áreas I (Vale do São Francisco e do Jequitinhonha), V (Minas Gerais - sul e Cuestas Basálticas) e VI (Planalto Arenito- Basáltico) observa-se que todo o restante da área de estudo apresentou anomalias negativas de precipitação. É possível que a precipitação do Planalto Arenito-Basáltico, sob influência de alguns casos de *La Niña* de forte intensidade (Figura 138), seja modulada pela Baixa do *Chaco*. Em 1975, salvo a Área IV (Zona da Mata, Norte - RJ e litoral – ES) todas as demais áreas apresentaram anomalias negativas de precipitação (Figura 139).

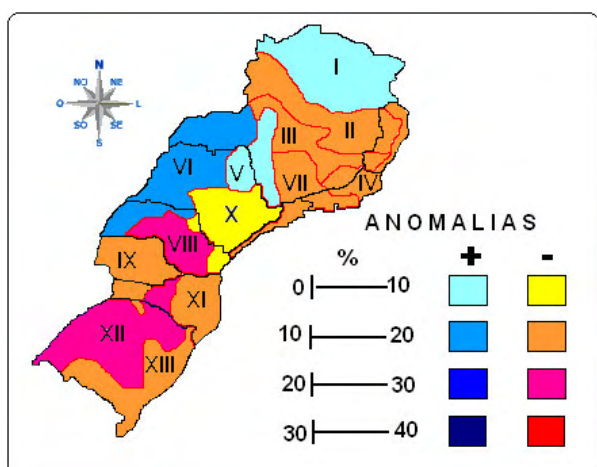


Figura 138: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *La Niña* de 1974.

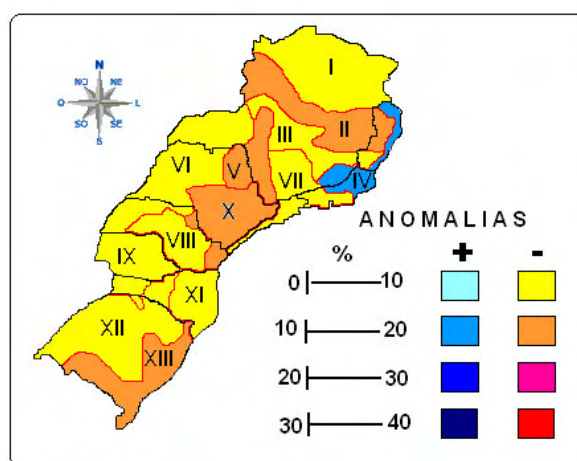


Figura 139: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *La Niña* de 1975.

No ano de 1985, toda região acima da Área V (Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas) apresentou anomalias positivas de precipitação (Figura 140). No ano de 1999, somente a Área I apresentou anomalias de precipitação ligeiramente positivas (Figura 141).

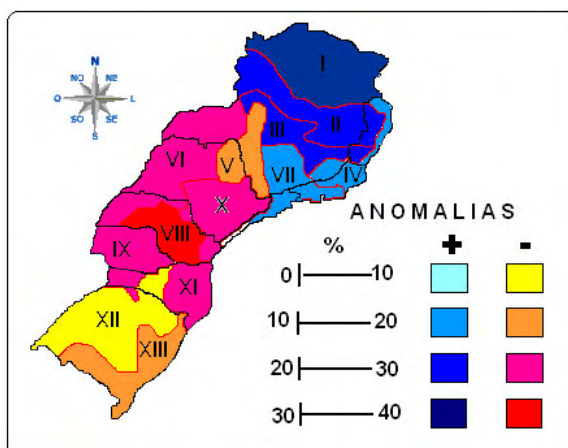


Figura 140: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *La Niña* de 1985

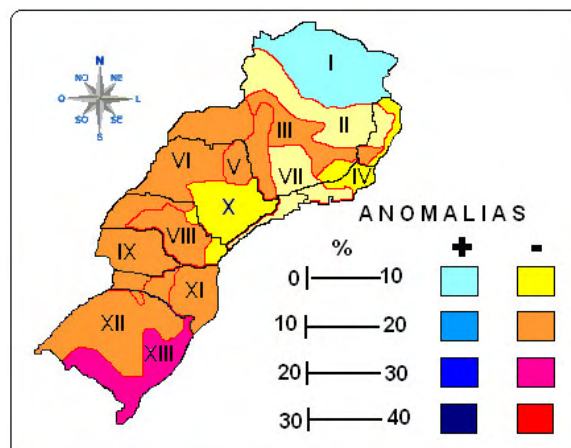


Figura 141: Anomalias de precipitação (%) para total anual, *La Niña* de 1999

Os anos de *La Niña* se caracterizam por uma tendência a chover, ligeiramente, abaixo da normal climatológica nas áreas II, III IV e VI. Nas áreas VIII, IX, XI, XII e XIII observa-se moderada tendência a diminuição da precipitação, e nas áreas V e VI, ora ocorrem anomalias positivas, ora ocorrem anomalias negativas de precipitação.

4.5. Influência da variabilidade sazonal da atmosfera no regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul

Dentre os fatores atmosféricos que influem na variabilidade espacial da precipitação na América do Sul, assinalam-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCAS influencia o comportamento da precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil, enquanto a ZCIT influencia a precipitação da região Nordeste. A ocorrência de veranicos e enchentes severas nas regiões Sudeste e Sul no período de verão está associada à ZCAS. A identificação dos padrões de circulação associados a estes fenômenos auxiliam na previsão do tempo e do clima, sendo de grande utilidade na prevenção dos impactos negativos que afetam a agricultura e a sociedade. A variabilidade sazonal e interanual da precipitação dependem ainda, de outras características relacionadas como, circulação atmosférica (ciclones, anti-ciclones e frentes frias) e também dos fenômenos relacionados à interação da atmosfera com o oceano tais como, o *El Niño* e o

La Niña. Nas próximas seções identifica-se e analisa-se a influência desses fenômenos no regime de precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

4.5.1. Variabilidade sazonal da ZCAS

A variabilidade sazonal da ZCAS foi analisada através das médias mensais de radiação de ondas longas emergentes (ROLE), calculadas para o período de setembro de 1974 a dezembro de 2002.

Utilizaram-se pontos de grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ localizados entre as latitudes 20° N e 35° S e longitudes 0° e 90° W (Figura 142).

As zonas de maior atividade convectiva são identificadas observando-se os menores valores da ROLE em $W.m^2$, considerando que para valores de ROLE acima de $240 W/m^2$ não se observa convecção (Kousky, 1988).

Na análise mensal dos campos médios de ROLE considera-se variáveis, os meses e unidades observacionais, 792 pontos de grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ (Quadro 13).

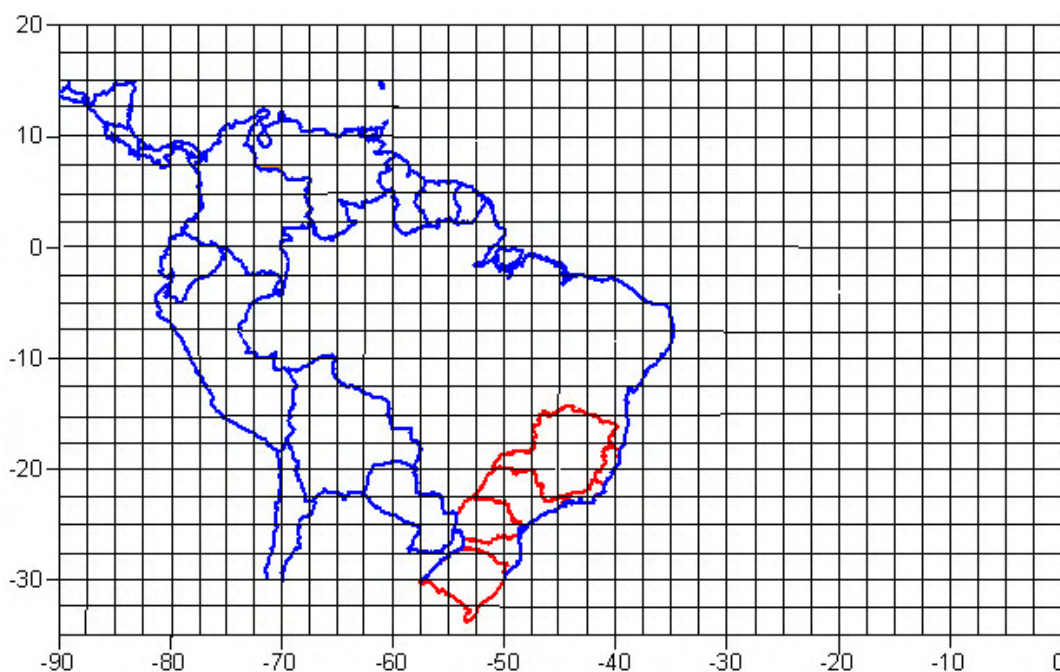


Figura 142: Área de cobertura para a radiação de ondas longas emergentes (ROLE).

Quadro 13: Matriz de valores de ROLE (W.m^2), modo T.

Grade	Latitude	Longitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	20	-90,0	263	266	271	271	271	261	237	239	238	251	261	261
2	20	-87,5	263	267	271	269	269	255	236	244	241	245	256	260
3	20	-82,0	266	270	273	272	271	258	243	253	251	247	255	262
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
790	-35	-5,0	245	248	243	235	235	229	228	229	229	227	232	240
791	-35	-2,5	247	249	246	237	236	230	229	229	231	228	234	241
792	-35	0,0	248	251	247	238	238	231	231	231	231	230	235	243

Na primavera (setembro, outubro e novembro) observa-se forte atividade convectiva na América Central (AC). Nesta época do ano a convecção na América Central está associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Figuras 143 A, 144 A e 145 A) .

Este sistema atua transportando a umidade do Oceano Atlântico para a faixa equatorial do continente sul-americano, o que provoca o aumento da precipitação em partes da região Norte e Nordeste do Brasil (Uvo, 1989).

Segundo Cavalcanti (1996), a região Nordeste possui uma alta variabilidade interanual e anual da precipitação devido à influência da ZCIT, dos vórtices ciclônicos em altos níveis, dos distúrbios de leste, das linhas de instabilidade associadas à brisa marítima e devido à aproximação de sistemas frontais sobre o oceano. As secas que ocorrem na região Nordeste são influenciadas pelo deslocamento e pela intensidade da circulação de Walker, a configuração da teleconexão Pacific North America (PNA) e o deslocamento para o norte da célula de Hadley.

No mês de setembro chove, entre 10 mm e 30 mm, na região norte do estado de Minas de Gerais e sua área central³⁷ apresenta níveis de precipitação, entre 30 mm e 50 mm no mês (Figuras 143 B). No entanto, no oeste da região Sul, região equivalente a Área

³⁷ Estas regiões equivalem à Área I e à Área II delimitadas na primeira seção dos resultados.

XII (Bacia do Uruguai) observam-se níveis de precipitação que chegam à ordem de 170 mm mensais.

No mês de outubro a atividade convectiva estende-se por grande parte do Brasil (Figura 144 A). Observa-se, ainda, na região Equatorial, a presença da ZCIT, entretanto, a presença da ZCAS é nitidamente marcada por uma banda de ROLE com valores relativamente baixos e orientação NW/SE, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até o Oceano Atlântico Sudoeste. Observa-se para o mês de outubro um ligeiro aumento da precipitação em toda a região Sudeste. No norte dos estado de Minas Gerais a precipitação mensal, nesta época do ano, é da ordem de 100 mm e na região equivalente à Área V (Minas Gerais Sul e Cuestas Basálticas); a precipitação média varia entre 140 mm e 160 mm (Figura 144 B).

No mês de novembro a ZCAS continua atuando e os níveis de precipitação aumentam nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. No estado de Minas Gerais, chove mais na área III (Minas Gerais centro-sul). Porém, algumas regiões, tais como Área IV (Zona da Mata – norte do RJ e litoral – ES), Área X (São Paulo – sul) e Área XI (Vale do Itajaí - Planalto de Lajes) tendem a apresentar níveis de precipitação abaixo de 100 mm (Figura 145 A e 145 B).

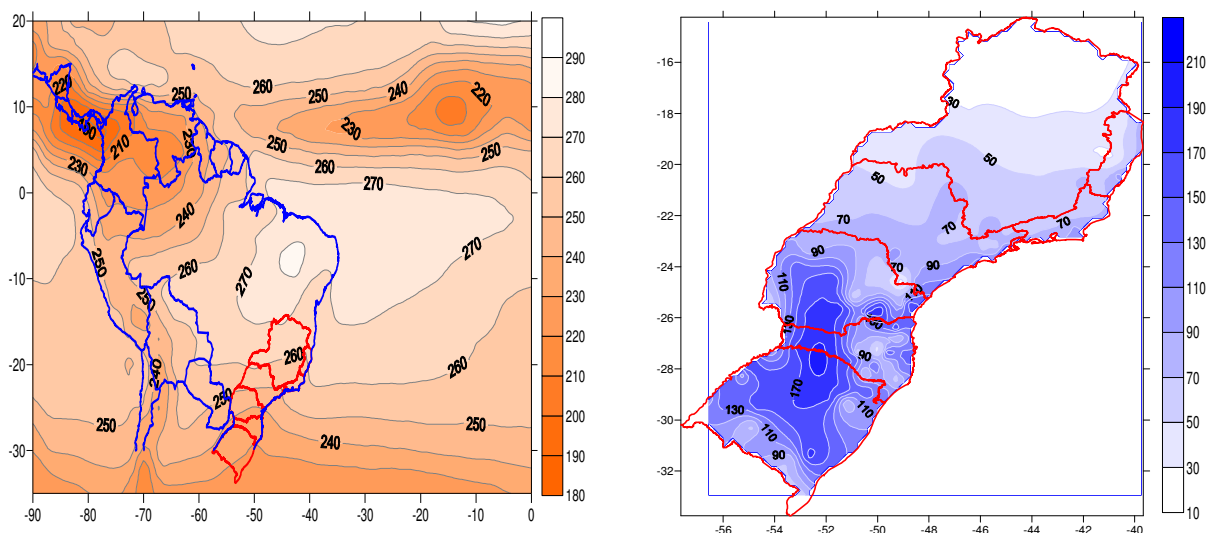


Figura 143 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), setembro, para o período de 1974 a 2002. **Figura 143 B:** Média mensal de precipitação (mm), setembro, para o período de 1974 a 2002.

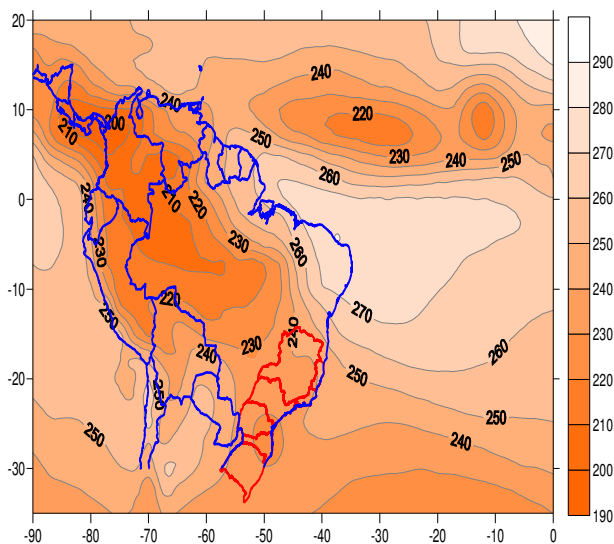


Figura 144 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), outubro, para o período de 1974 a 2002.

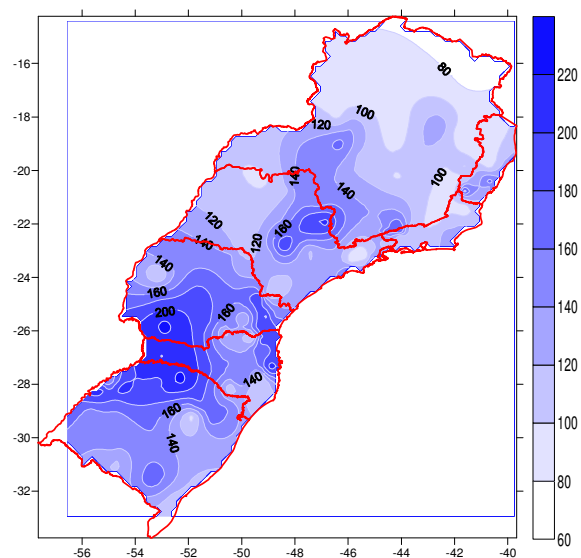


Figura 144 B: Média mensal de precipitação (mm), outubro, para o período de 1974 a 2002.

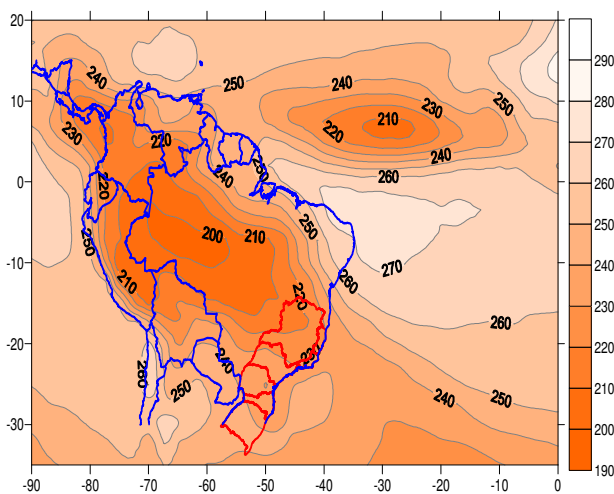


Figura 145 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), novembro, para o período de 1974 a 2002.

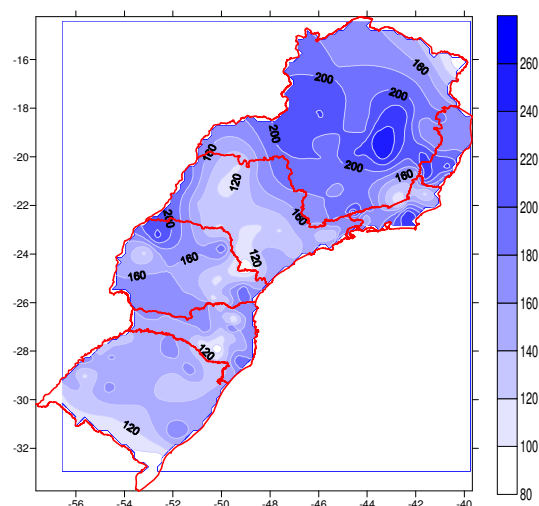


Figura 145 B: Média mensal de precipitação (mm), novembro, para o período de 1974 a 2002.

