

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ORIGINAIS,
ESTIMADAS E DAS DERIVADAS DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO DO RIO
GRANDE DO SUL

Ana Paula Assumpção Cordeiro
Engenheira Agrônoma - UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Ênfase Agrometeorologia

Porto Alegre (RS), Brasil
Agosto de 2010

CIP - CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS

C794t Cordeiro, Ana Paula Assumpção
Tendências climáticas das variáveis meteorológicas originais,
estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado do Rio
Grande do Sul / Ana Paula Assumpção Cordeiro. — Porto Alegre :
A.P.A. Cordeiro, 2010.

xxi, 273f, Il.

Dissertação (Mestrado – Agrometeorologia) – Programa de
Pós - Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

1. Agrometeorologia : Tendências climáticas : Variáveis meteo-
rológicas : Balanço hídrico : RS. I. Título.

CDD: 630

ANA PAULA ASSUMPÇÃO CORDEIRO
Engenheira Agrônoma - UFRGS

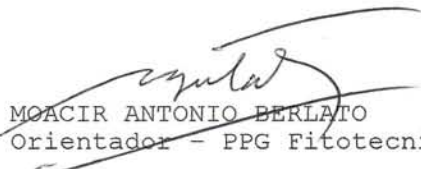
DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

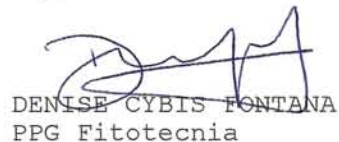
MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

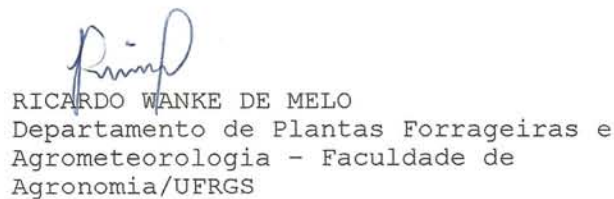
Aprovado em: 02.08.2010
Pela Banca Examinadora



MOACIR ANTONIO BERLATO
Orientador - PPG Fitotecnia



DENISE CYBIS FONTANA
PPG Fitotecnia

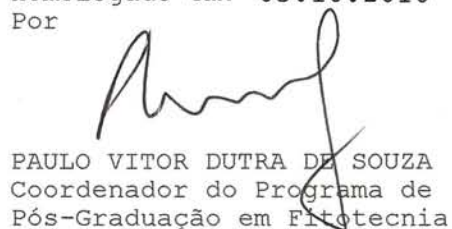


RICARDO WANKE DE MELO
Departamento de Plantas Forrageiras e
Agrometeorologia - Faculdade de
Agronomia/UFRGS



RONALDO MATZENAUER
FEPAGRO/RS

Homologado em: 05.10.2010
Por



PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos amigos espirituais, que me deram força para alcançar meus objetivos.

Aos meus familiares e aos meus muitos amigos, os quais sabem quando e como, me ajudaram e apoiaram ao longo deste Mestrado. Em especial, ao meu marido Osmar Tomazi pelo amor, incentivo e compreensão.

Ao Prof. Dr. Moacir A. Berlato, que além de ser um orientador exigente, sempre foi muito amigo e compreensivo. Sempre incentivando minha vocação de pesquisadora, desde a iniciação científica.

Aos professores Ricardo Wanke de Melo, Denise Cybis Fontana e Homero Bergamaschi, pelas contribuições técnicas e amizade.

À Lívia e Mêmora pela coleta das longas séries de dados meteorológicos no 8ºDISME/INMET.

Ao 8ºDISME/INMET pela disponibilização dos dados meteorológicos.

Ao CNPq pelo investimento ao longo de 24 meses.

Por fim, agradeço à banca examinadora pelas contribuições.

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ORIGINAIS, ESTIMADAS E DAS DERIVADAS DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

Autor: Ana Paula Assumpção Cordeiro

Orientador: Dr. Moacir Antonio Berlato

RESUMO

Foram analisadas as tendências climáticas, estacionais e anuais, das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado do Estado do Rio Grande do Sul, utilizando dados mensais de 14 estações meteorológicas do período de 1950-2009. Nos últimos sessenta anos, tendências climáticas observadas em escala global e regional e outras até então não estudadas, foram constatadas no Rio Grande do Sul. A precipitação pluvial apresentou forte tendência de aumento. Das temperaturas, a temperatura mínima do ar foi, destacadamente, a que apresentou maior aumento e maior consistência espacial. A insolação e suas variáveis derivadas (radiação solar global e saldo de radiação) apresentaram forte tendência de redução. A evapotranspiração de referência apresentou a mesma tendência. A evapotranspiração real apresentou tendências fracas, de aumento no ano e nas estações mais quentes; e de redução nas estações do ano mais frias. O déficit hídrico e o índice hídrico apresentaram tendência de redução e de aumento, respectivamente, especialmente na primavera, em que a maior disponibilidade hídrica é muito importante. O excesso hídrico apresentou tendência de aumento. As tendências temporais significativas e a coerência espacial das tendências das variáveis originais estão de acordo com outros trabalhos para o sudeste da América do Sul, indicando o caráter de grande escala dessas tendências. Principalmente na primavera e verão (épocas de maior impacto do ENOS no clima do Estado), as tendências observadas das variáveis originais estão relacionadas com esse fenômeno, especialmente sua fase quente, El Niño, mais fortes e extensos a partir da década de 1980. Mas são coerentes também com a hipótese do aquecimento global. As tendências climáticas apresentadas no presente trabalho servem de subsídios para o planejamento de estratégias de adaptação e/ou mitigação aos possíveis novos agroclimas.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (274 p.) Agosto, 2010.

CLIMATE TRENDS OF METEOROLOGICAL VARIABLES ORIGINAL, ESTIMATED AND DERIVED OF WATER BALANCE OF THE RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL²

Author: Ana Paula Assumpção Cordeiro
Advisor: Dr. Moacir Antonio Berlato

ABSTRACT

Annual and seasonal climate trends of the original, estimated and derived of the series water balance of the Rio Grande do Sul state variables were analyzed, using monthly data from 14 meteorological stations in the period 1950-2009. In the last sixty years, climate trends observed in global and regional scales and other not yet studied were noted in the Rio Grande do Sul state. The precipitation showed strong increasing trend. In the air temperatures, the minimum air temperature was prominently that showed the greatest increase and greater spatial consistency. The sunshine and its derived variables (global radiation and net radiation) showed strong decreasing trend. The reference evapotranspiration showed the same tendency. The real evapotranspiration showed weak trends of increase in the year and in warmer seasons, and reduction in the colder seasons. The water deficit and water index showed tendency of decrease and increase, respectively, especially in the spring, that higher water availability is very important. The excess water showed increasing trend. Significant temporal trends and spatial coherence of the trends of the original variables are consistent with other studies to the southeast of South America, indicating the character of large-scale of these trends. Especially in spring and summer (period of greatest impact of ENSO on climate in the State), the trends of the original variables are related to this phenomenon, especially its warm phase, El Niño, strongest and extended from the 1980s. But they are also consistent with the hypothesis of global warming. Climate trends presented in this work serve as background information for planning adaptation and / or mitigation strategies, to possible new agroclimates.