No verão (dezembro, janeiro e fevereiro) a Amazônia Central apresenta forte atividade convectiva e a ZCAS apresenta-se nitidamente visível. A ZCAS está associada a uma circulação anticiclônica em altos níveis, que no verão é denominada Alta da Bolívia (AB) e no inverno desloca-se para o Noroeste atingindo à América Central (Cavalcanti e Rowntree, 1998) (Figuras 146 A, 147 A e 148 A).

Observa-se no mês de dezembro, prolongando-se por todo o verão, forte atividade convectiva em praticamente todas as regiões do Brasil. No entanto, destaca-se os altos níveis de precipitação associados, sobretudo, à orografia nas regiões equivalentes às Áreas III (Minas Gerais centro-sul), V (Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas) e VII (Vale do Paraíba) (Figuras 146 B, 147 B e 148 B).

Nas Áreas IX (Bacia do Chapecó-Iguaçu) e XIII (Serra Geral – Bacia do Rio Guaíba) as fortes precipitações que ocorrem no período do verão estão associadas com a formação das frentes frias que atuam no sul do Brasil. Segundo Kodama (1993), Rocha e Gandu (1996), estas frentes frias ao se encontrarem com o ar tropical no Sudeste e no Centro-Oeste estacionam aumentando, a precipitação pluviométrica durante o período de verão.

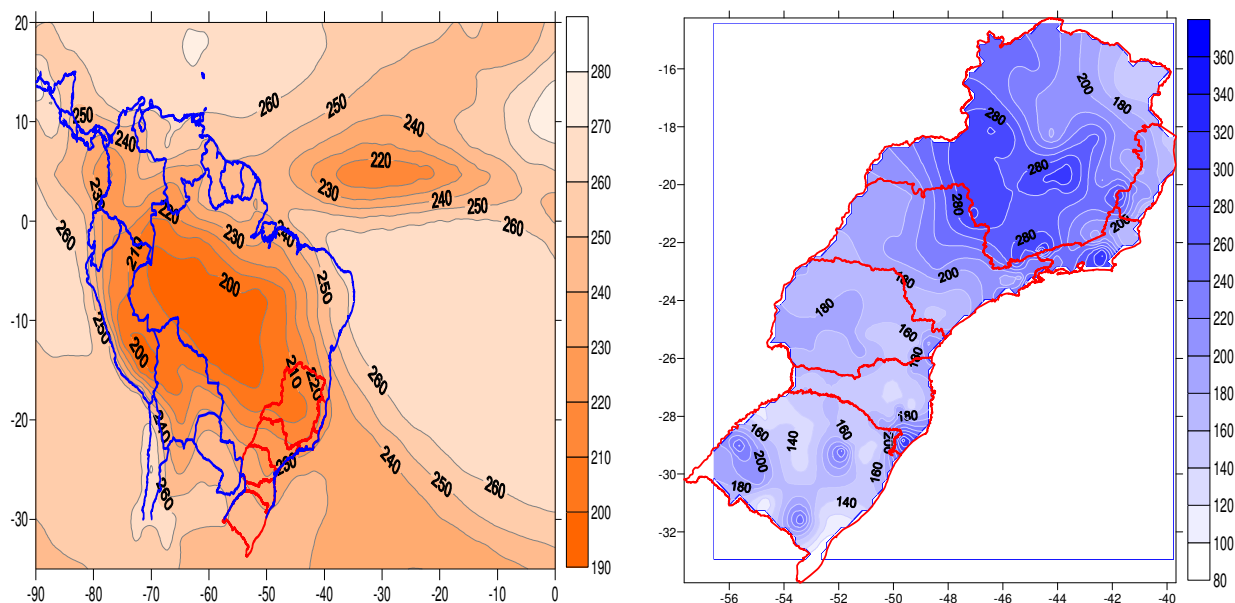


Figura 146 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), dezembro, para o período de 1974 a 2002. **Figura 146 B:** Média mensal de precipitação (mm), dezembro, para o período de 1974 a 2002.

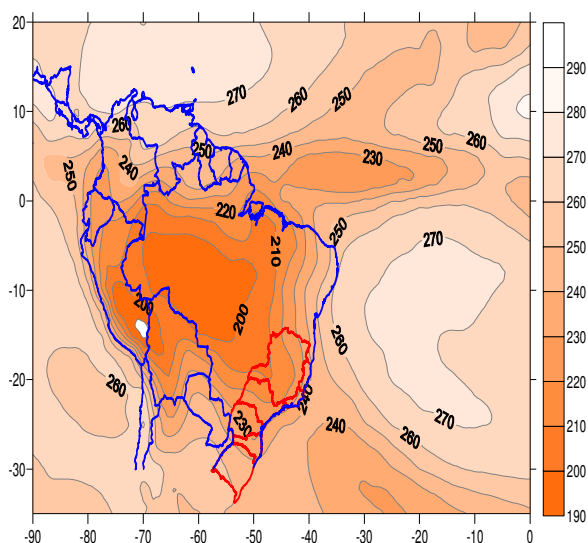


Figura 147 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), janeiro, para o período de 1974 a 2002.

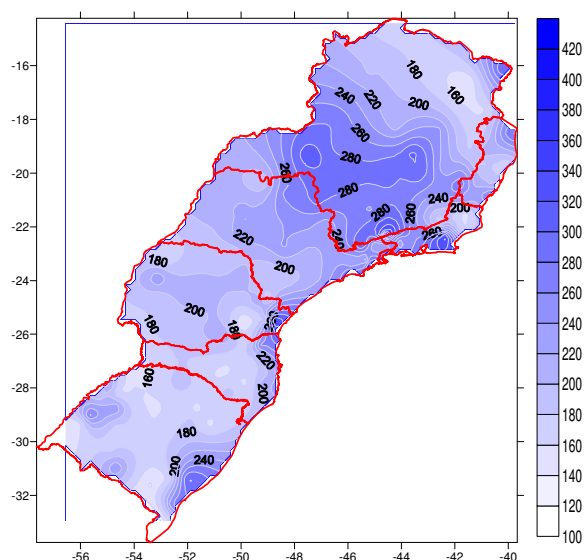


Figura 147 B: Média mensal de precipitação (mm), janeiro, para o período de 1974 a 2002.

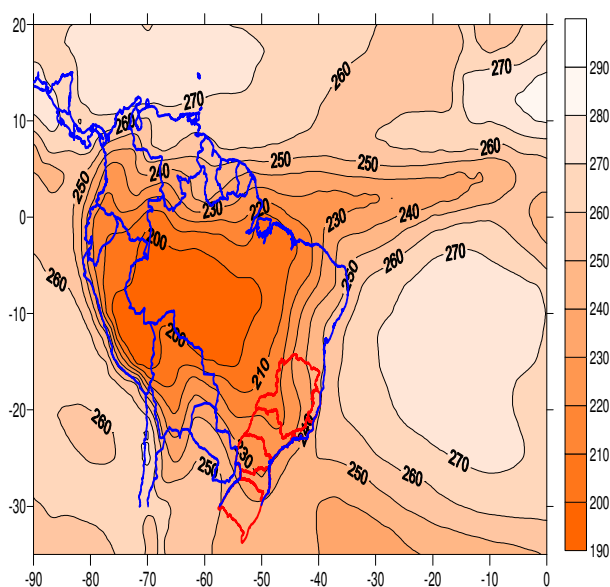


Figura 148 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), fevereiro, para o período de 1974 a 2002.

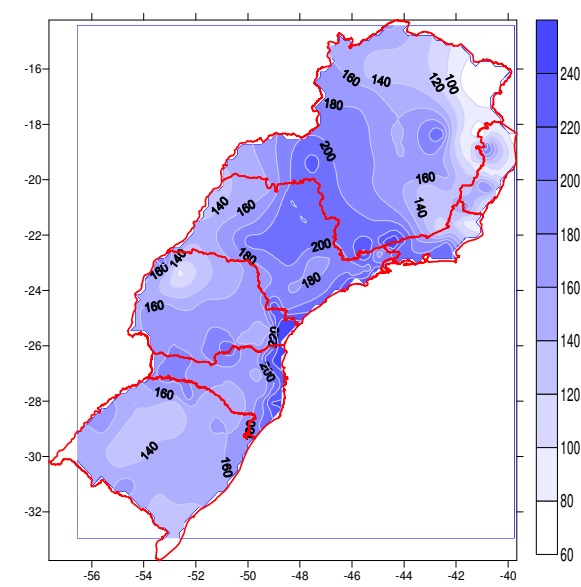


Figura 148 B: Média mensal de precipitação (mm), fevereiro, para o período de 1974 a 2002.

No início do outono (março, abril e maio) a área de convecção encontra-se deslocada para região Sul (Figura 149 A) e observam-se maiores níveis de precipitação nas regiões, onde se localizam, aproximadamente, as áreas III (Minas Gerais Centro Sul), V (Minas Gerais – Sul e Cuestas Basálticas) e a área VII (Vale do Paraíba) (Figura 149 B).

Com a diminuição da atividade convectiva a partir do mês de março, pode-se notar o início do deslocamento da ZCIT em direção ao Hemisfério Norte. No mês de abril a atividade convectiva praticamente desaparece, restringindo-se à região Amazônica (Figura 150 A). Neste mês, as precipitações da região norte do estado do Paraná e da região Sudeste não ultrapassam 80 mm (Figura 150 B). Nas regiões correspondentes às áreas I (Vale do São Francisco e Jequitinhonha), II (Minas Gerais centro-norte) e à área III (Minas Gerais centro-sul) a contribuição do mês de abril, ao total anual de precipitação acumulada, gira em torno de 5%; mas observam-se em alguns pontos da região Sul (aproximadamente, Área IX e Área XII) níveis de precipitação variando entre 130 mm e 150 mm (Figura 150 B).

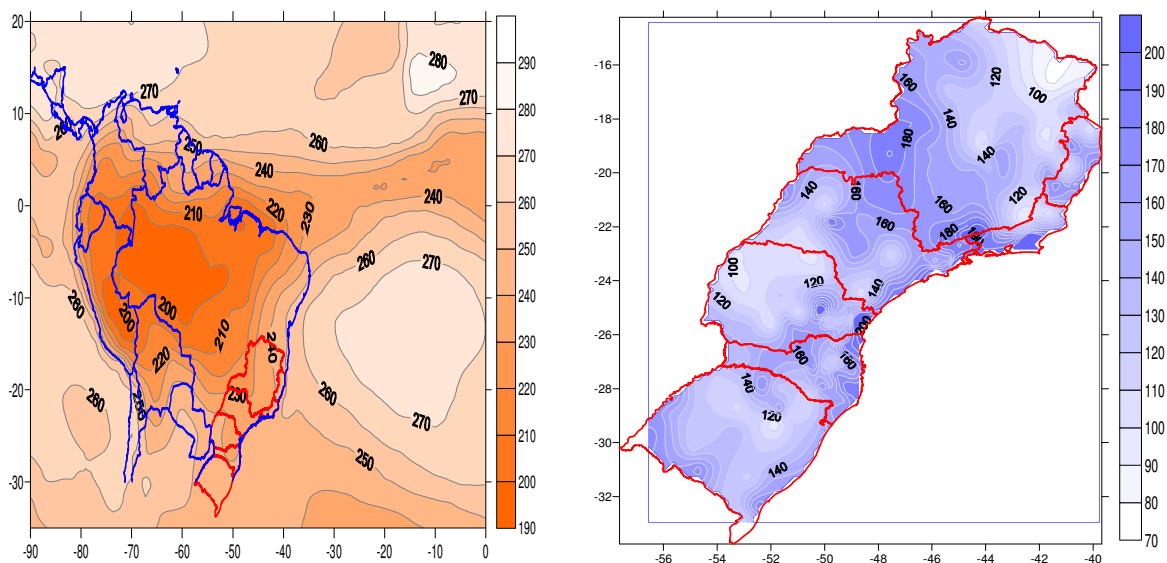


Figura 149 A: Média mensal de ROLÉ (Wm^2), março, para o período de 1974 a 2002. **Figura 149 B:** Média mensal de precipitação (mm), março, para o período de 1974 a 2002.

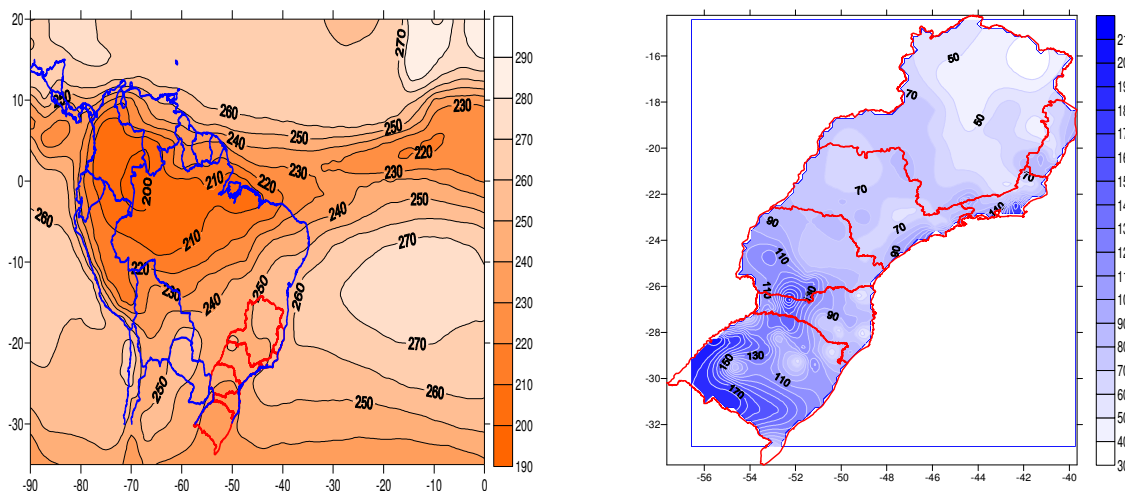


Figura 150 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), **Figura 150 B:** Média mensal de precipitação (mm), abril, para o período de 1974 a 2002.

No mês de abril a convecção restringe-se ao leste da região Amazônica e a América Central (Figura 151 A). As maiores precipitações são observadas na Área IX (Bacia do Chapecó – Iguaçu), em que a orografia exerce importante papel na dinâmica de circulação das massas de ar polar que atingem esta região e acabam por provocar precipitação (Figura 151 B); e na Área XII (Bacia do Uruguai) que embora situe em altitudes com média de 284 m (terras baixas), apresenta a segunda maior precipitação anual (1.787 mm) e um dos menores índices de irregularidade meteorológica (IIM= 1,9) da área de estudo, sendo a precipitação bem distribuída durante o ano.

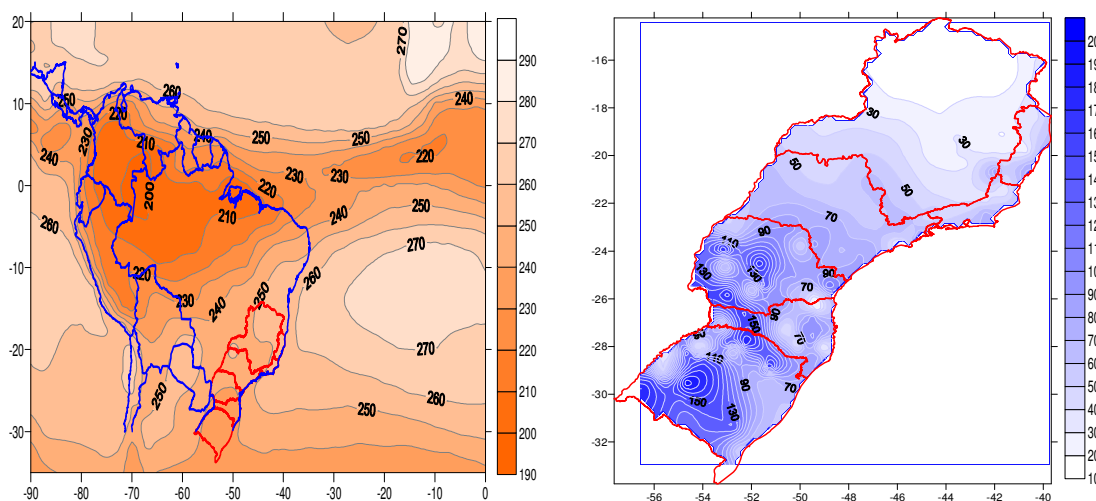


Figura 151 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), maio, para o período de 1974 a 2002. **Figura 151 B:** Média mensal de precipitação (mm), maio, para o período de 1974 a 2002.

No inverno (junho, julho e agosto) a ZCAS desaparece totalmente e os níveis de precipitação atingem o mínimo em toda a região Sudeste, sobretudo no estado de Minas Gerais (Figura 152 A, 152 B, 153 A, 153 B, 154 A e 154 B).

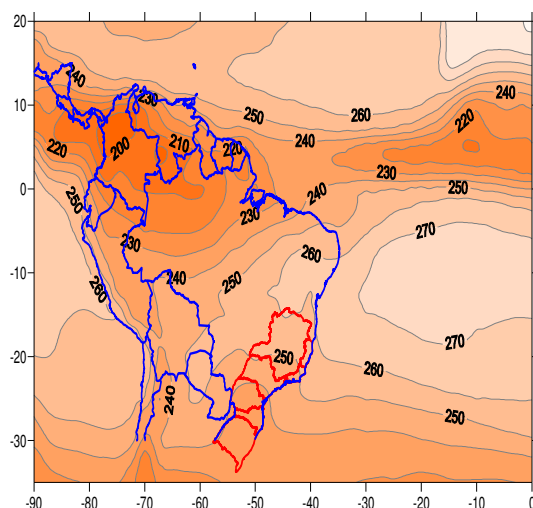


Figura 152 A: Média mensal de ROLÉ (Wm^2), junho, para o período de 1974 a 2002.

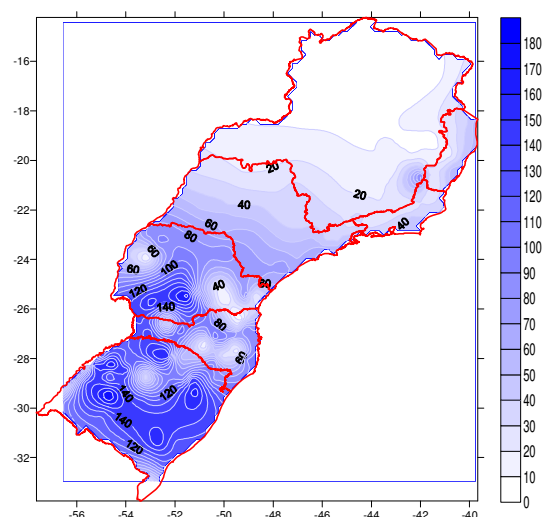


Figura 152 B: Média mensal de precipitação (mm), junho, para o período de 1974 a 2002.

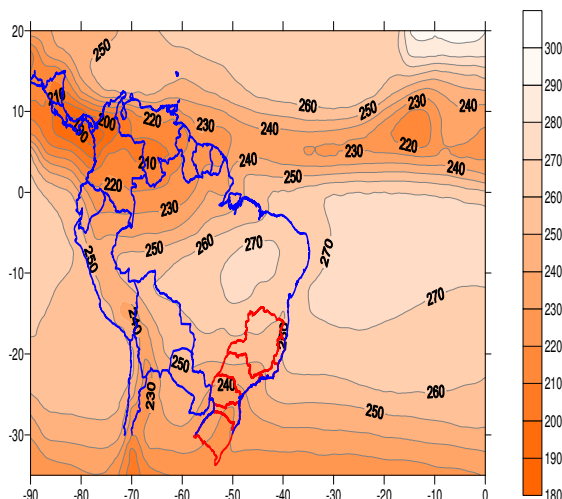


Figura 153 A: Média mensal de ROLÉ (Wm^2), julho, para o período de 1974 a 2002.

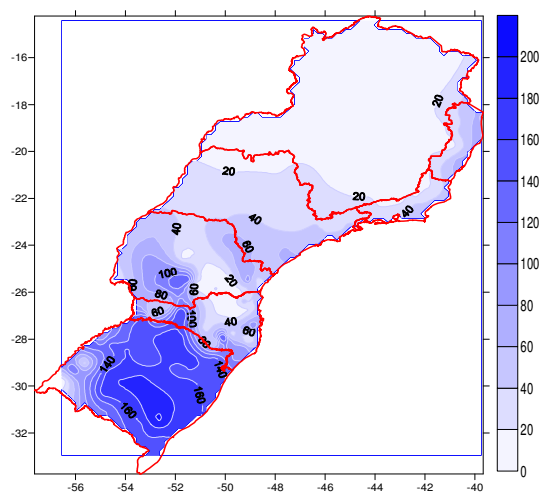


Figura 153 B: Média mensal de precipitação (mm), julho, para o período de 1974 a 2002.

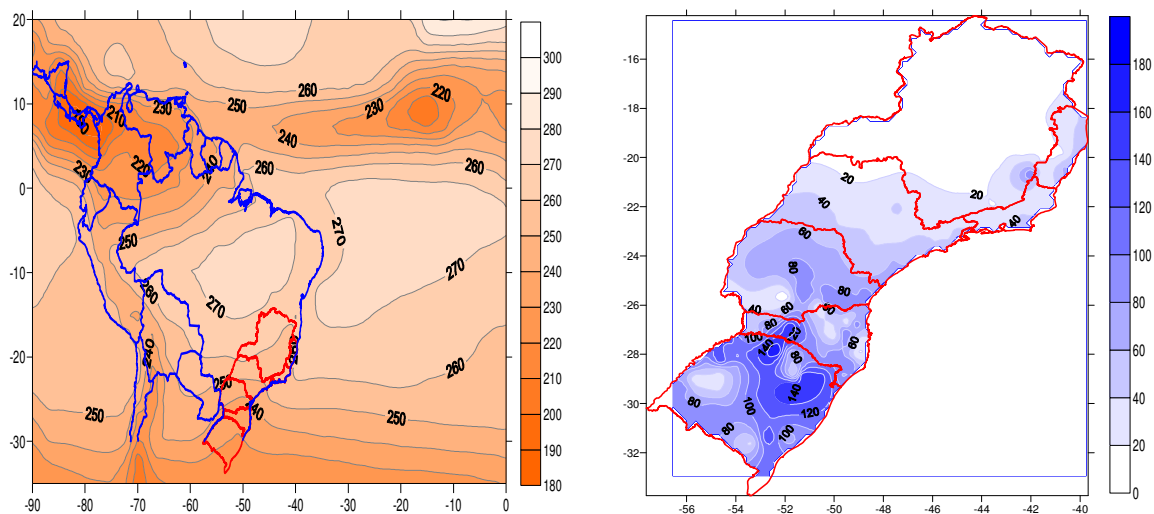


Figura 154 A: Média mensal de ROLE (Wm^2), agosto, para o período de 1974 a 2002.

Figura 154 B: Média mensal de precipitação (mm), agosto, para o período de 1974 a 2002.

4.5.2. Padrões sazonais da radiação de ondas longas emergentes e suas relações com a precipitação nas regiões Sudeste e Sul

Os padrões sazonais da radiação de ondas longas emergentes (ROLE) atuante na América do Sul são determinados através da análise de componentes principais (ACP). Em função da grande massa de dados utilizada na análise e da complexidade dos algoritmos envolvidos no cálculo da ACP, para identificar as regiões convectivas e reduzir o esforço computacional, procedeu-se a seguinte transformação nos dados de ROLE:

$$\text{Convecção} = \text{ROLE}_{\text{obs}} - 240 \text{ W/m}^2$$

Em que:

240 W/m^2 = limite máximo para ocorrência de convecção;

ROLE_{obs} = média mensal de ROLE observada.

Com esta definição, sempre que o valor da ROLE for menor que zero, significa que há convecção.

Desta forma, na matriz utilizada na ACP, considerou-se como variáveis os meses, como casos 792 pontos de grade e como dados os valores de ROLE transformados (Quadro 14).

Quadro 14: Matriz de dados transformados de ROLE, modo T.

Grade	Latitude	Longitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	20,0	-90,0	23	26	31	31	31	21	-3	-1	-2	11	21	21
2	20,0	-87,5	23	27	31	29	29	15	-4	4	1	5	16	20
3	20,0	-82,0	26	30	33	32	31	18	3	13	11	7	15	22
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
790	-35,0	-5,0	5	8	3	-5	-5	-11	-12	-11	-11	-13	-8	0
791	-35,0	-2,5	7	9	6	-3	-4	-10	-11	-11	-9	-12	-6	1
972	-35,0	0,0	8	11	7	-2	-2	-9	-9	-9	-9	-10	-5	3

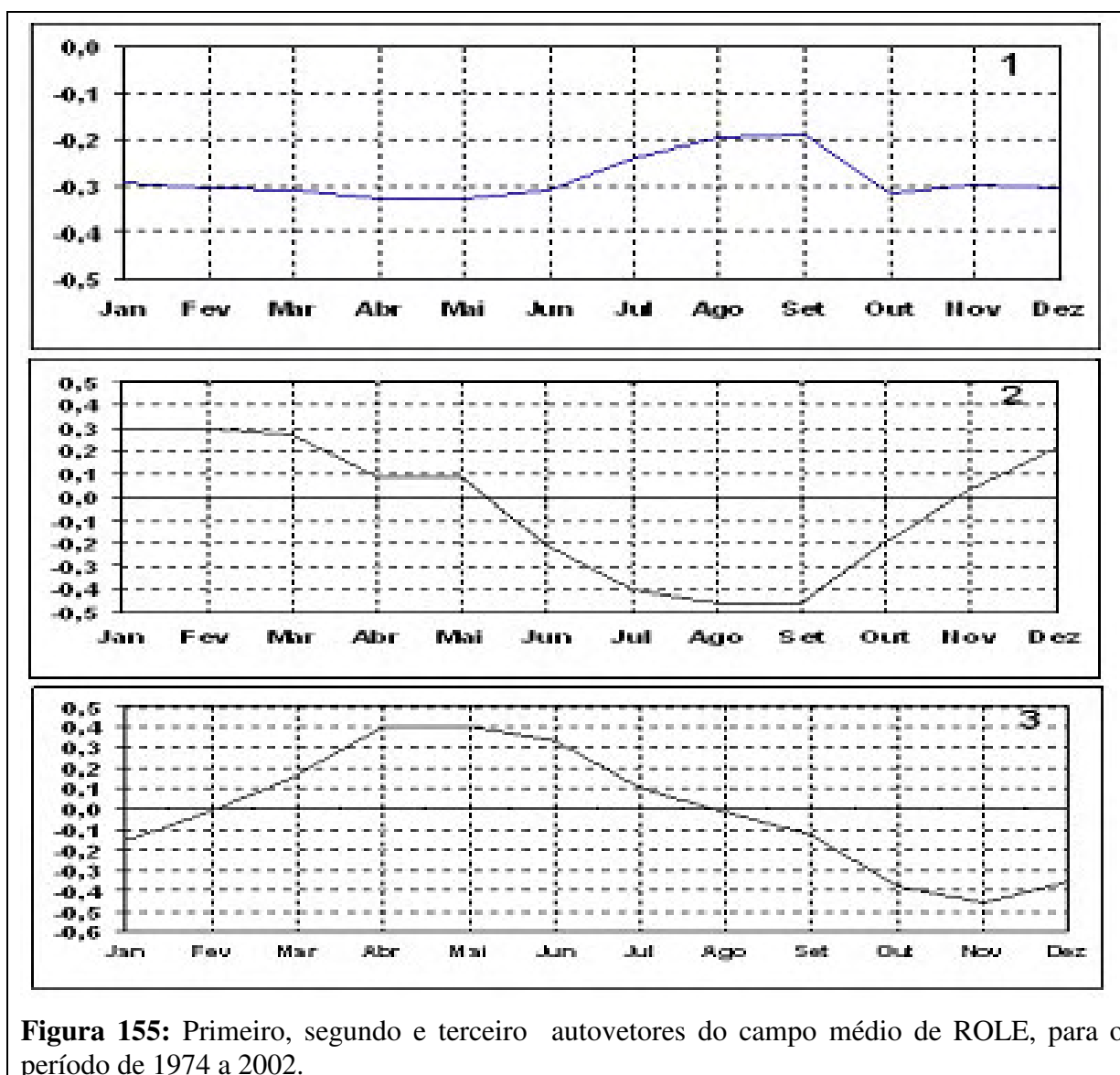
Para a precipitação aplicou-se ACP à matriz de médias mensais (média de 31 anos) de precipitação calculadas, para o período 1974 a 2002. Foram consideradas como variáveis os meses e como casos 164 estações pluviométricas (Quadro 15)

Em relação à ROLE, as três primeiras componentes principais (CP) explicam 96,27% (61,45%, 26,06% e 8,76%) da variabilidade dos dados. As interpretações físicas são baseadas na matriz de *Factor Loadings* e nos gráficos de autovetor (Quadro 16).

Quadro 16: Pesos Fatoriais (Factor Loadings) para a matriz de dados transformados de ROLE, modo T.

Variáveis	1 ^o CP	2 ^o CP	3 ^o CP
Jan	-0,797561	0,534234	-0,162965
Fev	-0,824915	0,534582	-0,010326
Mar	-0,846493	0,486676	0,173027
Abr	-0,889317	0,154374	0,413323
Mai	-0,889090	0,154076	0,412592
Jun	-0,839396	-0,369114	0,343703
Jul	-0,649804	-0,726481	0,103655
Ago	-0,533448	-0,821844	-0,015665
Set	-0,514421	-0,820153	-0,124887
Out	-0,806872	-0,337757	-0,391665
Nov	-0,859668	0,054442	-0,469168
Dez	-0,832996	0,377709	-0,367692
Var. expl.	7,374482	3,127413	1,051107
Prop. Total	0,614540	0,260618	0,087592

O primeiro autovetor apresenta coeficientes negativos e pouca variabilidade ao longo do ano, entretanto observa para os meses de inverno uma diminuição da atividade convectiva. Fisicamente representa o comportamento médio da ROLE. Os coeficientes do segundo autovetor são positivos de novembro a maio e negativos entre os meses junho e outubro (mínimo junho e agosto) e representa o período de inverno. O terceiro autovetor apresenta coeficientes negativos de agosto a janeiro e positivos de fevereiro a julho e representa o período primavera/verão (Figura 155).



As três primeiras componentes principais (CP) da matriz de médias mensais de precipitação explicam 61,49% (34,22%, 14,17% e 13,10%) da variabilidade dos dados (Quadro 17).

Quadro 17: Pesos Fatoriais (Factor Loadings) para matriz de médias mensais (mm) de precipitação modo T.

Variáveis	1º CP	2º CP	3º CP
"jan"	-0,152209	0,718299	0,021142
"fev"	0,267546	0,766512	-0,108237
"mar"	0,012750	0,509135	0,675133
"abr"	0,652198	-0,117038	0,015603
"mai"	0,732116	0,101290	-0,085971
"jun"	0,725181	-0,010929	-0,204300
"jul"	0,741877	-0,135256	-0,111918
"ago"	0,735980	-0,074219	-0,149621
"set"	0,849021	0,076479	0,008340
"out"	0,747995	0,285824	0,192269
"nov"	-0,005215	-0,246083	0,842687
"dez"	-0,389585	0,376519	0,522358
Var. expl.	4,106338	1,700460	1,572269
Prop. Total	0,342195	0,141705	0,131022

Para o primeiro autovetor os coeficientes dos meses de novembro, dezembro e janeiro são negativos e os demais positivos, com pouca variabilidade ao longo do ano refletindo o campo médio de precipitação. Os coeficientes do segundo autovetor são positivos no período de verão e representam o período chuvoso. O terceiro autovetor apresenta dois pontos extremos: o mês de novembro que marca o final da primavera e o início do verão; e o mês de fevereiro que marca o final do verão e o início do outono (Figura 156).

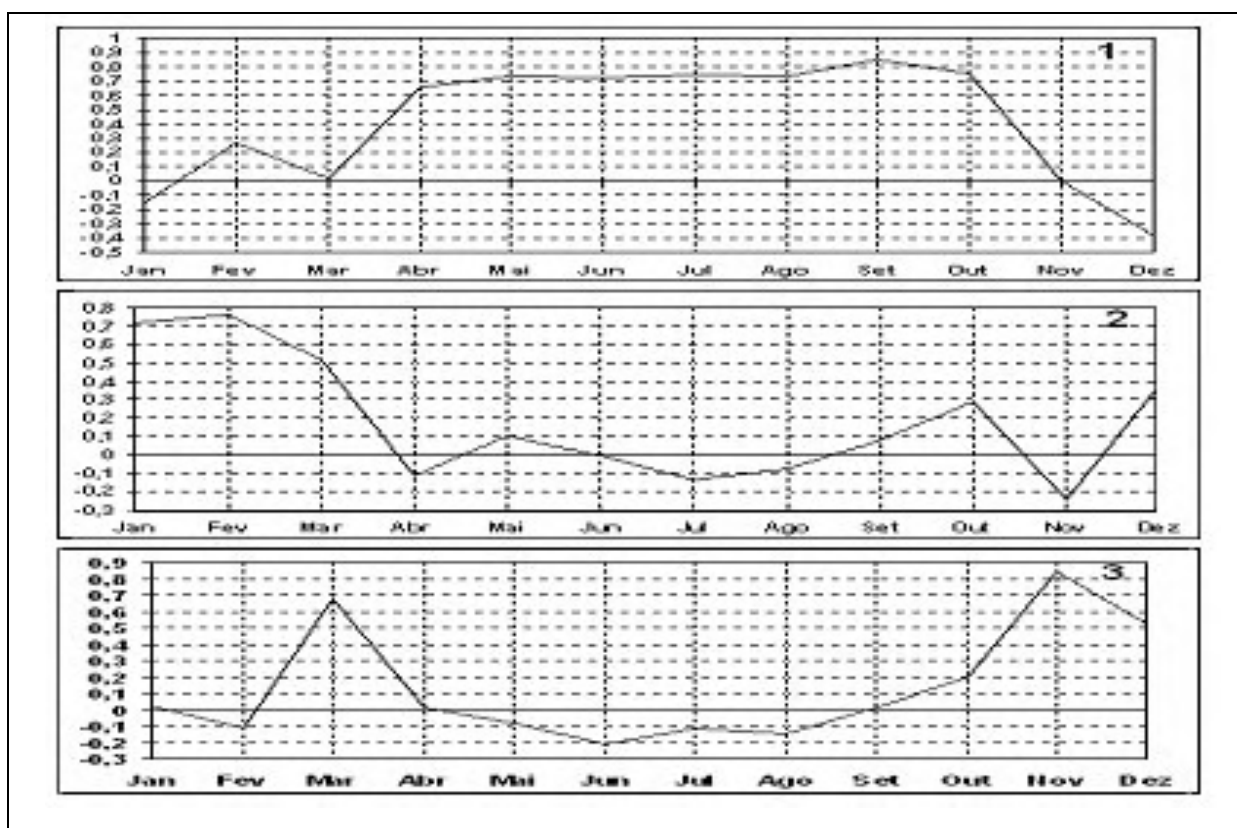


Figura 156: Primeiro, segundo e terceiro autovetores do campo médio de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

Embora, a primeira CP da ROLE explique 61,45% da variabilidade total dos dados, esta componente não apresenta correlação significativa, ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), com alguma CP obtida para os dados de precipitação das regiões Sudeste e Sul (Quadro 18).

Quadro 18: Correlação entre os autovetores de ROLE e de precipitação mensal média.

Precipitação	Radiação de Ondas Longas Emergentes (ROLE)		
	1ª CP médio	2ª CP primavera	3ª CP verão
1ª CP média	0,43	-0,73*	0,5*
2ª CP verão	0,38	-0,74*	0,43
3ª CP máx. novembro/fevereiro	-0,07	-0,21	-0,27

*correlações significativas ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$)

O comportamento médio da ROLE pode ser representado pela convecção associada a Alta da Bolívia. Sobretudo, no período inverno/primavera, no qual observa-se a presença da ZCIT, banda de forte atividade convectiva (valores negativos), que aparece na região Equatorial e tem forte influência no regime de precipitação da região Nordeste do Brasil (Figura 157).