² Master of Science Dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (274 p.) August, 2010.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Tendências climáticas	4
2.2 Efeito estufa	6
2.3 El Niño Oscilação Sul (ENOS)	7
2.4 Radiação solar	9
2.5 Saldo de radiação	10
2.6 Evapotranspiração	10
2.7 Métodos de estimativa da evapotranspiração	11
2.8 Balanço hídrico	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Área de estudo	14
3.2 Dados meteorológicos	15
3.3 Tendência temporal	22
3.4 Mapas de distribuição espacial das tendências	23
3.5 ENOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Tendência da precipitação pluvial	25
4.2 Tendência da temperatura mínima do ar	30
4.3 Tendência da temperatura máxima do ar	36
4.4 Tendência da temperatura média do ar	41
4.5 Tendência da insolação	45
4.6 Tendência da radiação solar global	51
4.7 Tendência do saldo de radiação	55
4.8 Tendência da evapotranspiração de referência	58
4.9 Tendência da evapotranspiração real	61
4.10 Tendência do índice hídrico	65
4.11 Tendência do déficit hídrico	69
4.12 Tendência do excesso hídrico	72
4.13 Curso mensal da precipitação pluvial, da evapotranspiração de referência e da evapotranspiração real	78
4.14 Comparação de normais climatológicas	79
5 CONCLUSÕES	85
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
7 APÊNDICES	92

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Início do balanço hídrico em 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.	22
2. Anomalia de TSM em episódios quentes (El Niño – em vermelho), frios (La Niña – em azul) do fenômeno ENOS e episódios neutros (em preto) por trimestres no período de 1950 a 2009.	24
3. Tendências climáticas anuais e estacionais das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico no Estado do Rio Grande do Sul, avaliada pelo coeficiente de regressão linear (β_1) e variação total no período 1950-2009 (Δ 60 anos)	76
4. Normais climatológicas mensais e anual da precipitação pluvial nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.	81
5. Normais climatológicas mensais e anual da temperatura mínima do ar nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.	82
6. Normais climatológicas mensais e anual da temperatura máxima do ar nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.	83
7. Normais climatológicas mensais e anual da temperatura média do ar nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.	84

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. Fonte: Adaptado de Rio Grande do Sul (1994).	16
2. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	28
3. Sinal de tendência da precipitação pluvial anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	29
4. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	34
5. Sinal de tendência da temperatura mínima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009. ..	35
6. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	39
7. Sinal de tendência da temperatura máxima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009. ..	40
8. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	43
9. Sinal de tendência da temperatura média do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	44
10. Tendência linear da insolação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	48
11. Sinal de tendência da insolação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	49
12. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	53
13. Sinal de tendência da radiação solar global anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	54
14. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	56

	Página
15. Sinal de tendência do saldo de radiação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	57
16. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009. ..	59
17. Sinal de tendência da evapotranspiração de referência anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009. ..	60
18. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	63
19. Sinal de tendência da evapotranspiração real anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	64
20. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	67
21. Sinal de tendência do índice hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	68
22. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	70
23. Sinal de tendência do déficit hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	71
24. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	73
25. Sinal de tendência do excesso hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.	74

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	93
2. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	94
3. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	95
4. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	96
5. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	97
6. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	98
7. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	99
8. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	100
9. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	101
10. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	102
11. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	103
12. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	104
13. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	105
14. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	106

	Página
15. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	107
16. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul. .	108
17. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	109
18. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	110
19. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	111
20. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	112
21. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	113
22. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	114
23. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	115
24. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	116
25. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	117
26. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	118
27. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	119
28. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	120
29. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	121

	Página
30. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	122
31. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	123
32. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	124
33. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	125
34. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	126
35. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	127
36. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	128
37. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	129
38. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	130
39. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	131
40. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	132
41. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	133
42. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	134
43. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	135
44. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	136

	Página
45. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	137
46. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	138
47. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	139
48. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	140
49. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	141
50. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	142
51. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	143
52. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	144
53. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	145
54. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	146
55. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	147
56. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	148
57. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	149
58. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	150
59. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	151
60. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	152
61. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	153

	Página
62. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	154
63. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	155
64. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	156
65. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	157
66. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	158
67. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	159
68. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	160
69. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	161
70. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	162
71. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	163
72. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	164
73. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	165
74. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	166
75. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	167
76. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	168
77. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	169
78. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	170

	Página
79. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	171
80. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	172
81. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	173
82. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	174
83. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	175
84. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	176
85. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	177
86. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	178
87. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	179
88. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	180
89. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	181
90. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	182
91. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	183
92. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	184
93. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	185
94. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	186
95. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	187

	Página
96. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	188
97. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	189
98. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	190
99. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	191
100. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul. .	192
101. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	193
102. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	194
103. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	195
104. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	196
105. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	197
106. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	198
107. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	199
108. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	200
109. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	201
110. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	202
111. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	203

	Página
112. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	204
113. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	205
114. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	206
115. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	207
116. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	208
117. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	209
118. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	210
119. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	211
120. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	212
121. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	213
122. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	214
123. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	215
124. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	216
125. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	217
126. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	218
127. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	219
128. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	220

	Página
129. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	221
130. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	222
131. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	223
132. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	224
133. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	225
134. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	226
135. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	227
136. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	228
137. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	229
138. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	230
139. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	231
140. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	232
141. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	233
142. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	234
143. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	235
144. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	236
145. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	237

	Página
146. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	238
147. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	239
148. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	240
149. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	241
150. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	242
151. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	243
152. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	244
153. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	245
154. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	246
155. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.	247
156. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.	248
157. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.	249
158. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.	250
159. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.	251
160. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.	252
161. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.	253
162. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.	254

	Página
163. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.	255
164. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.	256
165. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.	257
166. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.	258
167. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.	259
168. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguaiana, Rio Grande do Sul.	260
169. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1951 a 2009, em Bagé/RS. CAD = 100mm.	261
170. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1969 a 2009, em Bom Jesus/RS. CAD = 100mm.	262
171. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Caxias do Sul/RS. CAD = 100mm. .	263
172. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1966 a 2009, em Cruz Alta/RS. CAD = 100mm.	264
173. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Encruzilhada do Sul/RS. CAD = 100mm.	265
174. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Iraí/RS. CAD = 100mm.	266
175. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Passo Fundo/RS. CAD = 100mm. ..	267
176. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1971 a 2009, em Pelotas/RS. CAD = 100mm.	268

	Página
177. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Porto Alegre/RS. CAD = 100mm. ...	269
178. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Rio Grande/RS. CAD = 100mm.	270
179. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1967 a 2009, em Santa Maria/RS. CAD = 100mm.	271
180. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Santa Vitória do Palmar/RS. CAD = 100mm.	272
181. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em São Luiz Gonzaga/RS. CAD = 100mm.	273
182. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1952 a 2009, em Uruguaiana/RS. CAD = 100mm.	274

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm sido o tema mais discutido na primeira década do século XXI no Brasil e no mundo, isto porque a intensificação dos extremos climáticos vem sendo observada em todos os continentes, ameaçando inclusive alguns ecossistemas.