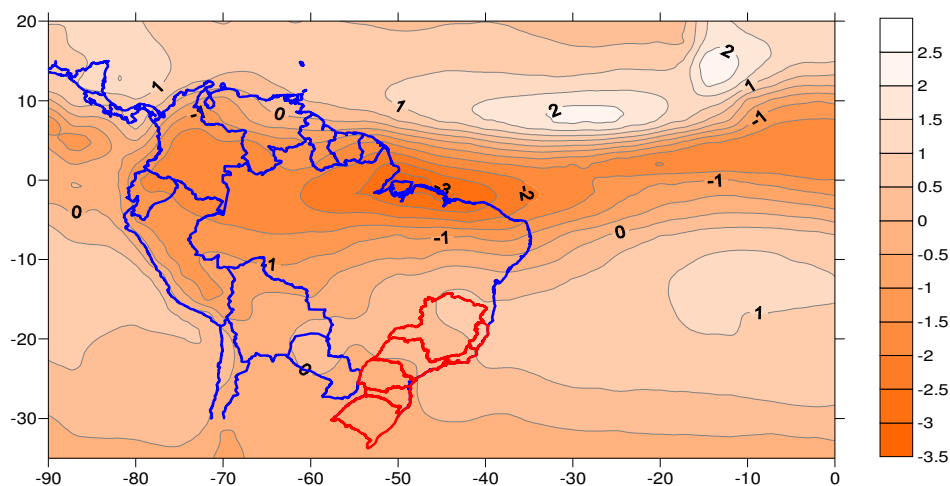


Figura 157: 1ª CP (campo médio) da ROLE, para o período de 1974 a 2002.

A segunda CP da ROLE (inverno) apresenta correlação ($r = -0,73$) significativa ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$) com a primeira CP (campo médio de precipitação) e com a segunda CP ($r = -0,74$), período de verão (chuvoso). Observa-se neste período do ano uma forte atuação da ZCIT na região Equatorial, uma área de subsidência no NE do Brasil e uma forte convecção na região da Amazônia do Leste (ZCAS) (Figura 158).

A ZCAS está associada com a formação das frentes frias³⁸ que atuam no sul do Brasil que, ao se encontrarem com o ar tropical no Sudeste e no Centro-Oeste aumentam a precipitação pluviométrica durante o período de verão (Kodama, 1993; Rocha e Gandu, 1996).

³⁸ A grande causa da formação das frentes frias é o encontro de duas massas de ar que interagem entre si: a Massa Polar Antártica (mPa) e a Massa Tropical Continental (mTc). A mPa (fria, úmida, instável e profunda) estende-se através da troposfera e penetra no continente sul-americano pelo Oeste ou pelo Sul/Sudoeste.

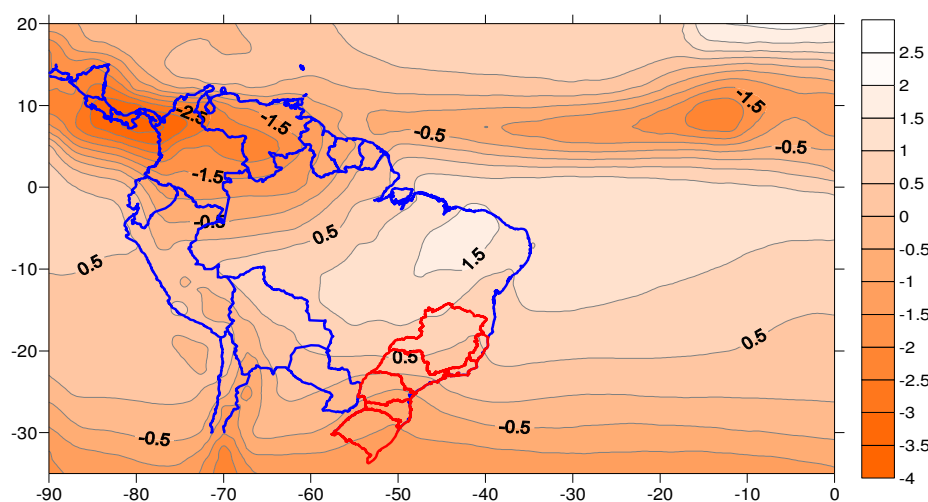


Figura 158: 2ª CP (inverno) de ROLE média mensal para o período de 1974 a 2002.

A penetração de frentes frias no Sul costuma provocar muitas nuvens em boa parte do Rio Grande do Sul. A umidade marítima provoca chuvas no Leste de Santa Catarina e do Paraná. Na Figura 159 observa-se que chove pouco na região Norte do estado de Minas Gerais. Na Bacia do Uruguai a precipitação observada é em torno de 170 mm (Figura 160).

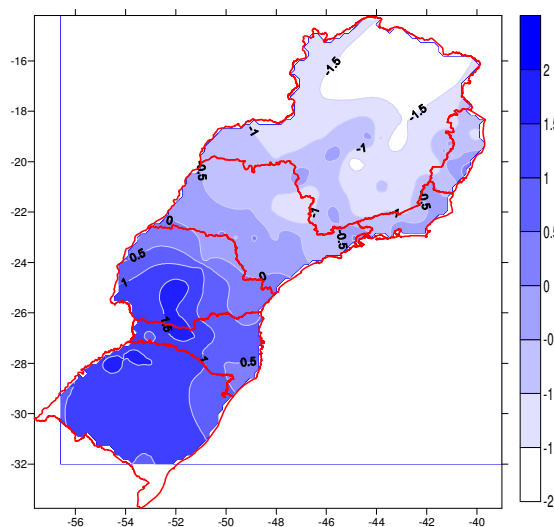


Figura 159: 1ª CP (campo médio) de precipitação média mensal para o período de 1974 a 2002.

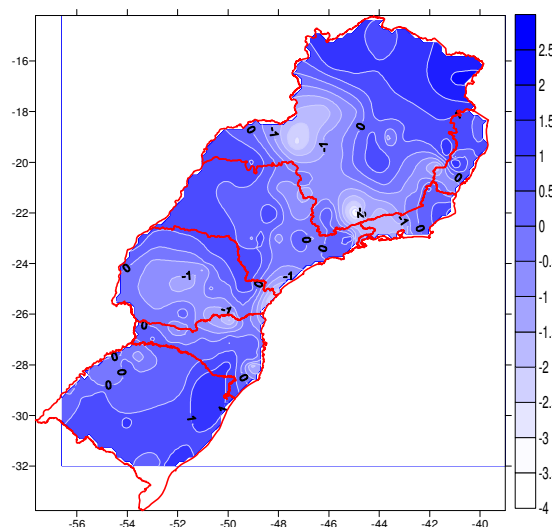


Figura 160: 2ª CP (verão) de precipitação média mensal para o período de 1974 a 2002.

Outro fenômeno comum que ocorre no período da primavera é a atuação de sistemas convectivos de mesoescala³⁹, que geralmente se desenvolvem sobre o Paraguai e alcançam, em curto espaço de tempo, o Sul do Brasil com precipitação intensa (Guedes, 1985 *apud* Studzinsk, 1995).

Durante a primavera, começo do outono e final do inverno, a Massa Polar (mPa), fria e seca, tem grande atuação na parte central, no centro-oeste, em parte do nordeste, em partes da região norte, na região Sudeste e região Sul do Brasil, causando o declínio da temperatura nestas regiões. Como consequência ocorre a formação de nevoeiros e granizo, desde o litoral da região Sul até o sul da região Nordeste do Brasil. Nas regiões serranas (Serra Catarinense e Serras Gaúchas) e no sul da região Sul, podem ocorrer a precipitação de neve ou a formação de geadas (Figura 161).

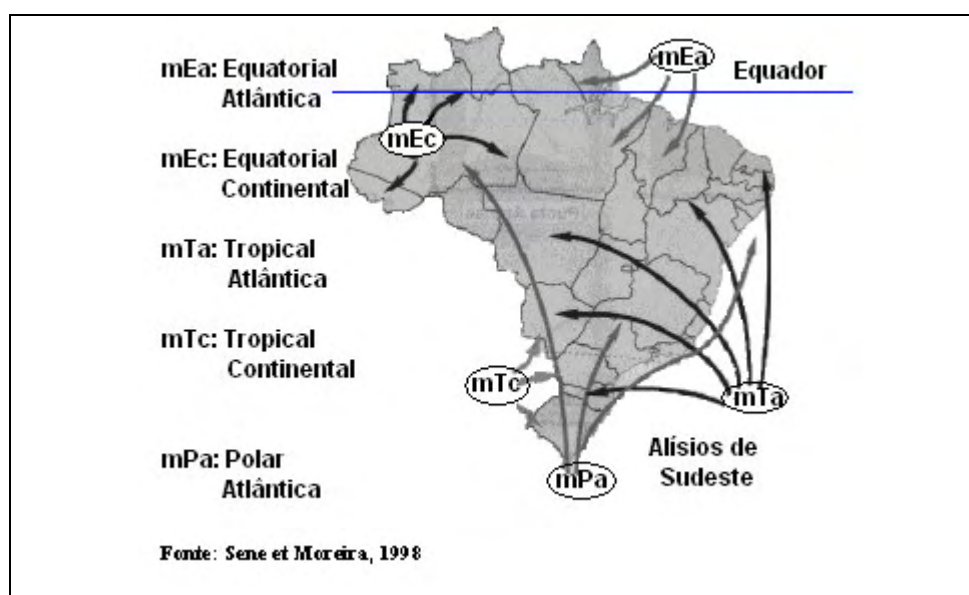


Figura 161: Massas de ar que atuam no Brasil; posição média no inverno.

Outra importante massa de ar que atua na região Sul é a Massa Tropical Continental (mTc) que tem sua origem na depressão do Chaco. Quando apresenta forte

³⁹ Na meteorologia, o termo é utilizado geralmente, como sinônimo de instabilidade estática. Também pode ser descrito como tendência de “pacotes” de ar em acelerar-se quando são deslocados de sua posição original; especialmente uma tendência em acelerar para cima. Instabilidade é uma condição prévia para tempo severo.

intensidade, costuma bloquear a entrada de frentes frias e das nuvens de instabilidades responsáveis pelas chuvas. Durante o final de maio e começo de junho é comum ocorrerem fortes episódios de veranicos nas regiões Sudeste e Sul (Figura 162).

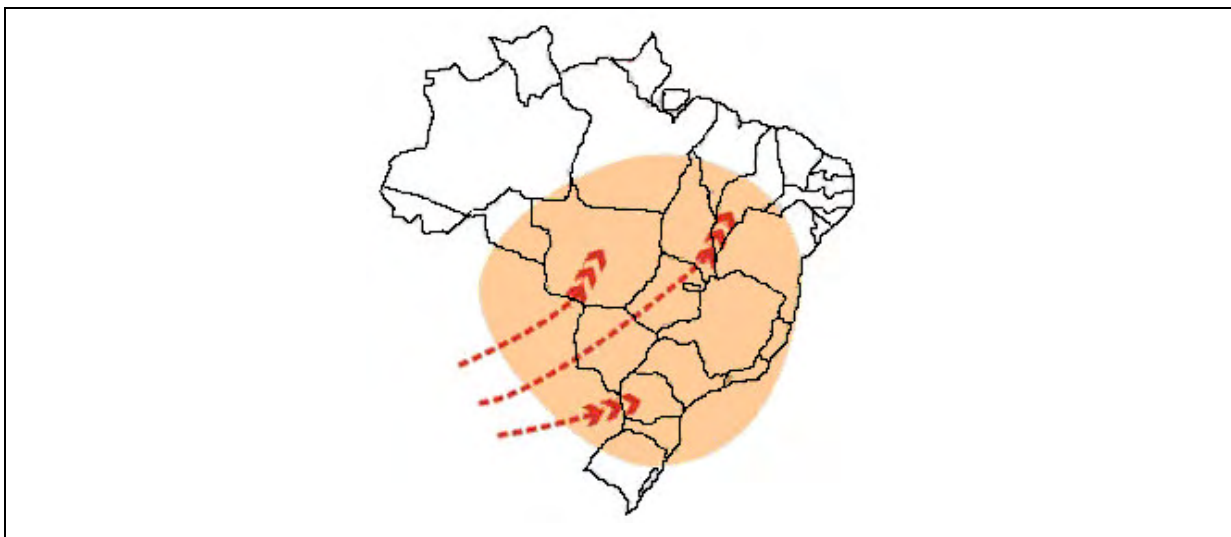


Figura 162: Bloqueio Atmosférico.

Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/massasbr.htm>

A terceira CP da ROLE (primavera/verão) destaca a influência da ZCAS na precipitação das regiões Sudeste e Sul do Brasil e está correlacionada ($r = 0,50$) ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) com a primeira CP (campo médio) da precipitação (Figura 163).

Durante o verão, a principal atividade convectiva localiza-se no Centro-Oeste e Sudeste, onde nesta época do ano o transporte de ar quente e úmido, para a região da ZCAS flue em direção às latitudes subtropicais (Leste do Andes) ao longo da periferia oeste da Alta Subtropical (do Atlântico Sul), e a corrente de jato encontra-se em latitudes subtropicais (30°S a 35°S) Kodama (1992 e 1993).

Quadro (1994) mostrou para o período de 1980 a 1989, que durante a estação do verão do Hemisfério Sul, a ZCAS tende a se manifestar sobre o continente sul americano provocando chuvas persistentes e, às vezes, intensas, dependendo em que região do Brasil ela estiver estacionada.

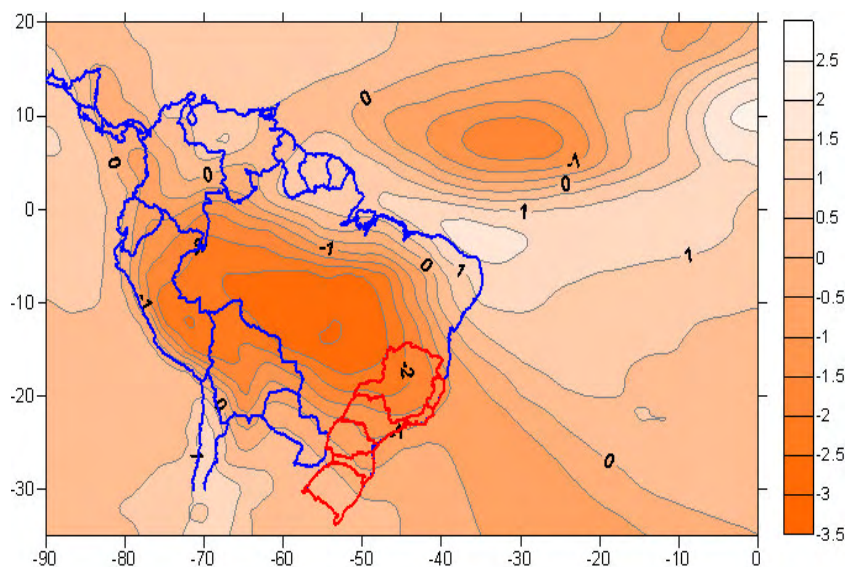


Figura 163: 3ª CP de ROLE (primavera/verão), média mensal para o período de 1974 a 2002.

No entanto, nas regiões equivalentes às áreas III (Minas Gerais centro-sul), VII (Vale do Paraíba), VIII (Paraná central) e na faixa litorânea dos estados de São Paulo, Santa Catarina e Paraná, observa-se uma tendência a chover mais que nas outras regiões durante o período de verão (Figura 164).

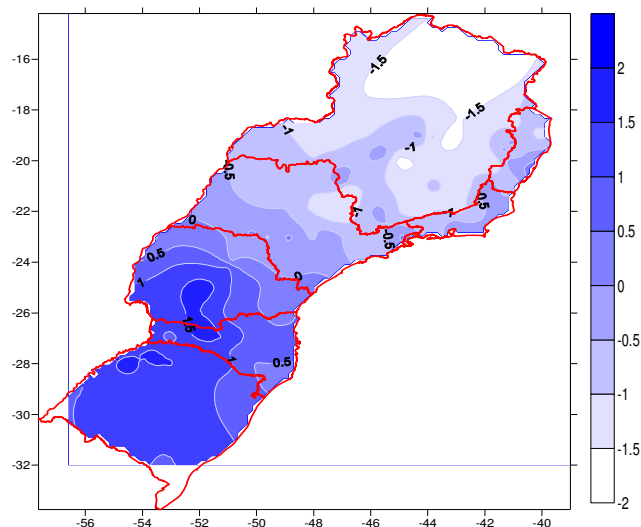


Figura 164: 1ª CP de precipitação (campo médio), média mensal do período de 1974 a 2002.

Muito provavelmente, este fato ocorre em função da subsidência⁴⁰ associada à forte atuação da ZCAS neste período. Tanto no hemisfério norte, quanto no hemisfério sul, entre as latitudes 20° e 35° situam-se as zonas subtropicais de alta pressão (regiões de subsidência) e de ventos divergentes, tais como, os ventos alísios e os ventos de oeste (Figuras 165).

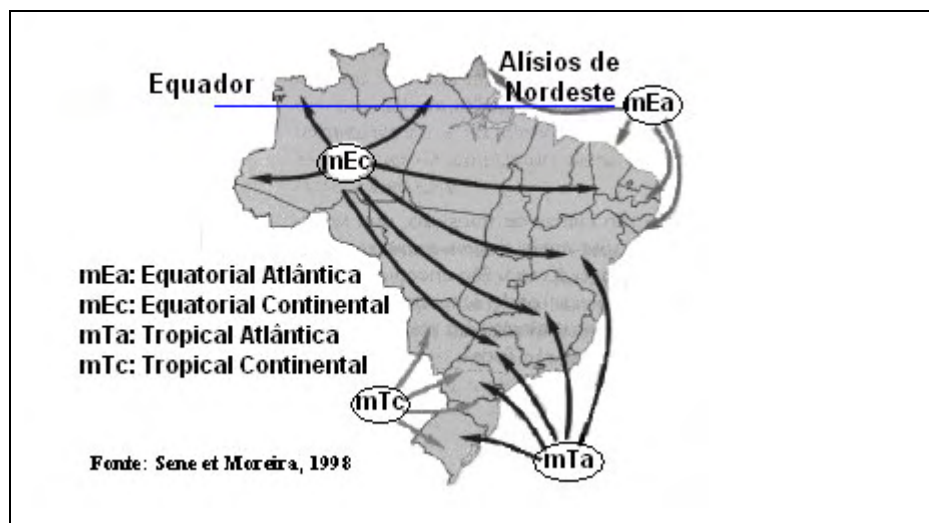


Figura 165: Massa de ar que atuam no Brasil, posição média no verão.