O aumento da temperatura do ar, o derretimento de geleiras e calotas polares, o aumento do nível médio do mar, as enchentes e precipitações mais intensas e mais freqüentes em várias partes do mundo, as secas no Brasil, Espanha e Austrália, na Europa e na Ásia as ondas de calor e de frio, além de furacões no Atlântico Norte, e até mesmo no Brasil (Furacão Catarina em 2004), entre outros eventos extremos, são fortes indicadores de mudanças climáticas com grande impacto na sociedade.

É consenso, entre os cientistas da área de meteorologia e afins, que as tendências climáticas observadas, especialmente a partir da segunda metade do século XX, aumentaram significativamente. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC), essas tendências observadas no passado recente apresentam alta probabilidade de continuarem no mesmo sentido no século XXI (IPCC, 2007).

Diversos setores de sociedade continuarão a sentir os impactos dessas tendências, principalmente aqueles relacionados à defesa civil, à agricultura e ao meio ambiente.

Na agricultura, os impactos previstos estão relacionados com pragas, doenças, danos na pós-colheita, eficiência de pesticidas, alteração na fenologia de cultivos e nas aptidões agroclimatológicas de algumas áreas, além de redução ou aumento no rendimento de importantes culturas (Siqueira *et al.*, 2000; Cunha *et al.*, 2004).

Estratégias de adaptação e mitigação podem reduzir ou até mesmo evitar os impactos das mudanças climáticas e devem ser seriamente consideradas pelos governos e tomadores de decisão. Provavelmente, haverá necessidade de mudanças nas práticas agrícolas para adaptação aos possíveis novos agroclimas, tanto para minimizar os impactos negativos, como para tirar proveito de possíveis condições climáticas favoráveis.

Em vista do acima exposto, e com a hipótese de que as tendências climáticas observadas em escala global estejam também ocorrendo no sul do Brasil, o objetivo geral deste trabalho foi analisar as tendências climáticas das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado do Estado do Rio Grande do Sul, nos últimos sessenta anos, e discutir possíveis causas, para servir de subsídio a pesquisadores e tomadores de decisão em diversas áreas de atividade, especialmente na agricultura.

Como objetivos específicos:

- 1) Obter séries climáticas, em nível mensal, estacional e anual das variáveis:
 - a. Originais: precipitação pluvial, temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar, temperatura média do ar e insolação;
 - b. Estimadas: radiação solar global, saldo de radiação e evapotranspiração de referência;
 - c. Derivadas do balanço hídrico seriado: evapotranspiração real, déficit hídrico, excesso hídrico e índice hídrico.

- 2) Analisar a tendência temporal das séries climáticas das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado;
- 3) Gerar mapas com a distribuição espacial do sinal das tendências climáticas das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado;
- 4) Analisar os efeitos associados ao ENOS nas tendências das variáveis originais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tendências climáticas

As pesquisas publicadas, principalmente na primeira década do século XXI, têm relatado fortes indicadores de tendências climáticas, tanto em escala global como regional. Peterson *et al.* (2001; 2002), Frich *et al.* (2002), Vincent *et al.* (2005), Alexander *et al.* (2006), Haylock *et al.* (2006) são alguns dos pesquisadores que vêm analisando os extremos climáticos. Todos são unânimes ao indicar que o clima global está ficando mais quente e chuvoso.

As análises de Frich *et al.* (2002) e de Alexander *et al.* (2006), em escala global, indicaram aumento da frequência de noites quentes, redução da amplitude de temperaturas extremas, e também do número de dias com geadas severas.

Na América do Sul, os estudos de eventos extremos através da análise das tendências de índices de temperatura (Vincent *et al.*, 2005) e de doze índices anuais de precipitação pluvial (Haylock *et al.*, 2006), indicaram aumento da temperatura mínima e de noites quentes, redução de noites frias e da amplitude térmica, aumento do número de dias com precipitações intensas e de períodos chuvosos, além de redução de períodos secos.

Regionalmente, no Sul do Brasil, tem sido observado um aumento das chuvas, na bacia do Paraná-Prata, desde 1950, consistente com tendências similares em outros países do Sudeste da América do Sul (Marengo, 2008).

Estudos realizados por Rusticucci & Barrucand (2004) para as tendências de temperaturas extremas no período de 1959-1998 na Argentina mostraram um elevado número de estações com forte tendência positiva na temperatura mínima do ar, principalmente na região nordeste daquele país, sendo várias dessas estações na fronteira Brasil-Argentina, muito próximas às estações do noroeste do Rio Grande do Sul e do oeste de Santa Catarina. Os autores encontraram tendências de redução da temperatura máxima do ar para a maior parte da Argentina, mas, também encontraram tendências significativas de aumento, principalmente ao sul desse país e na fronteira Brasil-Argentina, referida acima.

No Rio Grande do Sul, resultados de trabalhos científicos indicam aumento da temperatura mínima do ar e forte redução das amplitudes térmicas (Althaus & Berlato, 2007); tendência de aumento da precipitação pluvial (Berlato *et al.*, 2007) e, do número de dias com precipitação pluvial (Fontana & Almeida, 2002); tendência de redução da insolação (Custódio *et al.*, 2007); e de aumento no índice de nebulosidade diurna (Custódio *et al.*, 2009).

Há forte coerência espacial nas tendências climáticas, o que indica que fenômenos de grande escala estão causando essas tendências. Todos os resultados dessas pesquisas são coerentes com a hipótese do aumento do efeito estufa na atmosfera, que aumenta não apenas a temperatura do ar, mas também dos oceanos. E, por sua vez o aumento da temperatura da superfície do mar (TSM) está associado ao fenômeno El Niño que, sabidamente, influencia as precipitações e a temperatura do ar. Corroborando esta hipótese, sabe-se também que a frequência e intensidade de El Niño têm aumentado a partir da segunda metade do século XX, período em que as tendências climáticas têm, também, se evidenciado.

2.2 Efeito estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural, mantido pelos gases presentes na atmosfera. É como se o planeta Terra fosse uma casa de vegetação. Simplificadamente, o Sol emite radiação, principalmente de ondas curtas, que é em parte refletida pela Terra e pela atmosfera, porém, a parte da radiação solar que é absorvida pelas superfícies terrestres, as aquece e estas emitem radiação de onda longa de volta ao espaço. Certos gases presentes na atmosfera absorvem esta radiação e reemitem em todas as direções. A parte desta energia calorífica que volta à Terra mantém a temperatura média do planeta em torno de 15°C.

Os gases responsáveis por esse mecanismo são denominados gases de efeito estufa, nos quais os mais importantes são: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), o vapor d'água, o ozônio (O_3) e os halocarbonos ou grupo de gases conhecidos como clorofluorcarbonos (CFCs).

As concentrações dos três primeiros gases na atmosfera têm aumentado desde os primeiros anos da Revolução Industrial, e a taxas bastante elevadas nos últimos sessenta anos (IPCC, 2007), muito provavelmente pela intensificação das atividades produtivas baseadas no uso de combustíveis fósseis, mudança no uso da terra e atividades relacionadas à agricultura e pecuária.