Estes resultados confirmam aqueles apresentados por Heddinghaus e Krueger (1981). Estes autores ao estudarem as variações anuais e interanuais nos trópicos, através de dados de ROLE, para o período de junho de 1974 a fevereiro de 1978 (45 semanas) aplicaram a análise de componentes principais (ACP) às médias mensais de ROLE e concluíram que a primeira componente principal (CP) representava o modo verão/inverno do ciclo anual; a segunda descrevia o modo de primavera/outono e a terceira o ciclo semi-anual. As três primeiras componentes resumiam, aproximadamente, 77% da variância total.

4.6. Influência da variabilidade interanual da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no regime de precipitação das Regiões Sudeste e Sul

⁴⁰ Rebaixamento ou movimento descendente do ar, frequentemente observado em anticiclones. Mais predominante quando o ar está mais frio e mais denso no alto. O termo é usado geralmente para indicar o oposto de convecção atmosférica (Nery, 2004).

A variabilidade interanual da ZCAS é analisada através dos totais mensais da radiação de ondas longas emergentes (ROLE), observadas no período de setembro de 1974 a dezembro de 2002. Utilizam-se os mesmos pontos de grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ localizados entre as latitudes 20° N e 35° S e longitudes 0° e 90° W. Foram consideradas variáveis, os totais mensais e unidades observacionais, 792 pontos de grade (Quadro 19).

Quadro 19: Matriz de totais mensais de ROLE (W/m^2), modo T, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002.

Grade	Latitude	Longitude	jun/74	jul/74	ago/74	set/74	out/74	nov/74	dez/74	...	jan/02	fev/02	...	dez/02
1	20	-90	229	247	247	227	262	268	270	...	265	254	...	260
2	20	-87,5	235	255	247	229	249	267	269	...	271	260	...	260
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	...	.
789	-35	-7,5	225	231	233	221	223	227	237	...	236	246	...	226
790	-35	-5	227	231	235	218	224	225	237	...	235	250	...	231
791	-35	-2,5	229	232	235	219	226	232	237	...	235	251	...	241
792	-35	0	227	230	233	222	230	238	236	...	237	254	...	245

Os padrões interanuais da ZCAS são determinados através da análise de componentes principais (ACP) aplicada à matriz de dados de ROLE, com os dados transformados utilizando o mesmo critério proposto em 4.5.2.

A análise de componentes principais para dados pluviométricos foi aplicada à matriz de totais mensais no modo T. Foram consideradas como variáveis, os meses de cada ano, 360 meses no total, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002 e casos 164 estações pluviométricas (Quadro 20).

Quadro 20: Matriz de totais mensais de precipitação (mm), modo T, para o período de junho de 1974 a dezembro de 2002.

EP	Longitude	Latitude	Altitude	UF	jun/74	jul/74	ago/74	set/74	out/74	nov/74	dez/74	...	jan/02	...	dez/02
1	-44	-22	440	RJ	231	248	277	299	400	290	135	...	133	...	256
2	-44,6	-22	544	RJ	254	201	402	293	545	420	164	...	327	...	317
3	-44,9	-22	1460	RJ	171	192	232	315	389	507	65	...	218	...	245
4	-44,9	-22	360	RJ	215	140	271	198	306	269	48	...	323	...	254
5	-44,8	-14,2	523	MG	48	293	230	33	46	81	21	...	214	...	462
6	-44	-15	448	MG	77	136	283	21	21	66	10	...	383	...	212
7	-40,9	-16	160	MG	1	6	15	117	325	63	68	...	317	...	118
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	...	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	...	.

4.6.1. Padrões interanuais da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e suas relações com a precipitação nas regiões Sudeste e Sul

A partir da matriz de médias mensais de ROLE, no “modo T” aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP). As quatro primeiras componentes principais (CP) da matriz de totais mensais de ROLE explicam 85,57% (50,79%, 25,60%, 6,90% e 2,28%) da variabilidade dos dados.

O primeiro autovetor apresenta coeficientes negativos durante todo o período de estudo e representa o comportamento médio da ROLE. O segundo autovetor apresenta coeficientes negativos entre novembro e abril, e positivos entre maio e outubro, representa o ciclo anual da ROLE. O terceiro autovetor apresenta coeficientes negativos entre julho e dezembro, representa fisicamente a convecção do período inverno/primavera. O quarto autovetor representa o ciclo semi-anual da ROLE. Estes resultados concordam com os resultados observados por Ferreira e Gurgel (2002) (Figura 166).

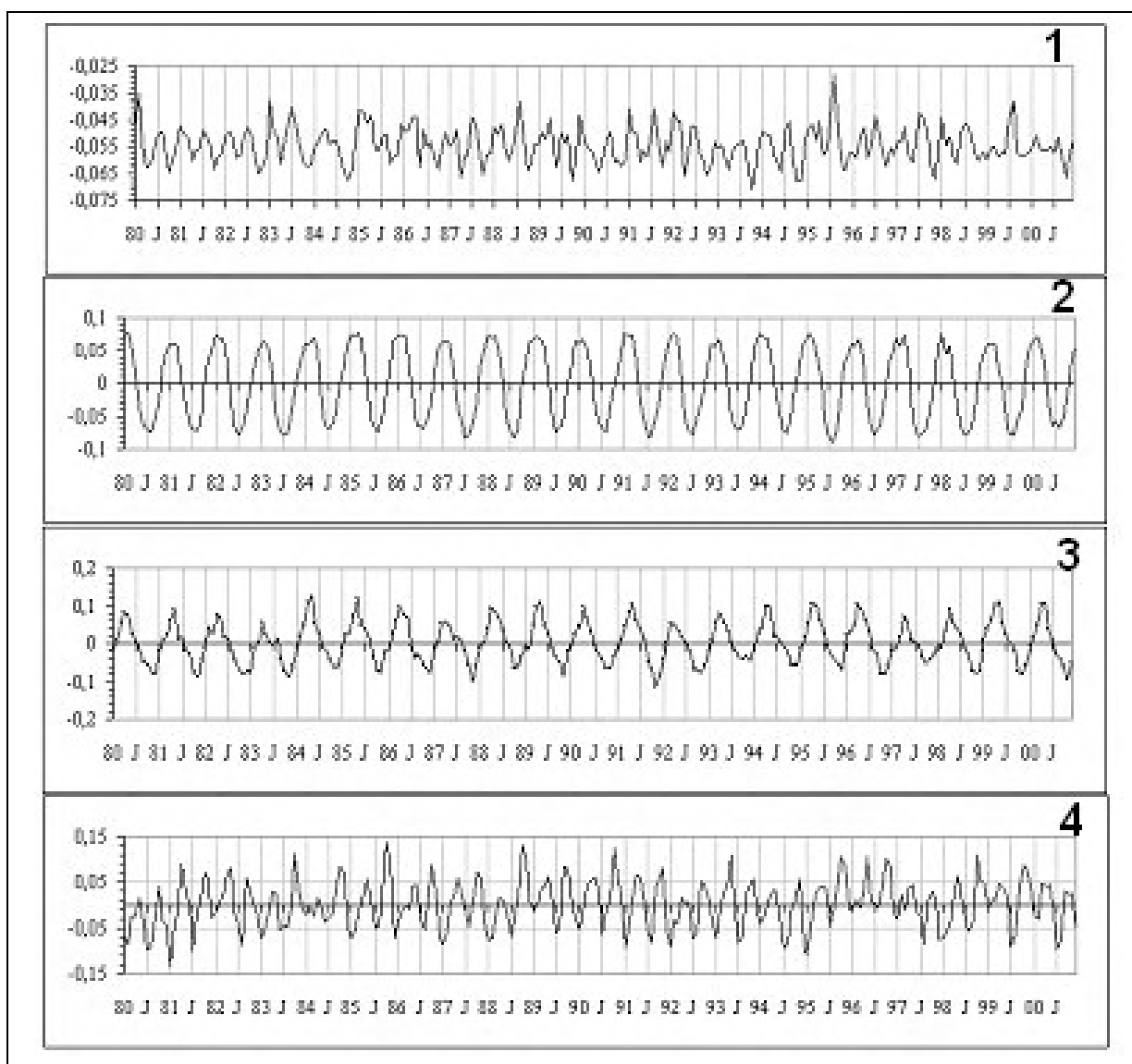


Figura 166: Autovetores das componentes principais de ROLE: (A) primeira; (B) segunda; (C) terceira e (D) quarta componente principal⁴¹.

Em relação à ACP para os totais mensais de precipitação observou-se que as quatro primeiras componentes principais explicam 60,22% (32,99%, 9,76%, 6,73% e 4,30%) da variabilidade total dos dados.

A primeira CP apresenta coeficientes negativos no outono/primavera e representa o ciclo anual da precipitação. A segunda CP apresenta coordenadas negativas no verão/outono, coordenadas positivas no inverno/primavera e representa a precipitação que

⁴¹ Embora a análise tenha sido realizada para o período de 1972 a 2002, para uma melhor visualização representa-se a série para o período de 1980 a 2002.

ocorre durante o inverno e a primavera. A terceira CP é negativa no período de verão e positiva no período de inverno e reflete o comportamento da precipitação durante esta estação. A quarta CP é negativa na primavera e positiva no outono e representa fisicamente o ciclo semi-anual do regime de precipitação (Figura 167).

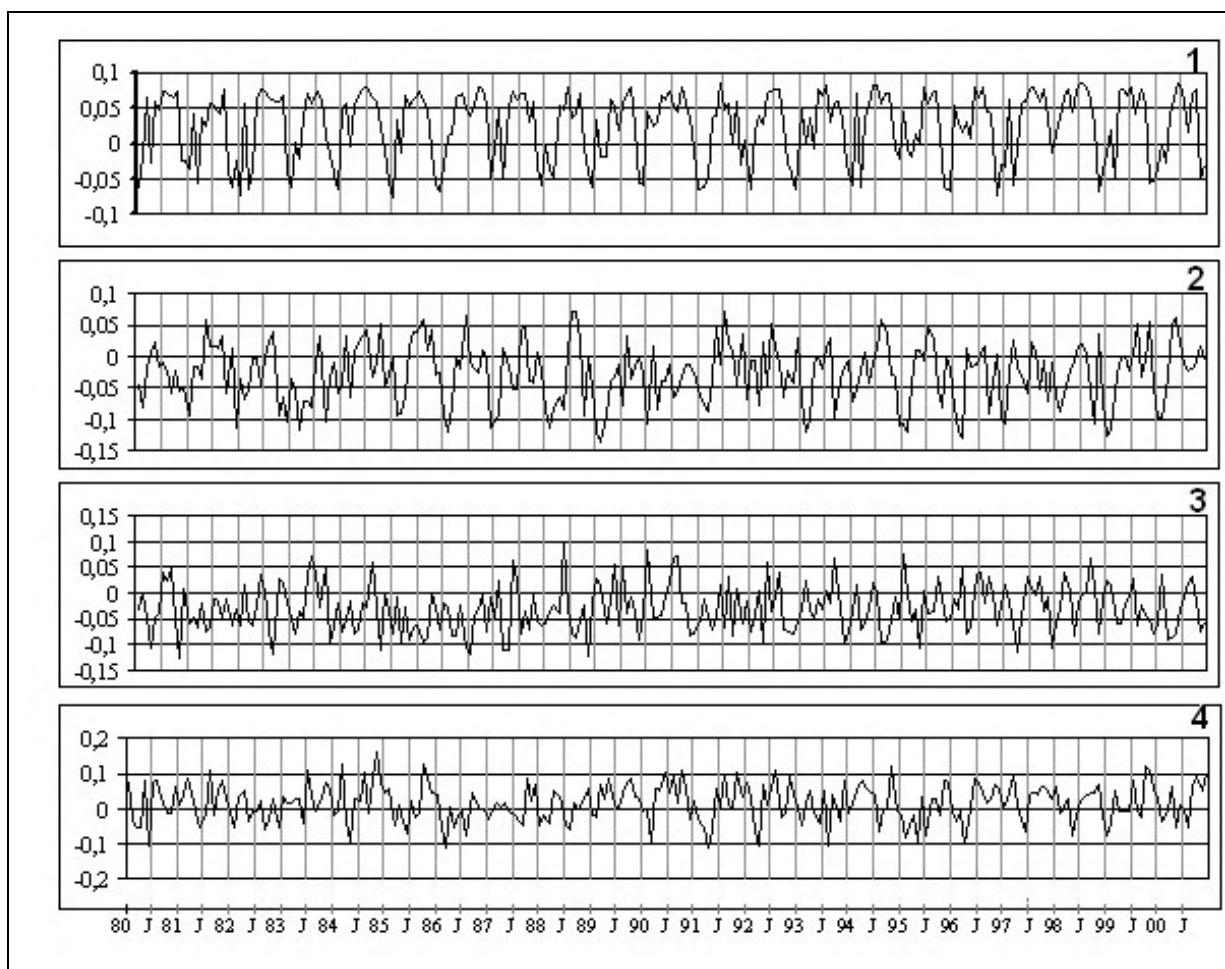


Figura 167: Série temporal de autovetores das componentes principais de precipitação dos totais mensais, para o período de 1980 a 2002: (A) primeira; (B) segunda; (C) terceira e (D) quarta componente principal.⁴²

A primeira CP da ROLE (comportamento médio) apresenta correlação significativa, ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), com a quarta CP (ciclo semi-anual) dos campos de precipitação (Quadro 21).

⁴² Embora a análise tenha sido realizada para o período de 1972 a 2002, para uma melhor visualização representa-se a série para o período de 1980 a 2002.

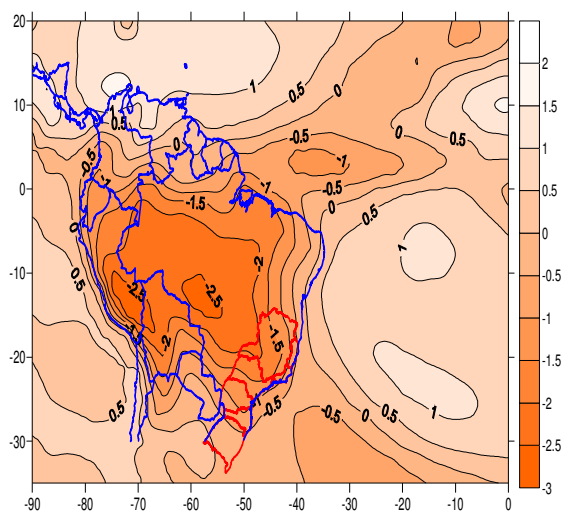
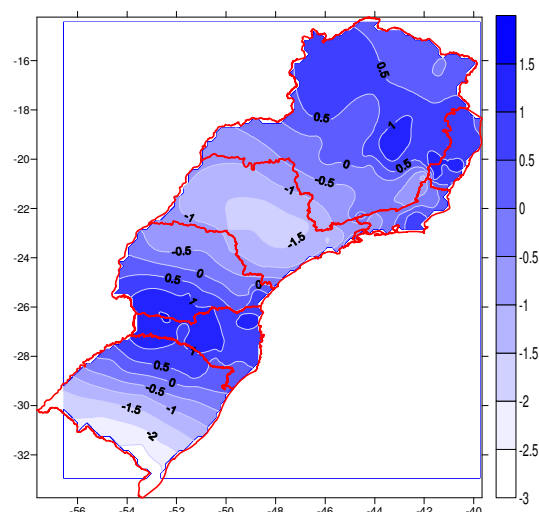
Quadro 21: Correlação entre os autovetores de ROLE e de precipitação total mensal.

PRECIPITAÇÃO	RADIÇÃO DE ONDAS LONGAS EMERGENTES (ROLE)			
	1ª CP comport. médio	2ª CP ciclo anual	3ª CP inv/primavera	4ª CP semi-anual
1ª CP comport. médio	-0,04	0,65 *	-0,37 *	-0,04
2ª CP inverno/primavera	-0,02	-0,49 *	0,21 *	0,04
3ª CP inverno	-0,08	-0,29 *	-0,04	-0,10
4ª CP semi-anual	-0,25 *	0,05	0,25 *	-0,23 *

*Correlações significativas ao nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

Esta combinação mostra a atuação de frentes frias (mais frequentes em setembro) que costumam provocar um aumento das chuvas e em alguns casos, a precipitação de neve ou formação de geadas nas áreas IX (Bacia do Chapecó-Iguaçu) e XIII (Serra Geral – Bacia do Rio Guaíba) (Figura 168).

O mês de outubro marca o início das chuvas em toda a região Sudeste e entre o final de novembro e começo de dezembro inicia-se a atuação da ZCAS (Figura 169). Na região Sul o período chuvoso inicia-se mais cedo, entre a primeira e a segunda quinzena do mês de agosto (Alves et al., 2005).

**Figura 168:** 1ª CP de ROLE (campo médio), totais mensais, para o período de 1974 a 2002.**Figura 169:** 4ª CP (semi-anual) para os totais mensais de precipitação, para período de 1974 a 2002.

A segunda CP da ROLE (ciclo anual) explica 25,60% da variabilidade total dos dados (Figura 170). Está correlacionada com a primeira CP ($r = 0,65$; ciclo anual), segunda CP ($r = -0,49$; inverno/primavera) e com terceira CP ($r = -0,29$; inverno) da precipitação.

Na América do Sul, onde a atividade convectiva ocorre basicamente em função da ZCAS e da ZCIT, o período de maior atividade convectiva ocorre entre novembro e abril (Figura 171). Entre os meses de abril e novembro, a precipitação é maior na região Sul, sobretudo em função da atuação de frentes frias, que se intensificam nos meses do inverno (Figura 172).

Durante o período inverno/primavera chove em toda a região Sudeste e Sul do Brasil, embora nas áreas III (Minas Gerais centro-sul), IV (Zona da Mata, norte - RJ e litoral - ES), V (Minas Gerais - Sul e Cuestas Basálticas), VI (Planalto Arenito-Basáltico), VII (Vale do Paraíba), VIII (Paraná central), IX (Bacia do Chapecó-Iguaçu) e X (São Paulo sul) chove menos, ora em função dos bloqueios orográficos, ora em função dos bloqueios atmosféricos que se intensificam sobretudo durante o final do mês de maio e começo de junho (Figura 173).