Embora o forçamento radiativo do sistema climático seja afetado pelas atividades solar e vulcânica, aerossóis e gases de efeito estufa, a maior liberação destes gases na atmosfera no último século, é apontada como a causa mais provável do aquecimento global.

2.3 El Niño Oscilação Sul (ENOS)

El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala que se origina no Oceano Pacífico tropical e tem seus efeitos observados em distintas regiões do Globo. El Niño representa o componente oceânico do fenômeno e está associado a variações na temperatura da superfície do mar, enquanto que o componente atmosférico, denominado Oscilação Sul, expressa a correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste deste Oceano.

O fenômeno ENOS compreende uma variação irregular das condições normais do oceano e da atmosfera na região do Pacífico tropical. Um extremo dessa variação é representado pelas condições de El Niño, verificando-se um aquecimento das águas simultaneamente à diminuição da pressão atmosférica no Pacífico leste (fase quente ou fase negativa) e o outro extremo é representado pelas condições de La Niña, quando ocorre um resfriamento das águas e um aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico (fase fria ou fase positiva).

O fenômeno ENOS provoca mudanças na circulação atmosférica, com impactos em todos os continentes. No Rio Grande do Sul os principais efeitos associados ao ENOS estão relacionados com a precipitação pluvial e a temperatura do ar.

Ao analisar os efeitos associados ao ENOS na precipitação pluvial, Puchalski (2000) corroborou trabalho anterior de Fontana & Berlato (1997), concluindo que El Niño produz anomalias positivas e La Niña anomalias negativas na precipitação. Segundo Puchalski (2000), a influência do ENOS é maior na região noroeste do Rio Grande do Sul e seus impactos são maiores na primavera e início do verão (outubro a dezembro) do ano de início do fenômeno, meses em

que um adequado suprimento hídrico é muito importante para o estabelecimento dos cultivos de primavera-verão.

Segundo Fontana & Almeida (2002) o ENOS influencia também o número de dias de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, sendo maior durante os eventos El Niño e menor durante os eventos La Niña. Segundo as autoras o nordeste do Estado é onde se verificam os maiores efeitos associados ao fenômeno ENOS no número de dias com precipitação pluvial.

Quanto à influência do ENOS na temperatura do ar no Rio Grande do Sul, Berlato & Fontana (2003) relataram que os impactos do ENOS são maiores na temperatura mínima do ar, com desvios médios em relação aos eventos neutros (sem ocorrências do fenômeno) iguais ou maiores do que 1°C em vários meses do ano, enquanto que na temperatura máxima os desvios na maioria dos meses do ano não passaram de 0,5°C.

Lopes & Berlato (2003) concluíram que a La Niña provoca maiores impactos na temperatura mínima do ar do que o El Niño.

Puchalski (2000) constatou que a temperatura média do ar em anos de La Niña é inferior à temperatura normal, em praticamente todos os meses do ano. E, posteriormente, Lopes & Berlato (2003) constataram que o efeito sobre a temperatura média ocorre como consequência da menor temperatura mínima do ar em eventos La Niña em todos os meses do ano, mas principalmente na primavera-início de verão, do primeiro ano de ocorrência do fenômeno.

Corroborando os trabalhos anteriores, Cordeiro & Berlato (2009) ao analisarem o trimestre de maior impacto do fenômeno (outubro-novembro-dezembro) observaram que nas classes de temperatura mínima do ar mais baixas a maior frequência é de eventos La Niña, quando comparadas aos eventos neutros e El Niño.

Quanto ao déficit hídrico no Rio Grande do Sul, Puchalski (2000) conclui que em anos de La Niña, os riscos de ocorrência deste no final da primavera e início de verão aumentam significativamente, principalmente na metade sul do Estado, enquanto que, em anos de El Niño, as probabilidades de ocorrência de déficit hídrico diminuem drasticamente, praticamente desaparecendo em grandes áreas do norte e nordeste do Estado. Posteriormente, Leivas (2003) confirmou que no final de primavera e verão a deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado diminui em anos de El Niño.

2.4 Radiação solar

Dentre os elementos meteorológicos, a radiação solar é o de maior importância, pois dela depende a vida na Terra, sendo a principal variável determinante da demanda evaporativa da atmosfera. A radiação solar é utilizada em estimativas de evapotranspiração e em modelagem de crescimento e produção dos cultivos.

A melhor forma de quantificar a radiação solar global incidente sobre uma superfície horizontal ao nível do solo é através de piranômetros. Entretanto, em virtude da escassez de dados meteorológicos desta natureza, faz-se necessário utilizar equações empíricas que permitam estimar a radiação solar com base em outros parâmetros meteorológicos, como nebulosidade, duração de brilho solar ou insolação, etc (Vianello & Alves, 2000). A forma mais usual de estimá-la é através de sua relação com a insolação, que é mais comumente determinada nas estações meteorológicas.

2.5 Saldo de radiação

O saldo de radiação em uma determinada superfície é a contabilização entre toda energia radiante recebida e perdida pela superfície. Assim, a sua estimativa considera a radiação de ondas curtas que chega ao solo, a fração refletida (albedo), a radiação atmosférica de ondas longas que atinge o solo, bem como a radiação de ondas longas emitida pela superfície do solo (Vianello & Alves, 2000).

No entanto, devido ao custo de implantação e manutenção de equipamentos de medição, como o saldo-radiômetro, uma alternativa muito utilizada é a estimativa do saldo de radiação através de equações com base na radiação solar global.

2.6 Evapotranspiração

Uma das principais variáveis de entrada do balanço hídrico é a evapotranspiração potencial (ETP), que pode ser definida como o total de água transferido para a atmosfera por unidade de tempo, através da evaporação da água do solo, do orvalho, e da precipitação interceptada, bem como da transpiração das plantas de uma superfície extensa, completamente coberta de vegetação de porte baixo, em crescimento ativo e bem suprida de água (Penman, 1956). Nestas condições, a evapotranspiração seria controlada, primeiramente, pelos elementos meteorológicos e secundariamente por fatores de planta e de solo. Evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração potencial são consideradas sinônimos quando se referem a evapotranspiração de uma cultura bem adaptada e de porte baixo (12cm). Nas últimas décadas, observa-se uma preferência dos pesquisadores dessa área pelo uso de ET_o.

A evapotranspiração de referência tem sido muito utilizada em modelos agrometeorológicos de estimativa de rendimento dos cultivos.

Já a evapotranspiração real (ETR) é dada por uma superfície vegetada qualquer e em quaisquer condições de umidade de solo.

2.7 Métodos de estimativa da evapotranspiração

Existem diversos métodos de estimativa da evapotranspiração. Em Berlato & Molion (1981) encontram-se compilados vários deles. Entre os principais, tem-se o método de Thornthwaite (1948), o mais utilizado mundialmente, especialmente no século passado, por necessitar apenas da temperatura do ar, variável disponível em qualquer estação meteorológica; e os métodos de Penman (1956); Penman-Monteith (1964); Priestley & Taylor (1972); e Linacre (1977).

O método de Penman, derivado pelo pesquisador de mesmo nome, combina o balanço de energia com um termo aerodinâmico, e por isto, também é conhecido como método combinado (Penman, 1956). Embora, este método seja o mais extensivamente recomendado para a estimativa da evapotranspiração, o mesmo utiliza variáveis, como a velocidade do vento a 2m de altura, nem sempre disponíveis em estações meteorológicas comuns.

Segundo Berlato & Fontana (1987), possivelmente, uma das mais interessantes simplificações do método combinado é o método de Priestley & Taylor (1972), que estima a evapotranspiração apenas em função da temperatura do ar e do termo energético da equação de Penman. A equação de Priestley & Taylor é dada por:

$$LE = \alpha \times \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \times (Rn - S) \quad (1)$$

sendo LE o fluxo de calor latente de evaporação ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), α um fator empírico de proporcionalidade, Δ a tangente à curva que relaciona a pressão de

umidade de saturação de vapor d'água e temperatura do ar ($\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), γ o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), Rn o saldo de radiação ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$), e S o fluxo de calor no solo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$).

Berlato & Fontana (1987) determinaram o parâmetro α da equação para o caso da soja e encontraram, para as condições do Rio Grande do Sul, valores médios muito próximos ao $\alpha = 1,26$, originalmente determinado por Priestley & Taylor (1972) também para superfícies livres de água e solo vegetado em condições de saturação.

Os resultados de Berlato & Fontana (1987) não mostraram diferença significativa do parâmetro considerando ou não considerando o fluxo de calor no solo (S), isto, segundo os autores, se deve ao fato de que o fluxo de calor no solo da soja, com cobertura completa do solo e em condições de adequado suprimento de água, ter sido muito pequeno, variando de 1 a 3% de Rn , durante os dias de medição.

2.8 Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um método de estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas, sendo uma excelente ferramenta para zoneamento agroclimático, classificação climática e para estudar a implantação e monitoramento de sistemas de irrigação ou drenagem em uma região, sendo também de grande importância para o dimensionamento de sistemas de abastecimentos, barragens e projetos de controle de enchentes.

Os métodos de balanço hídrico variam desde os mais simples até os mais elaborados, nos quais, além dos elementos meteorológicos, também são considerados fatores de solo e de planta. Esses modelos requerem, como variáveis de entrada: a evapotranspiração potencial ou evapotranspiração de

referência, calculada por métodos meteorológicos; a capacidade de armazenamento de água do solo e informações sobre a planta (estádio de desenvolvimento, cobertura do solo e profundidade do sistema radicular). Como variáveis de saída (derivadas), esses modelos fornecem a evapotranspiração real (ETR), a variação da umidade do solo (ΔW), déficits e excessos hídricos (Berlato, 1987).

O déficit hídrico corresponde à quantidade de água que necessita ser suplementada ao sistema para a manutenção da evapotranspiração em nível potencial. Quando a precipitação pluvial supera a evapotranspiração potencial, estando o solo na sua capacidade máxima de armazenamento, ocorre excesso hídrico, que representa a perda combinada de água através da percolação no perfil do solo e pelo escoamento superficial (Cunha, 1999a).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo é o Estado do Rio Grande do Sul, situado no extremo meridional do Brasil, entre as latitudes aproximadas de 27 a 34° Sul e longitudes aproximadas de 50 a 57° Oeste. Entre área terrestre e área de águas interiores possui uma área total de 282.184 Km². As maiores altitudes são encontradas no Nordeste do Estado, atingindo aproximadamente 1.300 m em alguns pontos, enquanto que as menores altitudes encontram-se junto à costa litorânea do Oceano Atlântico, próximas ao nível médio do mar (Berlato & Cordeiro, 2005).

Segundo a classificação climática de Wladimir Köppen (Köppen, 1948) o clima predominante no Rio Grande do Sul é o tipo Cfa, e em regiões de maior altitude, como a Serra do Nordeste, os Campos de Cima da Serra e a Serra do Sudeste, é do tipo Cfb. A letra “C” indica clima subtropical ou temperado, a letra “f” indica que as precipitações pluviais médias são razoavelmente bem distribuídas no ano, no sentido de que não há estação seca nem estação chuvosa bem caracterizada. A letra “a” indica verão quente, com temperatura média do mês mais quente superior aos 22°C, enquanto que a letra “b” indica verão ameno, com temperatura média do mês mais quente inferior aos 22°C.

3.2 Dados meteorológicos

Os dados médios mensais de temperatura mínima e temperatura máxima do ar (°C), e os totais mensais de precipitação pluvial (mm) e insolação (horas e décimos), do período de janeiro de 1950 a dezembro de 2009 foram obtidos junto ao 8° Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8° DISME/INMET). O período de 1950 a 2009 foi escolhido a fim de obter séries históricas de 60 anos, compreendendo assim, duas normais climatológicas.

Os dados meteorológicos podem ser influenciados por problemas no instrumento, nos procedimentos de medida ou registro e até mesmo na coleta dos dados. Em vista disso, as séries de dados mensais de temperatura máxima e mínima do ar, precipitação pluvial e insolação foram examinadas quanto à qualidade e homogeneidade das mesmas. Tal triagem é de suma importância, visto que dados errôneos podem causar resultados equivocados em análise de variabilidade e de tendências climáticas.

A qualidade dos dados meteorológicos foi examinada de maneira simples, verificando-se, nas séries de dados, os valores que apresentaram grande discrepância, quando comparados aos observados em estações vizinhas, ou na própria série de dados da estação.

Os dados de insolação foram comparados com a soma dos dados diários, e quando faltavam dados nos decêndios, a insolação total mensal foi calculada com base na insolação média do mês.

Em todas as séries de dados, nos meses em que faltavam dados, os mesmos foram estimados pela média entre o mês anterior e posterior. Porém, o preenchimento de falhas foi realizado em poucos casos, visto que foram selecionadas para este trabalho apenas as estações que apresentavam a série de dados praticamente completa no período estudado.

A análise de homogeneidade foi feita, também, de maneira muito simples. Através da inspeção visual de picos nos gráficos das séries históricas, foi inspecionada a provável ocorrência de saltos nas séries históricas, que podem não ser de natureza climática, mas sim, por exemplo, mudança de local da estação meteorológica, troca de instrumentos, desgaste de equipamentos e mudança de métodos de observação.

Após a referida triagem, foram selecionadas 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, representando as diversas regiões ecoclimáticas do Estado, distribuídas conforme a Figura 1.