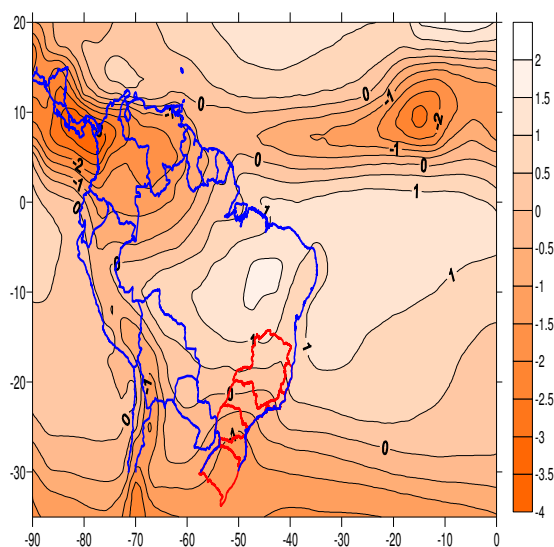


Figura 170: 2ª CP de ROLE (ciclo anual), totais mensais, para o período de 1974 a 2002.

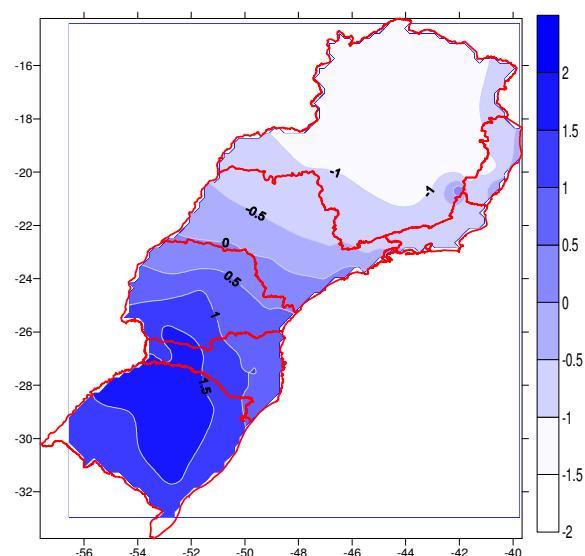


Figura 171: 1ª CP (ciclo anual) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

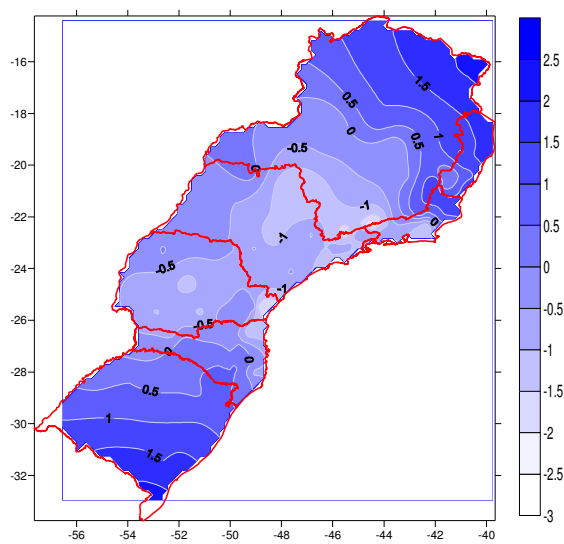


Figura 172: 2ª CP (inverno-primavera) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

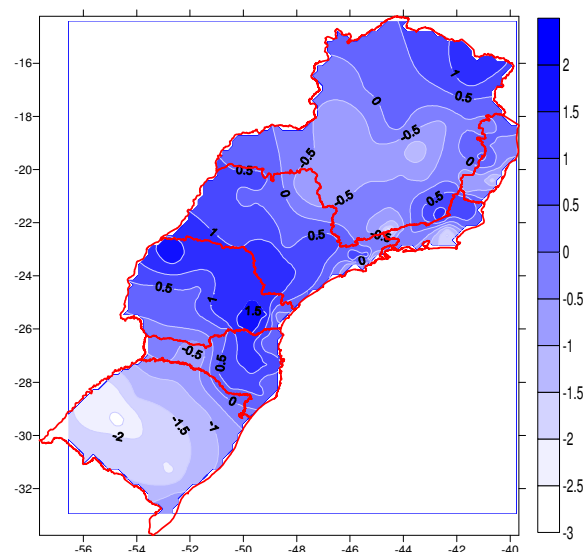


Figura 173: 3ª CP (inverno) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

A terceira CP da ROLE (inverno/primavera) explica 6,90% da variabilidade total dos dados e está correlacionada com a primeira CP ($r = -0,37$; ciclo anual), segunda CP ($r = 0,21$; inverno/primavera) e com a quarta ($r = 0,25$; ciclo semi-anual) da precipitação.

Durante o inverno e a primavera observa-se a presença da ZCIT, banda de forte atividade convectiva (valores negativos), que aparece na região Equatorial. Na presença da ZCIT na região central do Brasil e em todo o centro-norte do estado de Minas Gerais ocorre baixa atividade convectiva, voltando a intensificar-se na região Sul, sobretudo, nas áreas XI (Vale do Itajaí – Planaltos de Lages), XII (Bacia do Uruguai) e XIII (Serra Geral – Bacia do rio Guaíba) (Figuras 174 e 175).

Na região Sudeste verifica-se mudanças moderadas no padrão característico da precipitação (Figuras 176), enquanto que no Sul, no período do inverno/primavera ocorre um forte aumento das precipitações, principalmente nas regiões equivalentes às áreas XI (Vale do Itajaí – Planaltos de Lages) e XII (Bacia do Uruguai) (Figura 177).

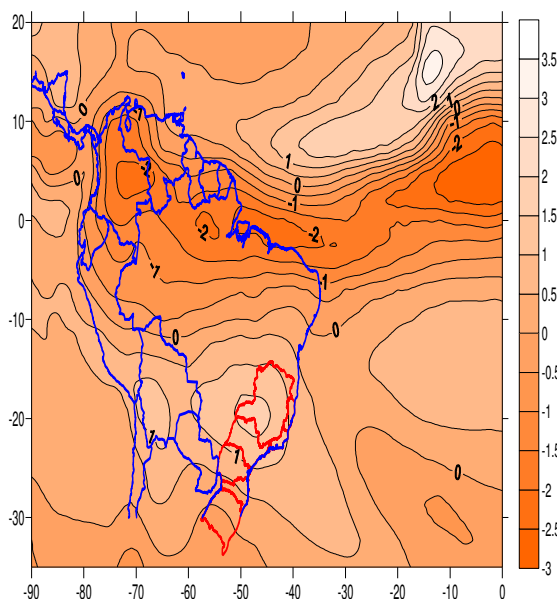


Figura 174: 3ª CP de ROLE (inverno/primavera), totais mensais, para o período de 1974 a 2002.

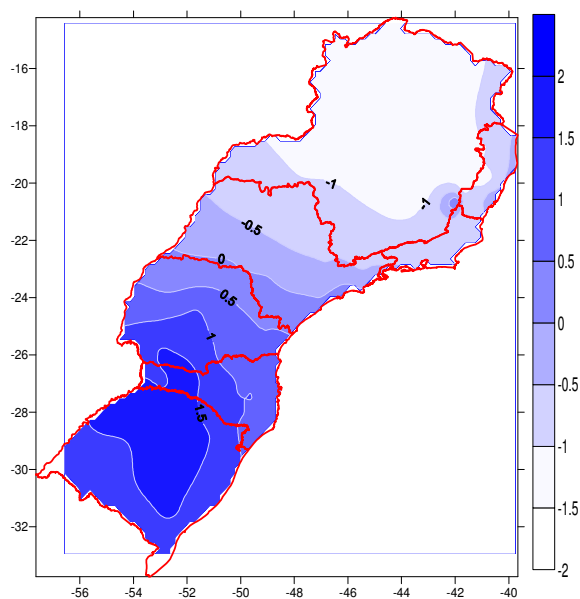


Figura 175: 1ª CP (comportamento médio) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

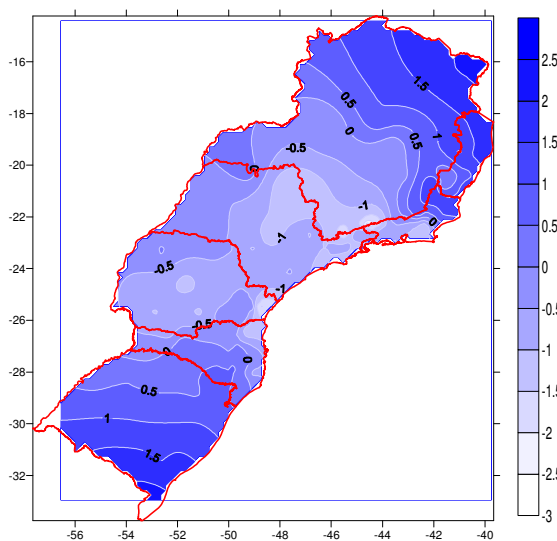


Figura 176: 2ª CP (inverno/primavera) para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

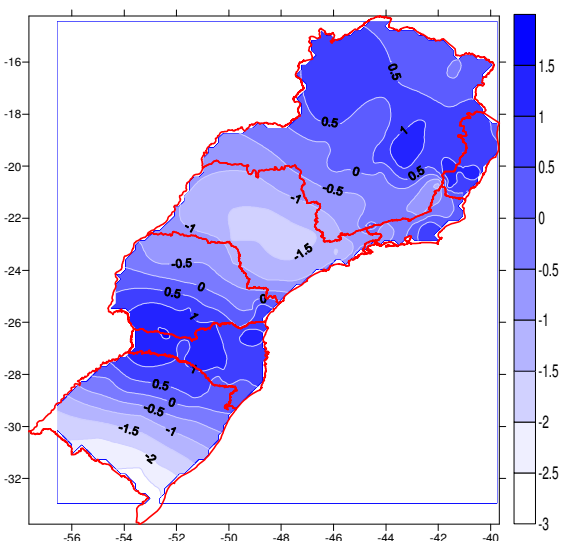


Figura 177: 4ª CP (semi-anual), para os totais mensais de precipitação, para o período de 1974 a 2002.

A região da Bacia do Rio Uruguai está sujeita às massas de ar úmidas provenientes das altas latitudes e do Atlântico sul, as quais, as mais atuantes durante o ciclo anual são: Massa Polar, Tropical, Atlântica e Tropical Continental. A massa Polar (fria e úmida) é proveniente das altas latitudes e participa ativamente da circulação regional durante o ano inteiro. A massa Tropical Atlântica (quente e úmida) origina-se no Atlântico Sul, penetrando no continente a partir do Leste, variando de intensidade conforme a época. Os efeitos da massa Tropical Continental (quente e seca) atuam no verão, associados à movimentação das frentes polares. Ocorrem na bacia do Uruguai as chuvas frontais, orográficas e convectivas. A intensidade das chuvas depende significativamente da estrutura da frente polar atuante. O mecanismo frontal atua durante todo o ano, o que acarreta chuvas em todo o período, havendo variações da ocorrência das máximas. (Silva et al. 2004).

A quarta e última CP retida para a ROLE (primavera/outono do ciclo anual) explica muito pouco (2,28%) da variabilidade total dos dados e está correlacionada ($r = -0,23$) ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) com a quarta CP (primavera/outono) retida para a precipitação (Figuras 178 e 179).

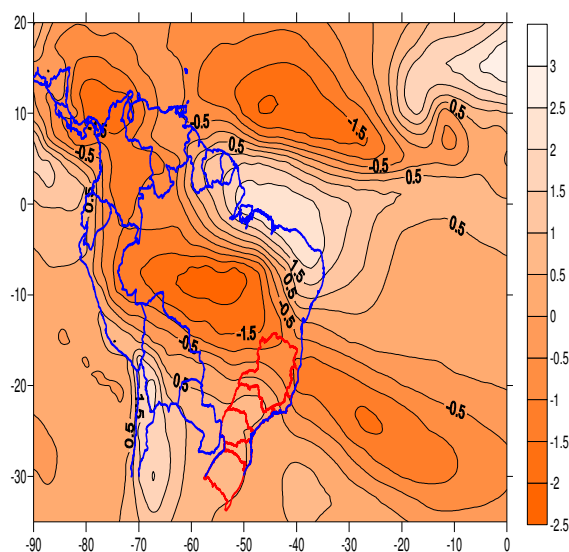


Figura 178: 4ª CP de ROLE (semi-anual), totais mensais, para o período de 1974 a 2002.

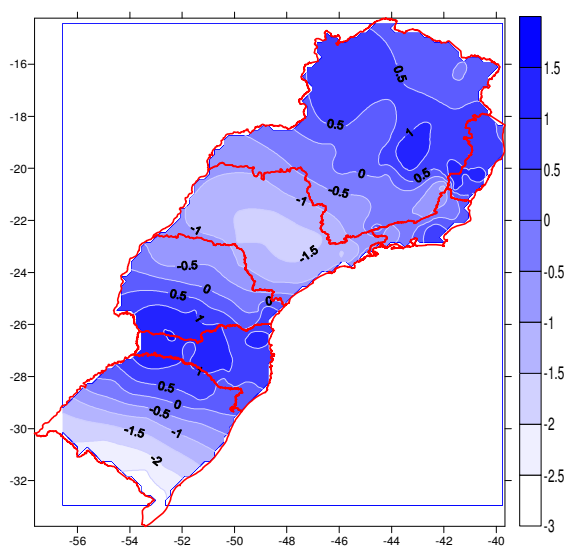


Figura 179: 4ª CP (semi-anual) para os totais mensais de precipitação, para período de 1974 a 2002.

Ao contrário do observado no período de verão, durante a primavera a ZCIT sofre descontinuidades no Hemisfério Norte. No entanto, entre abril e maio, a ZCIT influencia a precipitação em toda Costa Norte do Brasil, enquanto as regiões Sul e Sudeste se tornam relativamente secas. A partir do mês de outubro observa-se a atuação da ZCAS desde o Sul da Amazônia até o Oceano Atlântico Sudoeste, porém o período primavera-outono sob influência do *El Niño* sofre maior variabilidade interanual no Hemisfério Sul (Nelson e Gurgel, 2002).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos deste estudo, utilizando-se os dados e os métodos de análise propostos e com base nos resultados obtidos, destaca-se as seguintes conclusões:

- O comportamento espacial do regime pluviométrico é bastante heterogêneo. Ocorre uma moderada dependência espacial para a maioria das variáveis estudadas e o modelo gaussiano foi o que melhor se ajustou às variáveis, sendo que a direção 45° (Nordeste-Sudoeste) foi a que apresentou maior variabilidade.
- Treze áreas homogêneas são suficientes para representar as variabilidades espacial, sazonal e interanual da precipitação nas regiões Sudeste e Sul.
- A variabilidade interanual da precipitação, nas regiões Sudeste e Sul, pode ser dividida em três níveis: fraca (menos de 15%), intermediária (entre 15% e 20%) e forte (acima de 20%). O norte do estado de Minas Gerais e o leste do estado de Santa Catarina são as áreas sujeitas às maiores variabilidade interanual. Na área de transição, entre o centro-sul do estado de Minas Gerais e o norte do estado do Paraná, a variabilidade interanual é abaixo de 15%. Nas demais áreas a precipitação varia entre 15% e 20%.
- Em anos de *El Niño*, no Vale do São Francisco-Jequitinhonha (Área I) e no centro-norte de Minas Gerais (Área II), há uma tendência a ocorrer anomalias negativas de precipitação. Nas demais áreas há uma tendência a ocorrerem anomalias positivas de precipitação, entre 20% e 30%.
- Em anos sob influência do *La Niña* a tendência é chover ligeiramente abaixo (até 20%) da normal climatológica nas áreas II, III, IV e VI. Nas áreas VIII, IX, XI, XII e XII observa-se moderada (entre 20% e 40%) tendência a diminuição da precipitação e nas

áreas V e VI, ora ocorrem anomalias positivas, ora ocorrem anomalias negativas de precipitação.

- A variabilidade sazonal da ROLE pode ser resumida por três componentes principais (CP). A primeira explica 61,45% da variabilidade dos dados e fisicamente representa a convecção média na América do Sul. A segunda explica 26,06% e representa o período de primavera. A terceira explica 8,76% da variabilidade dos dados e representa o período de verão.

- Três CP explicam 61,49% da variabilidade sazonal da precipitação. A primeira explica 34,22% da variabilidade e representa o campo médio de precipitação. A segunda explica 14,17% e representa o período de verão (chuvoso). A terceira explica 13,10% da variabilidade e apresenta dois pontos extremos: o mês de novembro e o mês de fevereiro.

- A segunda CP da ROLE (primavera), para a variabilidade sazonal, apresenta correlação negativa ($r = -0,73$) com a primeira CP (campo médio de precipitação) e negativa ($r = -0,74$) com a segunda (verão) CP da precipitação.

- A variabilidade interanual da ROLE pode ser explicada por quatro CP. A primeira (50,79%) CP representa o comportamento médio da ROLE. A segunda (25,60%) representa o ciclo anual. A terceira (6,90%) representa fisicamente a convecção do período inverno/primavera. A quarta (2,28%) CP representa o ciclo semi-anual.

- As quatro primeiras CP da precipitação explicam 60,22% (32,99%, 9,76%, 6,73% e 4,30%), do total de variabilidade interanual. A primeira CP representa o comportamento médio da precipitação, que vai de meados do outono até meados da primavera. A segunda CP representa a precipitação que ocorre durante o inverno e a primavera. A terceira reflete o comportamento da precipitação durante o inverno e a quarta CP reflete o ciclo semi-anual.

- A segunda CP da ROLE (ciclo anual), cuja atividade convectiva ocorre basicamente em função da ZCAS e da ZCIT, está correlacionada com a primeira CP ($r = 0,65$; comportamento médio), segunda ($r = -0,49$; inverno/primavera) e com a terceira ($r = -0,29$; inverno) CP da precipitação.