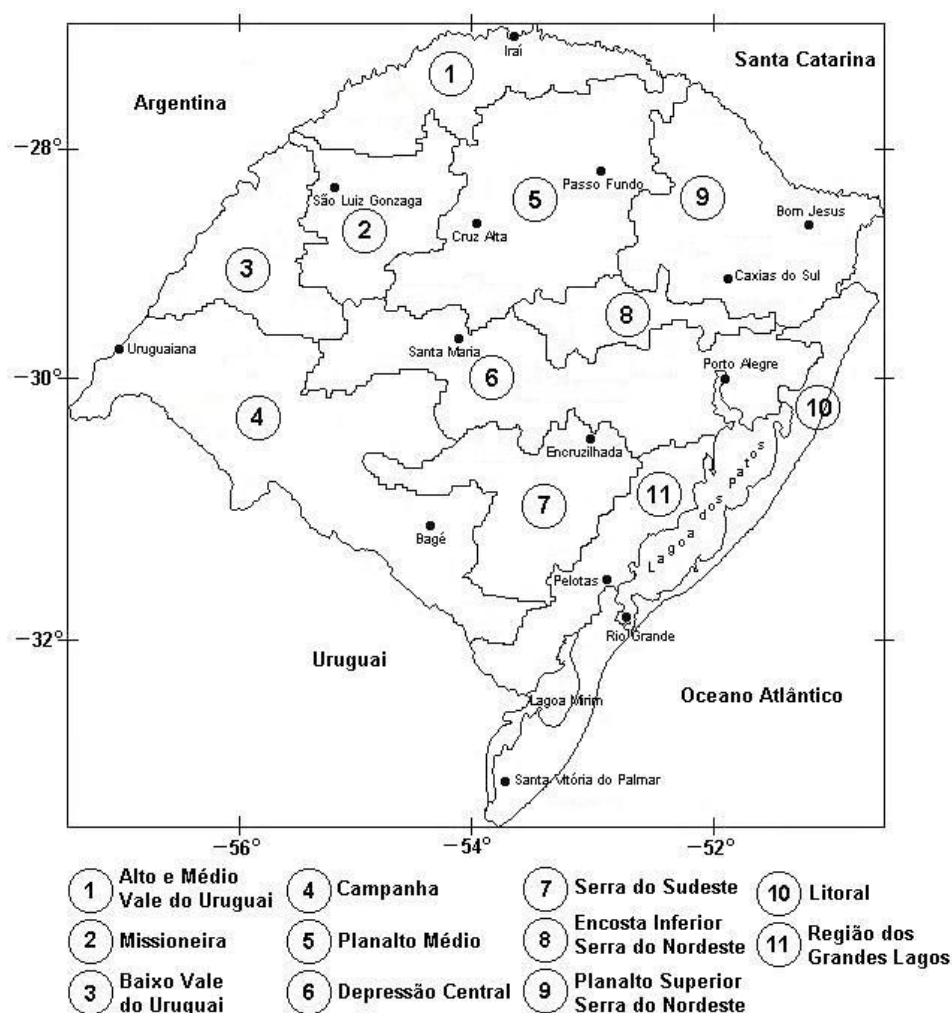


FIGURA 1. Regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. Fonte: Adaptado de Rio Grande do Sul (1994).

Para as estações meteorológicas e período em estudo foram calculados os valores mensais de temperatura média do ar, radiação solar global, saldo de radiação e evapotranspiração de referência e foi calculado o balanço hídrico seriado, para obter as variáveis derivadas: evapotranspiração real, déficit e excesso hídricos e índice hídrico.

Para as séries de dados das variáveis originais, estimadas e derivadas do balanço hídrico seriado foram calculadas, a partir dos dados mensais, as médias e somas, anuais e estacionais: verão (dezembro-janeiro-fevereiro), outono (março-abril-maio), inverno (junho-julho-agosto) e primavera (setembro-outubro-novembro).

A série de dados mensal de temperatura média do ar (°C) foi obtida a partir da média aritmética entre a temperatura mínima e máxima do ar.

A série de dados mensal de radiação solar global foi obtida pela equação de Ångstrom, dada por (Vianello & Alves, 2000):

$$Rg = Ra \times \left(b_0 + b_1 \times \left(\frac{n}{N} \right) \right) \quad (2)$$

sendo Rg a radiação solar global incidente sobre uma superfície horizontal ao nível do solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), Ra a radiação solar recebida no topo da atmosfera ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), b_0 e b_1 os coeficientes empíricos da equação (adimensionais), n o número médio de horas de insolação ou brilho solar (horas), e N a duração astronômica do dia (horas).

Os coeficientes da equação de regressão linear, b_0 e b_1 , utilizados foram coeficientes médios ajustados por Fontana & Oliveira (1996), os quais variam mensalmente e conforme a região ecoclimática.

O número médio mensal de horas de insolação foi obtido dividindo-se a insolação total do mês pelo número de dias de cada mês.

Para a estimativa mensal da radiação solar no topo da atmosfera foi utilizada a equação (Vianello & Alves, 2000):

$$Ra = \frac{S}{\pi} \times \left(\frac{\bar{d}}{d} \right)^2 \times \left(\omega\eta \times \left(\frac{\pi}{180} \right) \times \text{sen}\phi \times \text{sen}\delta + \cos\phi \times \cos\delta \times \text{sen}\omega\eta \right) \quad (3)$$

sendo Ra a radiação solar recebida no topo da atmosfera ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), S a constante solar ($118,1 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), π a constante de Arquimedes ($3,1416$), $(\bar{d} / d)^2$ a razão entre a distância média e a real do Sol à Terra, ϕ a latitude da estação meteorológica, δ a declinação solar e $\omega\eta$ o ângulo horário no momento do nascer do Sol.

Para cada mês, calculou-se a razão entre a distância média e a real do Sol à Terra, através da equação:

$$\left(\frac{\bar{d}}{d} \right)^2 = 1 + 0,034 \times \cos \left(360 \times \left(\frac{D}{365,25} \right) \right) \quad (4)$$

sendo D o dia Juliano (15, 46, 74, 105, 135, 166, 196, 227, 258, 288, 319, 349), correspondente ao dia 15 de cada mês do calendário Gregoriano.

Para o cálculo mensal da declinação solar foi utilizada a equação:

$$\delta = 0,3931 + 23,2577 \times \cos(0,9861 \times D - 170,7) + 0,3906 \times \cos(1,9154 \times D - 174,4) \quad (5)$$

O ângulo horário no momento do nascer do Sol mensal foi obtido pela equação:

$$\omega\eta = \arccos(-\text{tg}\phi \times \text{tg}\delta) \quad (6)$$

sendo $\omega\eta$ o ângulo horário no momento do nascer do Sol (convertido para graus).

A estimativa mensal da duração astronômica do dia ou número máximo de horas de sol foi obtida pela equação (Vianello & Alves, 2000):

$$N = \left(\frac{2 \times \omega\eta}{15} \right) \quad (7)$$

A série de dados mensal de saldo de radiação foi estimada pela relação com a radiação solar global, para condição de solo vegetado com grama, utilizando a equação ajustada por Bergamaschi & Guadagnin (1990), dada por:

$$Rn = (-18,81 + 0,69 \times Rg) \quad (8)$$

sendo Rn o saldo de radiação ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), Rg a radiação solar global ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). Para aplicar a equação 8, a série de dados de Rg teve que ser previamente convertida de $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Posteriormente, a série de dados de Rn foi convertida para $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para ser utilizada na equação 9.

A série de dados mensal de evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Priestley e Taylor. Como, segundo Berlato & Fontana (1987) não houve diferença significativa no parâmetro α ao considerar ou não o fluxo de calor no solo, neste trabalho foi considerado $S = 0$, devido a sua magnitude ser desprezível frente às demais variáveis. Logo, utilizou-se a equação dada por:

$$ET_0 = \alpha \times \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \times Rn \quad (9)$$

sendo, ET_0 a evapotranspiração de referência ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), α um fator empírico de proporcionalidade, Δ a tangente à curva que relaciona a pressão de saturação de vapor d'água e temperatura do ar ($\text{kPa. } ^\circ\text{C}^{-1}$), γ o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa. } ^\circ\text{C}^{-1}$), e Rn o saldo de radiação ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$).

O parâmetro de Priestley e Taylor (α) utilizado foi o de 1,26, que é válido para condições saturadas e em ausência de advecção.

A tangente à curva que relaciona pressão de saturação do vapor d'água e temperatura do ar foi obtida pela equação (Burman & Pochop, 1994):

$$\Delta = (2503 / ((T + 237,3)^2))^{((17,27 * T) / (T + 237,3))} \quad (10)$$

sendo Δ a tangente à curva que relaciona pressão de saturação do vapor d'água e temperatura do ar ($\text{kPa. } ^\circ\text{C}^{-1}$), e T a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$).

O coeficiente psicrométrico foi obtido pela equação (Burman & Pochop, 1994):

$$\gamma = \left(\frac{C_{pm} \times P}{\varepsilon \times \lambda} \right) \quad (11)$$

sendo γ o coeficiente psicrométrico (kPa. °C⁻¹), C_{pm} o calor específico a pressão constante (1,01 kJ. Kg⁻¹. K⁻¹), P a pressão atmosférica (101,3 kPa), ε a relação entre o peso molecular do vapor d'água e do ar seco (0,622), e λ o calor latente de vaporização (kJ. Kg⁻¹).

Os três primeiros elementos da equação 11 foram considerados constantes para os fins a que se propõe o presente trabalho.

Por sua vez, o calor latente de vaporização foi obtido pela equação (Burman & Pochop, 1994):

$$\lambda = 2501 - (2,3601 \times T) \quad (12)$$

sendo λ o calor latente de vaporização (kJ. Kg⁻¹), e T a temperatura média do ar (°C).

Através do fator de conversão de 2,546, a série de dados mensal de evapotranspiração de referência, estimada em MJ.m⁻².dia⁻¹, foi convertida a mm.dia⁻¹, e posteriormente, multiplicada pelo número de dias de cada mês para obter a evapotranspiração de referência total mensal, em mm.

Para o cálculo do balanço hídrico, as variáveis de entrada necessárias são a precipitação pluvial, a evapotranspiração potencial ou de referência e a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD). Para o presente estudo foi utilizada a CAD de 100mm, por esta ser a mais utilizada em estudos agroclimatológicos.

Os balanços hídricos seriados, em nível mensal, foram calculados conforme a metodologia desenvolvida por Thornthwaite-Mather (1955), descrita

por Cunha (1999a). Para o cálculo da evapotranspiração de referência utilizou-se o método de Priestley & Taylor (1972) em vez do método de Thornthwaite (1948), porque o método de Thornthwaite subestima a evapotranspiração de referência na primavera e verão, enquanto que o método de Priestley & Taylor, quando utilizado no balanço hídrico é muito mais realístico para estimar as deficiências hídricas, conforme mostrado por Leivas (2003), para o sul do Rio Grande do Sul.

Nos raros casos, em que mesmo após o preenchimento de falhas, não se pôde estimar a evapotranspiração de referência pelo método de Priestley & Taylor (1972), por falta de dados de insolação, e conseqüentemente, de radiação solar global e de saldo de radiação, a evapotranspiração de referência foi calculada pelo método Thornthwaite (1948), descrito em Cunha (1999b), que utiliza apenas a temperatura média do ar e a latitude da estação meteorológica, para a estimativa.

Com base na metodologia empregada para o cômputo do balanço hídrico foram geradas planilhas de cálculo auxiliares, sendo elas: “ $P - E_{To}$ ”, “negativo acumulado”, “armazenamento” e “variação no armazenamento”, a fim de gerar as planilhas contendo as séries de dados das variáveis derivadas do balanço hídrico seriado: evapotranspiração real, déficit e excesso hídricos.

Por fim, a série de dados do índice hídrico, também denominado índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) ou simplesmente, evapotranspiração relativa (E_{Tr}), foi obtida pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência. Este índice foi calculado por ser muito utilizado como indicador de disponibilidade hídrica.

Nem todas as estações meteorológicas possuíam dados de insolação desde 1950, logo o ano de início do balanço hídrico seriado teve que ser adequado a cada caso (Tabela 1).

TABELA 1. Início do balanço hídrico em 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Estações meteorológicas	Início do Balanço hídrico
Bagé	Outubro de 1951
Bom Jesus	Fevereiro de 1969
Caxias do Sul	Outubro de 1950
Cruz Alta	Março de 1966
Encruzilhada do Sul	Junho de 1950
Iraí	Outubro de 1950
Passo Fundo	Junho de 1950
Pelotas	Julho de 1971
Porto Alegre	Julho de 1950
Rio Grande	Junho de 1950
Santa Maria	Outubro de 1967
Santa Vitória do Palmar	Junho de 1950
São Luiz Gonzaga	Julho de 1950
Uruguaiana	Agosto de 1952

Todas as planilhas de cálculo foram desenvolvidas na plataforma Windows[®] XP, no *software* Microsoft[®] Office Excel 2003.

3.3 Tendência temporal

A tendência temporal das séries climáticas de dados anuais e estacionais das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado foi identificada pelo método clássico dos mínimos quadrados para o ajuste da regressão (Wilks, 1995), avaliando-se a tendência com o teste de hipótese (teste t), para o coeficiente de regressão β_1 ($\beta_1=0$, não existe tendência; $\beta_1 \neq 0$, existe tendência), nos níveis de significância de 10%, 5% e 1%.

A tendência temporal foi avaliada nas 14 estações meteorológicas, bem como na média do Rio Grande do Sul. Para o caso médio do Rio Grande do Sul, foi calculado também o incremento nos sessenta anos (positivo ou negativo), em cada variável.

3.4 Mapas de distribuição espacial das tendências

Foram gerados sessenta mapas da distribuição espacial dos sinais das tendências climáticas, anuais e estacionais, tanto das variáveis originais, estimadas como das derivadas do balanço hídrico seriado, a fim de identificar regiões no Rio Grande do Sul onde as tendências das variáveis estudadas são mais intensas.

3.5 ENOS

Para discutir os efeitos associados ao ENOS nas tendências climáticas observadas no Rio Grande do Sul, foram identificados, de 1950 a 2009, os eventos de El Niño e La Niña nos gráficos de tendência temporal para as estações do ano: verão e primavera, por serem as épocas de maiores impactos do ENOS no Rio Grande do Sul, especialmente os meses de outubro a dezembro.

A identificação dos eventos ENOS baseou-se na classificação do *National Weather Service/Climate Prediction Center* (NOAA, 2010), a qual considera o desvio de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ da TSM (média móvel de três meses de anomalia na região do Niño 3.4, por no mínimo cinco meses), em relação ao período de 1971-2000 (Tabela 2).