- A terceira CP da ROLE (inverno/primavera) que explica 6,9% da variabilidade total dos dados, está correlacionada com a primeira CP ($r = -0,37$; comportamento

médio), segunda ($r=0,21$; inverno/primavera) e com a quarta ($r=0,25$; ciclo semi-anual) CP da precipitação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para trabalhos futuros, seria interessante avaliar a influência de fatores estáticos locais, que podem influir na variabilidade da precipitação, pois estudos em áreas menores podem detectar micro-climas locais. Neste sentido, realizar estudos com um maior adensamento de estações pluviométricas (menor espaçamento) pode melhorar a caracterização das variáveis (precipitação mínima, precipitação máxima e coeficiente de variabilidade interanual), que apresentaram dependência espacial para menores pontos de grade. Enfim, uma vez entendido o mecanismo de interação, entre os vários aspectos (dimensões) que reproduzem o regime de precipitação, é possível compor um índice de variabilidade interanual da precipitação pluviométrica, que tenha como principal característica, o poder de reter a memória do sinal de longa escala (baixa frequência), assim como sua influência na dinâmica interna e atmosférica da região de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L.; MOREIRA, A. A.; LÚCIO, P. S.; TOSCANO, E. M.M. Comportamento Temporal de Séries Climáticas. Partes I, II, III e IV: Climatologia de Belo Horizonte (MG) (Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBMET, 1998. 1 CD.

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South America sector. *Monthly Weather Review*, v.116, n.2, p.505-524, 1998.

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Análise da Ocorrência de Geadas no Período de 1980-2003 no Planalto Sul Catarinense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6, 2004, Aracaju. *Anais...* Aracaju: VI SBCG - Diversidades Climáticas, 2004. 1 CD.

ALVES, H., CUNHA, L. M. Uma introdução a alguns aplicativos, numa abordagem inicial dos dados. 39 pp. Disponível em www.alea.pt/Html/statofic/html/dossier/html/meio_dossier12.html. Acesso em 15/01/2006.

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. A. Variabilidade pluviométrica no setor norte do tsm e os eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 7, n.2, p. 583-592, 1992.

AMBRIZZI, T., STUDZINSKI, C., GONÇALVES, F. Anomalias de Precipitação no Estado de São Paulo e sua Relação com o ENOS. In: IX CONGRESO LATINOAMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA, 9 Y CONGRESO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 8, La Meteorología y el Medio Ambiente en el Siglo XXI, 2001, Buenos Aires. *Anais...* Buenos Aires, 2001. 1CD.

AMORIM, R. C. F.; RICIERI, R. P.; AMORIM, R. F. C. Balanço Hídrico Climático para Cascavel – PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1CD.

ANDRADE, A. R.; NERY, J. T. Análise Preliminar da Precipitação Pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1CD.

ANDRIOTTI, J. L. S. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2003. 165p.

ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/39.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

ARAÚJO, S. M. B.; DINIZ, G. B. Relação do Evento El Niño e o Número de Dias de Chuva na região de Pelotas – RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 13, 2002, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: XIII SBMET, 2004. 1 CD.

AZEVEDO, L. C. NERY, J. T., ANDRADE A. R. Análise da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Rio Iguaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 13, 2002, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: XIII SBMET, 2004. 1 CD.

BALDO, M. C., NERY, J. T., MARTINS, M. L. O. F. Aspectos Estatísticos da Precipitação na Bacia do Itajaí – SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBMET, 1998. CL-98136. 1 CD.

BEJARÁN, R. A.; BARROS, V. Relación entre la temperatura media mensual en Argentina subtropical y la temperatura de los océanos Atlántico y Pacífico durante los meses de verano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. 1CD.

BENETI, C.; VASCONCELLOS, C.; CALVETTI, L.; MOREIRA, I. A. Efeitos Geográficos e Orográficos na Incidência de Descargas Elétricas Atmosféricas no Paraná - Estudo Preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 13, Meteorologia e o Desenvolvimento Sustentável, 2004, Fortaleza. *Anais...* Foz do Iguaçu: XIII SBMET, 2004. 1 CD.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. *El Niño e La Niña*: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul – Aplicações de previsões Climáticas na Agricultura, Porto Alegre: UFRS, 2003. 100 p.

BJERKNES, J. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, v. 97, n. 3, p.163-172, 1969.

BRAGAGNOLO, N. Uso dos Solos Altamente Suscetíveis à Erosão. In: PEREIRE, V. P., FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. P. (Org.) *Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*. Jaboticabal: UNESP/SBCS, 1994. p. 1-16.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, I.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E.. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, n. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARDIM, M. *Mapeamento do Comportamento Multivariado das Principais Variáveis Climáticas de Interesse Agrícola do Estado de São Paulo*. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

CARDOSO, A. O.; DIAS, P. L. S., Identificação de Trimestres Extremos no Regime Pluviométrico do Sul e Sudeste do Brasil e Relação com a TSM. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...Foz do Iguaçu: SBMET*, 2002. 1CD.

CARVALHO, A. M. G., SILVA DIAS, P.L., NOBRE, C.A, 1989: Upper tropospheric vorticity and OLR structure over tropical South America - Third International Conference in Southern Hemisphere. Buenos Aires.

CASARIN, D. P.; KOUSKY, V. E. Anomalias de Precipitação no Sul do Brasil e Variações na Circulação Atmosférica. *Revista. Brasileira. Meteorologia*, v. 1, p. 83-90, 1986.

CASTRO, C. A. C.; CAVALCANTI, I. F. A. Padrões de Teleconexão associados a Atividades Convectivas na região Tropical. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA, 9 Y CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 8, Buenos Aires, 7-11 may. 2001. Disponível em: <cptec.inpe.br/walmeida/2004/08.10.16.12>. Acesso em: 20 jun. 2005.

CAVALCANTI, I.F.A., NOBRE, P., TROSNIKOV, I. Simulação de verão e outono de 92/93 e 93/94 com o GCM CPTEC/COLA. In: CBMet, IX, 1996, Brasília, *Anais...* p.807-811.

CAVALCANTI, I. F. A., AND P. ROWNTREE, 1998: A Zona de Convergência do Atlântico Sul no Modelo Climático do Hadley Center. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998. 1CD.

CORRÊA, D. M.; ASSUNÇÃO, W. L. Análise do Regime Pluviométrico no Município de Vazante - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA-DIVERSIDADES CLIMÁTICAS, 6, 2004, Aracaju. *Anais...* Aracaju: VI SBCG, 2004. 1 CD.

COVEY, D. L.; HASTENRATH, S. The Pacific El Niño phenomenon and the Atlantic circulation. *Monthly Weather Review*, v. 106, n. 9, p. 1280-1287, 1978.

CRUZ, G. C. F. Clima dos Campos Gerais: Levantamento de algumas Características como Parte de um Projeto de Caracterização do Patrimônio Natural. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBGFA, 2003. 1 CD.

CRUZ, H. P.; COIMBRA, R. M.; FREITAS, M. A. V. F. O Estado das Águas no Brasil: Vulnerabilidade Climática e Recursos Hídricos no Nordeste. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/273-284.html>>. Acesso em: 20 abr. 2006.

CUNHA, L. M. Estatística com Excel Uma aplicação das noções, 34 pp., 2000. Disponível em: <<http://alea-estp.ine.pt/html/statofic/html/dossier/html/dossier.html>>. Acesso 15/01/2006

DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *Journal of Climate*, v.11, n.2, p.251-271, 1998.

DICIONÁRIO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO DOS CAMPOS GERAIS, Relativo à região denominada Campos Gerais do Paraná. Disponível em: <http://www.uepg.br/dicion> .

DINIZ, G. B.; SALDANHA, R. L.; SANSIGOLO, C. A. Influência do Evento El Niño no Regime de Precipitação de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998. 1CD.

DOMMENGET, D.; LATIF, M. Interannual to decadal variability in the tropical Atlantic. *Journal of Climate*, v. 13, n. 4, p. 777–792, 2000.

ELLIOTT, J. R.; JEWSON, S. P.; SUTTON, R. T. The impact of the 1997/98 El Niño event on the Atlantic ocean. *Journal of Climate*, v. 14, n. 6, p. 1069-1077, 2001.

ENFIELD, D. B. Relationships of inter-American rainfall to Tropical Atlantic and Pacific SST variability. *Geophysical Research Letters*, v.23, n.23, p.3305-3308, 1996.

ENFIELD, D.B.; MAYER D.A. Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation, *Journal Geophys. Research.*,v.102, n. x, p.929-945, 1997.

ESCOBAR, G. C. J.; ANDRADE, K. M. A. Situações Meteorológicas Associadas com Incursões de Ar Frio em São Paulo durante o Período de Inverno. Disponível em: <<http://mtc-15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.17.15.31/doc/0000000071.doc>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

EVERITT B. S. and DER G., A Handbook of Statistical Analyses using SAS, London: Chapman & Hall, 1997.

FALISSARD, B. Comprendre et utiliser les Statistiques dans les Sciences de la Vie. Paris: MASSON Editeur, 1996. 314 pp.

FAUCHEREAU, N., ROUCOU, P., VIALARD, J.; CAMBERLIN, P. Variabilité couplée Océan-Atmosphère dans l'Océan Indien Tropical et liens avec l' ENSO. Réunion LOTI / CIRENE/VASCO. Ecole Normale Supérieure, Paris, Juin, 2001

FEARNSIDE, P. M. A água de São Paulo e a floresta Amazônica. *Ciência Hoje*. p. 63-65, 2004

FERREIRA, J. N.; GURGEL, H. C. Variabilidade dos ciclos anual e interanual da radiação de ondas longas emergentes sobre a América do Sul e vizinhanças. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.440-444, 2002.

FILHO, T. K.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. R. Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Brasil. *Pesquisa. Agropecuária Brasileira*. v. 40 n. 4, Brasília, 2005.

FISCH, G.; VALÉRIO, M. C. Variabilidade Intra e Interanual da Precipitação em Taubaté-SP e a Crise Energética do ano 2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

GAN, A. M.; RAO, V. B. Surface Cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, v. 119, n. 5, p. 1293-1302, 1991.

GARCIA, A., ANDRÉ, R. G. B., CARRER, T. T. Distribuição Temporal da Precipitação em Ituverava (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

GOMES, B. M. Comportamento Espacial do Percentil 75 da Precipitação Decendial do Estado de São Paulo. 2001. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

GRIMM, A. M., CAVALCANTI, I. F. A. e CASTRO, C. A. C. Importância Relativa das Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar da Produção das Anomalias de Circulação E Precipitação no Brasil num Evento El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. 1CD.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, v. 11, n.10, p. 2863-2880, 1998.

GRIMM, A. M.; FEUSER, V. R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no Sul e Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 10, 1998, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos: SBMET, 1998. 1CD.

GRIMM, A.M.; GUETTER, A.K.; CARAMORI, P.H. El Niño no Paraná: o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica. *SIMEPAR - Informativo*, n.1, 1997.

GUIMARÃES, D. P.; DOS REIS, R. J.; SANS, L.M. A. Espacialização das Chuvas em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 13, Meteorologia e o Desenvolvimento Sustentável, 2004, Fortaleza. *Anais...* Foz do Iguaçu: XIII SBMET, 2004. 1 CD.

HEDDINGHAUS, T. R.; KRUEGER, A. F. Annual and international variations in outgoing longwave radiation over the tropics. *Monthly Weather Review*, Boston, v.109, n.6, p.1208-1218, 1981.

Herrmann, M. L. P. [e colaboradores]. Levantamentos de desastres naturais causados pelas adiversidades climáticas no estado de Santa Catarina, período 1980 a 2000. Florianópolis: s.n., 2001

ICHIBA, S. H. K.; NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F. Variabilidade da Precipitação Pluviométrica de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied Multivariate Statistical Analysis. Bew Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1982. 594 pp.

KHAN, V. M.; KIM, I. S. Analise de agrupamento pluviométrico nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998. 1CD.

KHAN, V. M.; KIM, I. S.; SARAIVA, J. M. A relação entre as anomalias de TSM no Hemisfério Sul com as anomalias da precipitação no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998. 1CD.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of sub-tropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: characteristics of subtropical frontal zones. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.70, n.x, p.813-835, 1992.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of sub-tropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.71, n.x, p.581-610, 1993.

KOUSKY, V. E.; KAGANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A, p.490-504, 1984.

KOUSKY, V.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação do sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v. 36, n.11, p.1888-1899, 1984.

KOUSKY, V.E. Pentada outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Rev. Bras. Meteo.*, vol.3, p.217-231, 1988.

KRAUS, E. V. Subtropical Draughts and Cross-equatorial Transports. *Monthly Weather Review*, v. 105, p.1009-1018, 1977.

LANDIM, P. M. B., *Análise Estatística de Dados Geológicos*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998, 226 pp.

LANDIM, P.M.B. Introdução à Análise Variográfica com o VARIOWIN: Lab. Geomatemática, DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Texto Didático 14, 25 pp. 2004. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em 15/01/2006

LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R. C., CORSI, A.C. Introdução à Confecção de Mapas pelo Software Surfer. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Texto Didático 8, 21 pp. 2002. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em 15/01/2006

LEMOES, C. E.; CALBETE, N. O. Sistemas Frontais que atuaram no Litoral de 1987 a 1995. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/14.html>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

LIEBMANN, B.; KILADIS, G. N.; MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; GLICK, J. D. Submonthly convective variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of climate*, v. 12, n.7, p.1877-1891, 1999.

LOPES, J.S.F.; NERY, J. T. Estudo da Precipitação na Bacia do Iguaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

MANZIONE, R. L. *Variabilidade Espacial de Atributos Químicos do Solo em Araguari - MG*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNESP/FCA, Botucatu. 2002.

MARENGO, J. A. E; OLIVEIRA, G. S. Desenvolvimento e Intensificação do La Niña 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998. 1CD.

MARTINS, J. S.; LANAU, L.; SARAIVA, J. M. B. Análise Comparativa da Atuação do Fenômeno “El Niño”/Oscilação Sul entre as Cidades de Rio Grande e Pelotas-RS para o Período de 1990-1998. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBMET, 1998. 1 CD.

MENDONÇA, M. O Clima Subtropical Úmido na região Conurbada de Florianópolis.

METHA, V. M., Variability of the tropical ocean surface temperatures at decadal–ultidecadal timescales. Part I: the Atlantic Ocean. *Journal of Climate*, v. 11, n. 9, p. 2351–2375, 1998.

MEU AMBIENTE. Parque Aparados. 2006. Disponível em: http://paginas.terra.com.br/educacao/meuambiente/Parque_Aparados_Serra.htm>. Acesso em 03/11/2006

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE,
www.mma.gov.br/port/sds/zee/baixada/6/6_2_1.html.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C. Influência do ENOS na Precipitação da Zona da Mata Norte - Mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C., RIBEIRO, A. El Niño: Occurrence and Duration of Dry Spells in the State of Minas Gerais - Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. [online]. July/Sept. 2005, v. 9, n.3 [consultado em 14/02/2006], p. 364-371.

MOREIRA, A. C.; ASSIS, S. V. Precipitação Pluviométrica Disponível na Região da Campanha do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

NERY, J. T.; ANDRADE, A. R.; CARFAN, A. C. Relação da Precipitação na Bacia do Ivaí com a Variabilidade Interanual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBGFA, 2003. 1 CD.

NERY, J. T.; SILVA, E. S. Análise da Precipitação Pluvial do Estado do Paraná In: CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 9 e CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 8, 2001, Buenos Aires. *Anais....*Buenos Aires: Editora, 2001. v. 1. p. 41– 49.

NERY, J. T.; SILVA, E. S.; CARFAN, A. C. Distribuição da Precipitação Pluvial no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6, 2004, Aracaju. *Anais...* Aracaju: VI SBCG, 2004. 1CD.

NERY, J. T.; STIVARI, S. M. S.; FREITAS, E. D.; MARTINS, M. L. O. F. Número de Dias com Precipitação Pluvial do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1CD.

NERY, J. T.; VARGAS, W. M.; MARTINS, M. L. O. F. Caracterização da precipitação do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 9, 1996, Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão: IX SBMET, 1996.

NOBRE, C. A. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: A Importância do Oceano Atlântico. *Climanálise*, v.4, p. 30-33, 1983.

OLIVEIRA, A. S. *Interações entre Sistemas na América do Sul e Convecção na Amazônia*. 1986. Tese (Doutorado em Meteorologia) - INPE-4008-TDI/239, São José dos Campos. 2003.

OLIVEIRA, N., FOGACCIA, C. V. C.; ALMEIDA, R.M.B., Caracterização Preliminar das Chuvas Intensas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBMET, 1998. 1 CD.

PANNATIER, Y. Variowin: Software for Spatial Data Analysis in 2D. New York: Springer-Verlag, 90 p. 1996.

PERRELLA, A.C. F.; SANTO, C. M. E.; SILVA, T. C.; VERGUEIRO, T. S. Distribuição de Intensidade das Chuvas em São José dos Campos e suas Consequências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBMET, 1998. 1 CD.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. Precipitação sobre a América do Sul para uma situação de El Niño conjugada com dipolo positivo e negativo de TSM no Atlântico em simulações com o MCG CPTEC/COLA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998. 1CD.

PISCIOTTANO, G. J.; DIAZ, A. F.; CAZES, G.; MECHOSO, C. R. El Niño–Southern Oscillation Impact on Rainfall in Uruguay. *Journal of Climate*, v. 7, n.8, p.1286-1302, 1994.

PLÁ, R. G. E; AQUINO, F. E. O Regime de Precipitação Pluvial em Maquiné, RS – Brasil, 1959-1990. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 13, Meteorologia e o Desenvolvimento Sustentável, 2004, Fortaleza. *Anais...* Foz do Iguaçu: XIII SBMET, 2004. 1 CD.

QUADRO, M. F. L.; DE ABREU, M. L. Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Belo Horizonte: VIII SBMET, v.2, p. 620-623, 1994.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, v.42, n.1, p.81-91, 1990.

REIS, E. Estatística Multivariada Aplicada. Lisboa: Edições Sílabo Lda, 1997. 343 p.

RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; FILHO, A.T.; MELO, W. J. Diagnóstico de uma Área Compactada por Atividade Minerária, na Floresta Amazônica, Empregando Métodos Geoestatísticos à Variável Resistência Mecânica à Penetração do Solo. *Acta Amazônica*, v.36, n.1, Manaus jan./mar. 2006.

RIBEIRO, A. M. A.; LUNARDI, D. M. C. A Precipitação Mensal Provável para Londrina - PR, através da Função Gama. *Energia na Agricultura*, v. 12, n. 4, p. 37-44, 1997.

RICHMAN, M. Rotation of Principal Components. *Journal of Climatology*, n. 6, p. 293-335, 1986.

ROCHA, A. M. G. C.; GANDU, A. W. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Climanálise Especial*: edição comemorativa de 10 anos, p. 40-142. 1996.

RODELA, L. G.; TARIFA, J. R. O clima da Serra do Ibitipoca - Sudeste de Minas Gerais. *Revista Espaço e Tempo*, n. 11, GEOUSP: São Paulo, 2002.

ROPELEWSKI, C.F.; M.S. HALPERT, Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, v.115, n.x, p.1606-1626, 1987.

ROPELEWSKI, C.F.; M.S. HALPERT, Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, v.2, n.x, p.268-284, 1989.

SANSIGOLO, C. A.; DINIZ, G. B.; SALDANHA, R. L. Influência dos Eventos El Niño e La Niña no Regime de Precipitação de Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 15, n. 1, p. 69-75, 2000.

SANSIGOLO, C. A.; NERY, J. T. Análise de Fatores Comuns e Agrupamentos das Precipitações nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBMET, 1998. 1 CD.

SENE, E.; MOREIRA, J.C. Geografia Geral e do Brasil: espaço geográfico e globalização. São Paulo: Scipione, 1998.

SERVAIN, J. Simple Climatic Índices for the Tropical Atlantic Ocean and Some Applications. *Journal of Geophysical Research*, v.96, n.8, p. 15137-15146, 1991. 2000.

SILVA E. S.; E NERY J. T. Distribuição Espacial e Temporal da Precipitação na Região Centro Sul do Estado do Paraná. In: CONGRESSO DE BIOMETEOROLOGIA, 3, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: III SBBiomet, 2001. 1 CD.

SILVA, D. F. B.; SANTOS, E. C. N.; COSTA, M. L. R. Análise de Fatores Geográficos que Influenciam a Sustentabilidade Ecológica do Parque Estadual da Serra do Ibitipoca - Lima Duarte - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Maringá: X SGBFA, 2001. 1 CD. Disponível em: <<http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/>>. Acesso em: 20 abr. 2006.

SILVA, D. F.B., MOLION, L. C. B. Influência da Variabilidade Climática Interanual na Hidrologia da Bacia do Rio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 13, 2002, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: XIII SBMET, 2004. 1 CD.

SILVA, E. S.; CARFAN, A. C.; E NERY, J. T. Análise da Variabilidade da Precipitação Pluviométrica da Região Hidrográfica do Uruguai através de Técnicas Multivariadas. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS), 50 e SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À

EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA (SEAGRO), 11, Londrina. *Anais...* Londrina: Editora, 2005.

SILVA, F. M.; LERMEN, V. K, NERY, J. N. Variabilidade Interanual da Precipitação na Bacia do Rio Iguaçu, *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1439-1444, 2001.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C., TAVARES, M., Variabilidade Temporal da Precipitação Mensal e Anual na Estação Climatológica de Uberaba-MG. *Ciências Agrotécnicas*, Lavras, v. 27, n.3, p.665-674, maio/jun., 2003.

SILVA, S. B. V.; KOUSKY, V. E. Variabilidade Intra-sazonal de Precipitação sobre o leste do Brasil durante o verão de 1999/2000. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.16, n.2, p.187-199, 2001.

SILVA, V. B. S.; KOUSKY, V. E. Variabilidade de Precipitação sobre o Brasil Durante o Verão de 1999/2000. *Anais da SBMET*. P.3069-3073, 2000.

SOTÉRIO, P. W.; PEDROLLO, M. C.; ANDRIOTTI, J. L. Mapa de Isoietas do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, 2005, João Pessoa. *Anais...* Fortaleza: XVI SRH, 2005. <http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/autores_simposio.htm> Acesso em: 20 jun. 2005.

SOUZA, G. P.; SOUSA, P., NERY, J. T.; ANTONELLI, V.; MARTINS, M. L. O. F., CARFAN, A. C. Caracterização da Precipitação na Região Centro-Sul do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: X SBGFA, 2003. 1 CD.

SUDESTE-CENTRO-SUL. Disponível em:

<<http://www.brasilrepublica.hpg.ig.com.br/geocentrosul.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

TOMMASELLI, J. T. G. ; SILVEIRA, H. ; BALDO, M. C. . Caracterização Pluviométrica da Mesorregião Central Paranaense. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 7, 2004, Aracaju. *Anais...* Fortaleza: VII SBCG, 2004.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of Geostatistics to Spatial studies of Soil Properties. *Advances in soil science*, n. 38, p. 45-94, 1985.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorology Society*, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

UVO, C. B. *A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do nordeste brasileiro*. 1989. 88 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE. São José dos Campos-SP.

VEIGA, P. A. J.; ORSINI, M. A. J.; RAO V. B. A influência das anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre as chuvas de monção da América do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.17, n.2, p.181-194, 2002.

VICENTE, E. C.; SANSIGOLO, C. A.; FILHO, A. J. P. Características das Precipitações Convectivas Intensas na Área do Radar Meteorológico de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGÍA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: XII SBMET, 2002. 1 CD.

VITORINO, M. I. *Análise das oscilações intrasazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes utilizando a Análise de Ondeletras*. 2003. 344 p.(f.folhas) Tese (Doutorado em Meteorologia) - INPE-9822-TDI/865, São José dos Campos. 2003.

ZAMBOTI, J. L. Mapas Pluviométricos Médios Mensais no Verão para o Estado do Paraná, Utilizando Métodos Geoestatísticos. 2001. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.

ANEXO I: Características das estações pluviométricas selecionadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil – 1972-2002.

Estação	Longitude (Graus)	Latitude (Graus)	Altitude (m)	Código (ANA)	UF	Município
a	-39,75	-18,56	3	1839001	ES	CONCEIÇÃO DA BARRA
b	-40,05	-18,45	90	1840003	ES	SÃO MATEUS
c	-40,85	-18,75	192	1840004	ES	BARRA DE SÃO FRANCISCO
d	-40,98	-18,55	280	1840007	ES	ÁGUA DOCE DO NORTE
e	-40,68	-19,81	145	1940001	ES	SANTA TERESA
f	-40,04	-19,75	5	1940003	ES	ARACRUZ
g	-40,85	-19,22	135	1940009	ES	PANCAS
h	-41,01	-19,52	70	1941003	ES	BAIXO GUANDU
i	-40,98	-20,14	940	2040008	ES	SANTA LEOPOLDINA
j	-40,66	-20,80	6	2040009	ES	ANCHIETA
k	-40,68	-20,41	544	2040012	ES	DOMINGOS MARTINS
l	-41,68	-20,77	576	2041001	ES	GUAÇUI
m	-41,24	-20,35	600	2041011	ES	CONCEIÇÃO DO CASTELO
n	-41,70	-20,32	920	2041017	ES	IUNA
o	-41,65	-21,04	150	2141016	ES	SÃO JOSÉ DO CALÇADO
p	-41,61	-21,45	20	2141003	RJ	CAMPOS
q	-41,86	-21,64	50	2141006	RJ	SÃO FIDELIS
r	-42,64	-21,88	150	2142014	RJ	CARMO
s	-42,36	-21,95	376	2142022	RJ	CANTAGALO
t	-41,71	-22,08	15	2241003	RJ	CONCEIÇÃO DE MACABU
u	-42,38	-22,36	740	2242004	RJ	NOVA FRIBURGO
v	-42,90	-22,20	650	2242027	RJ	TERESÓPOLIS
x	-43,76	-22,16	497	2243006	RJ	VALENÇA
y	-43,56	-22,05	396	2243008	RJ	RIO DAS FLORES
z	-43,15	-22,13	270	2243015	RJ	TRES RIOS
1	-44,62	-22,50	440	2244030	RJ	RESENDE
2	-44,06	-22,23	544	2244033	RJ	VALENÇA

ANEXO I: Continuação . . .

3	-44,55	-22,34	1460	2244039	RJ	RESENDE
4	-44,05	-22,50	360	2244041	RJ	VOLTA REDONDA
5	-44,48	-14,42	523	1444001	MG	MONTALVANIA
6	-44,87	-15,95	448	1544012	MG	SÃO FRANCISCO
7	-40,25	-16,14	160	1640000	MG	JACINTO
8	-41,50	-16,57	241	1641001	MG	ITÁOBIM
9	-45,24	-16,27	437	1645003	MG	SÃO ROMÃO
10	-45,38	-16,91	495	1645007	MG	SANTA FE DE MINAS
11	-40,76	-17,70	146	1740000	MG	CARLOS CHAGAS

12	-41,92	-18,57	174	1841001	MG	VILA MATIAS
13	-42,60	-18,36	498	1842004	MG	SÃO PEDRO DO SUAÇUI
14	-44,22	-18,30	510	1844001	MG	SANTO HIPOLITO
15	-45,84	-18,34	836	1845013	MG	SÃO GONÇALO DO ABAETE
16	-46,42	-18,03	(	1846016	MG	PRESIDENTE OLEGARIO
17	-41,71	-19,80	260	1941000	MG	IPANEMA
18	-41,53	-19,06	(	1941005	MG	CONSELHEIRO PENA
19	-42,32	-19,83	505	1942002	MG	BOM JESUS DO GALHO
20	-43,82	-19,89	720	1943006	MG	SABARA
21	-43,37	-19,88	1110	1943027	MG	S. GONÇALO DO R. ABAIXO
22	-43,59	-19,22	1090	1943035	MG	SANTANA DO RIACHO
23	-44,42	-19,88	745	1944007	MG	FLORESTAL
24	-44,04	-19,01	635	1944020	MG	SANTANA DE PIRAPAMA
25	-45,60	-19,47	692	1945019	MG	DORES DO INDÁIA
26	-46,31	-19,00	1067	1946022	MG	CARMO DO PARANAIBA
27	-47,53	-19,32	950	1947001	MG	SANTA JULIANA
28	-41,92	-20,69	747	2041005	MG	CAIANA
29	-43,18	-20,39	477	2043011	MG	MARIANA
30	-44,12	-20,20	761	2044008	MG	BRUMADINHO
31	-45,97	-20,02	654	2045001	MG	BAMBUI
32	-45,17	-21,34	813	2145007	MG	LAVRAS
33	-44,64	-22,17	1036	2244065	MG	ALAGOA
34	-47,89	-20,59	640	2047019	SP	SÃO JOAQUIM DA BARRA
35	-48,33	-20,78	470	2048020	SP	TERRA ROXA
36	-49,20	-20,33	430	2049033	SP	ICEM
37	-51,48	-20,87	380	2051018	SP	CASTILHO
38	-46,80	-21,95	740	2146014	SP	SAO JOAO DA BOA VISTA
39	-47,15	-21,10	820	2147003	SP	STO ANTONIO DA ALEGRIA
40	-47,42	-22,03	670	2147117	SP	PIRASSUNUNGA
41	-48,50	-21,85	440	2148060	SP	GAVIAO PEIXOTO

ANEXO I: Continuação . . .

42	-49,93	-21,27	400	2149007	SP	BARBOSA
43	-49,80	-21,78	440	2149022	SP	LINS
44	-50,93	-21,95	320	2150040	SP	RANCHARIA
45	-44,98	-22,69	550	2244010	SP	CACHOEIRA PAULISTA
46	-45,48	-22,69	1501	2245010	SP	CAMPOS DO JORDÃO
47	-46,78	-22,71	670	2246023	SP	AMPARO
48	-47,50	-23,01	500	2247059	SP	CAPIVARI
49	-48,43	-22,82	780	2248029	SP	BOTUCATU
50	-49,93	-22,22	640	2249008	SP	MARILIA

51	-50,02	-22,90	380	2250024	SP	SALTO GRANDE
52	-45,31	-23,24	760	2345065	SP	SÃO LUIS DO PARAÍTINGA
53	-45,14	-23,32	888	2345067	SP	SÃO LUIS DO PARAÍTINGA
54	-45,90	-23,37	572	2345071	SP	SANTA BRANCA
55	-45,96	-23,62	820	2345076	SP	BIRITIBA-MIRIM
56	-46,37	-23,02	790	2346094	SP	PIRACAIA
57	-47,07	-23,92	0	2347062	SP	JUQUITIBA
58	-48,92	-23,10	780	2348008	SP	AVARE
59	-48,28	-23,96	610	2348037	SP	CAPÃO BONITO
60	-49,47	-23,71	500	2349020	SP	ITAPORANGA
61	-47,61	-24,21	10	2447042	SP	JUQUIA
62	-48,55	-24,55	61	2448017	SP	IPORANGA
63	-49,92	-23,77	482	2349032	PR	TOMAZINA
64	-50,25	-23,05	372	2350002	PR	ANDIRA
65	-52,67	-23,32	250	2352000	PR	RONDON
66	-53,18	-23,00	400	2353001	PR	SANTA ISABEL DO IVAI
67	-53,12	-23,92	320	2353002	PR	MARILUZ
68	-49,00	-24,62	180	2449000	PR	ADRIANÓPOLIS
69	-49,32	-24,72	400	2449007	PR	DOUTOR ULYSSES
70	-51,67	-24,52	880	2451012	PR	MANOEL RIBAS
71	-53,10	-24,62	320	2453012	PR	CORBELIA
72	-48,82	-25,47	8	2548000	PR	MORRETES
73	-49,78	-25,92	750	2549000	PR	LAPA
74	-49,88	-25,52	792	2549001	PR	PORTO AMAZONAS
75	-49,38	-25,92	810	2549002	PR	QUITANDINHA
76	-49,07	-25,42	900	2549004	PR	PIRAQUARA
77	-50,92	-25,20	690	2550000	PR	PRUDENTÓPOLIS
78	-50,38	-25,87	760	2550001	PR	SÃO MATEUS DO SUL
79	-50,12	-25,12	790	2550002	PR	PONTA GROSSA
80	-51,42	-25,42	950	2551000	PR	GUARAPUAVA

ANEXO I: Continuação . . .

81	-51,20	-25,65	960	2551001	PR	INACIO MARTINS
82	-51,97	-25,62	740	2551004	PR	GUARAPUAVA
83	-52,92	-25,77	390	2552001	PR	SÃO JORGE DO IVAI
84	-54,42	-25,68	152	2554002	PR	FOZ DO IGUAÇU
85	-49,17	-26,74	46	2649002	SC	POMERODE
86	-49,25	-26,42	200	2649012	SC	CORUPA
87	-49,60	-26,22	780	2649016	SC	MAFRA
88	-49,48	-26,72	250	2649017	SC	BENEDITO NOVO

89	-52,33	-26,56	760	2652000	SC	ABELARDO LUZ
90	-53,01	-26,93	280	2653007	SC	SAUDADES
91	-48,95	-27,41	40	2748001	SC	MAJOR GERCINO
92	-50,58	-26,03	215	2748003	SC	ANGELINA
93	-49,61	-27,40	370	2749002	SC	ITUPORANGA
94	-49,55	-27,03	252	2749005	SC	IBIRAMA
95	-49,94	-27,26	353	2749006	SC	POUSO REDONDO
96	-49,38	-27,73	550	2749007	SC	ALFREDO WAGNER
97	-49,11	-28,00	340	2749012	SC	ANITAPOLIS
98	-49,78	-27,80	900	2749031	SC	LAGES
99	-50,10	-27,92	1196	2750007	SC	LAGES
1a	-50,86	-27,54	720	2750008	SC	SÃO JOSÉ DO CERRITO
1b	-50,75	-27,33	825	2750009	SC	CURITIBANOS
1c	-50,47	-27,16	980	2750010	SC	CURITIBANOS
1d	-53,16	-27,07	400	2753006	SC	PALMITOS
1e	-49,30	-28,36	90	2849001	SC	ORLEANS
1f	-49,64	-28,83	80	2849005	SC	MELEIRO
1g	-50,44	-28,15	930	2850004	SC	LAGES
2a	-51,81	-27,95	687	2751007	RS	RIO GRANDE DO SUL
2b	-52,30	-27,85	763	2752006	RS	RIO GRANDE DO SUL
2c	-53,03	-27,81	350	2753004	RS	RIO GRANDE DO SUL
2d	-54,13	-27,30	120	2754001	RS	RIO GRANDE DO SUL
2e	-50,45	-28,87	640	2850009	RS	RIO GRANDE DO SUL
2f	-51,28	-28,85	630	2851003	RS	RIO GRANDE DO SUL
2g	-51,80	-26,88	600	2851022	RS	RIO GRANDE DO SUL
2h	-51,62	-28,77	680	2851024	RS	RIO GRANDE DO SUL
2i	-52,75	-28,19	593	2852007	RS	RIO GRANDE DO SUL
2j	-53,97	-28,46	160	2853003	RS	RIO GRANDE DO SUL
2k	-53,15	-28,73	390	2853014	RS	RIO GRANDE DO SUL
2l	-53,95	-28,11	447	2854001	RS	RIO GRANDE DO SUL

ANEXO I: Continuação . . .

2n	-54,34	-28,03	400	2854003	RS	RIO GRANDE DO SUL
2o	-54,65	-28,73	160	2854005	RS	RIO GRANDE DO SUL
2p	-54,60	-28,21	160	2854006	RS	RIO GRANDE DO SUL
2q	-55,64	-28,18	60	2855001	RS	RIO GRANDE DO SUL
2r	-55,33	-28,21	80	2855002	RS	RIO GRANDE DO SUL
2s	-55,68	-29,00	140	2855005	RS	RIO GRANDE DO SUL
2t	-51,85	-29,23	60	2951010	RS	RIO GRANDE DO SUL
2u	-51,15	-29,33	80	2951022	RS	RIO GRANDE DO SUL
2v	-53,35	-29,63	25	2953008	RS	RIO GRANDE DO SUL

2x	-54,65	-29,45	100	2954007	RS	RIO GRANDE DO SUL
3a	-56,56	-29,12	35	2956005	RS	RIO GRANDE DO SUL
3b	-56,05	-29,31	60	2956006	RS	RIO GRANDE DO SUL
3c	-56,52	-29,77	120	2956007	RS	RIO GRANDE DO SUL
3d	-54,68	-30,98	120	3054002	RS	RIO GRANDE DO SUL
3e	-54,92	-30,25	100	3054007	RS	RIO GRANDE DO SUL
3h	-51,95	-31,37	2	3151003	RS	RIO GRANDE DO SUL
3i	-52,70	-31,35	400	3152003	RS	RIO GRANDE DO SUL
3j	-55,03	-27,85	100	3152011	RS	RIO GRANDE DO SUL
3k	-53,38	-31,58	440	3153008	RS	RIO GRANDE DO SUL
3l	-52,52	-32,35	2	3252006	RS	RIO GRANDE DO SUL
3o	-53,12	-32,95	3	3253003	RS	RIO GRANDE DO SUL