TABELA 2. Anomalia de TSM em episódios quentes (El Niño – em vermelho), frios (La Niña – em azul) do fenômeno ENOS e episódios neutros (em preto) por trimestres no período de 1950 a 2009.

Anos	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1,7	-1,5	-1,3	-1,4	-1,3	-1,1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-1,0
1951	-1,0	-0,9	-0,6	-0,3	-0,2	0,2	0,4	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6
1952	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0,0
1953	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
1954	0,5	0,3	-0,1	-0,5	-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,2	-1,1	-1,1	-1,1
1955	-1,0	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,4	-1,8	-2,0	-1,9
1956	-1,3	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-0,8
1957	-0,5	-0,1	0,3	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5
1958	1,7	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,4
1959	0,4	0,5	0,4	0,2	0,0	-0,2	-0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2
1960	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2
1961	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,0	-0,3	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4
1962	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
1963	-0,6	-0,3	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
1964	0,8	0,4	-0,1	-0,5	-0,8	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2	-1,0
1965	-0,8	-0,4	-0,2	0,0	0,3	0,6	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,5
1966	1,2	1,0	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2	0,0	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
1967	-0,4	-0,4	-0,6	-0,5	-0,3	0,0	0,0	-0,2	-0,4	-0,5	-0,4	-0,5
1968	-0,7	-0,9	-0,8	-0,7	-0,3	0,0	0,3	0,4	0,3	0,4	0,7	0,9
1969	1,0	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	0,7
1970	0,5	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,3	-0,6	-0,8	-0,9	-0,8	-0,9	-1,1
1971	-1,3	-1,3	-1,1	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-1,0	-0,9
1972	-0,7	-0,4	0,0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,1
1973	1,8	1,2	0,5	-0,1	-0,6	-0,9	-1,1	-1,3	-1,4	-1,7	-2,0	-2,1
1974	-1,9	-1,7	-1,3	-1,1	-0,9	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,7	-0,9	-0,7
1975	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,6	-1,7	-1,7
1976	-1,6	-1,2	-0,8	-0,6	-0,5	-0,2	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,7
1977	0,6	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
1978	0,7	0,4	0,0	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1
1979	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5
1980	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,1
1981	-0,3	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1
1982	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	0,7	1,0	1,5	1,9	2,2	2,3
1983	2,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0,6	0,2	-0,2	-0,6	-0,8	-0,9	-0,7
1984	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1
1985	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,4
1986	-0,5	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2
1987	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1
1988	0,7	0,5	0,1	-0,2	-0,7	-1,2	-1,3	-1,2	-1,3	-1,6	-1,9	-1,9
1989	-1,7	-1,5	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
1990	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
1991	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	1,4	1,6
1992	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	0,8	0,5	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,2
1993	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2
1994	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,2	1,3
1995	1,2	0,9	0,7	0,4	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
1996	-0,7	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4
1997	-0,4	-0,3	0,0	0,4	0,8	1,3	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,5
1998	2,3	1,9	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,5	-0,8	-1,0	-1,1	-1,3	-1,4
1999	-1,4	-1,2	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-1,0	-1,1	-1,3	-1,6
2000	-1,6	-1,4	-1,0	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7
2001	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1
2002	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,4
2003	1,2	0,9	0,5	0,1	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
2005	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	-0,1	-0,4	-0,7
2006	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	1,1	1,1
2007	0,8	0,4	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-1,0	-1,1	-1,3
2008	-1,4	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,6
2009	-0,8	-0,7	-0,5	-0,1	0,2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,8

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. Climate Prediction Center.
Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>.
Acesso em: junho de 2010.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tendência da precipitação pluvial

No período de 1950 a 2009, a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul apresentou tendência linear de aumento, estatisticamente significativo ao nível de 5%, para o ano, o outono e a primavera. No verão e no inverno a tendência de aumento não foi estatisticamente significativa (Figura 2). Considerando-se os incrementos médios das equações de tendências o aumento médio total, no período estudado de sessenta anos, foi de 255mm no ano, 48mm no verão, 105mm no outono, 3mm no inverno e 98mm na primavera.

Ávila (1994) já havia mostrado aumento da normal climatológica padrão do período de 1961-90 em relação à normal de 1931-60, com acréscimo de mais de 100mm em algumas regiões do Rio Grande do Sul, e até mais de 250mm na região noroeste do Estado.

Martins & Berlato (2005), em trabalho preliminar, analisando também a tendência temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, porém, no período de 1950 a 2002, encontraram significância estatística somente no ano e no outono. No presente estudo, entretanto, a tendência de aumento da precipitação pluvial na primavera passou a ser estatisticamente significativa, provavelmente, devido à primavera de 2009, marcada por evento El Niño, que sendo extremamente chuvosa inclinou a linha de tendência para cima no final do período estudado.

A primavera de 2009 fica registrada na história climática do Rio Grande do Sul desde o início do século XX (1913) - que é desde quando se tem dados de estações meteorológicas do 8°DISME/INMET- como sendo a estação de maior impacto do El Niño na precipitação pluvial. Em novembro de 2009, houve precipitações extremas em todo o Estado, chovendo, por exemplo, 672mm em São Luiz Gonzaga, quando a média no período de 1950 a 2009 para esta localidade é de 156mm. Desta forma, novembro de 2009 tornou-se um mês histórico na climatologia do Rio Grande do Sul, contribuindo para a média da precipitação pluvial na primavera ultrapassar 800mm, quando a média normal de trinta anos para este período no Estado é cerca de 400mm.

Também na Figura 2, nos gráficos do verão e da primavera, se observa os efeitos do ENOS na precipitação pluvial no Rio Grande do Sul já bastante discutidos por Fontana & Berlato (1997), Puchalski (2000) e Berlato & Fontana (2003). Nestes gráficos se pode verificar que a maioria dos eventos El Niño coincide com precipitações pluviais maiores e a maioria dos eventos La Niña coincide com precipitações menores, especialmente na primavera. Tal resultado é muito coerente com o período, indicado por Berlato & Fontana (2003), como sendo o de maior influência do ENOS na precipitação pluvial, pois segundo estes autores, dentro do período de primavera-verão, outubro e novembro são os principais meses desta influência.

Na Figura 3, é representado o sinal da tendência da precipitação pluvial nas 14 estações meteorológicas, distribuídas nas diferentes regiões climáticas do Rio Grande do Sul, para o caso anual e estacional. Na análise temporal da tendência de aumento da precipitação pluvial no Estado discutida anteriormente, a precipitação pluvial no ano, no outono e na primavera, foram os casos que apresentaram tendências de aumento estatisticamente significativo. Isto se deve

ao maior número de estações meteorológicas com tendências estatisticamente significativas nestes períodos.

Tanto quanto a significância estatística deve ser notada a grande coerência espacial do sinal da tendência da precipitação pluvial no Estado; no ano 100% das estações meteorológicas apresentaram tendência de aumento da precipitação no período estudado; no outono e na primavera 93%; no verão 86%; e no inverno 57%.

As tendências temporais e espaciais da precipitação pluvial anual e estacional no Rio Grande do Sul, estudadas no presente trabalho, são coerentes com os resultados de trabalhos que analisaram estas e outras tendências relacionadas à precipitação pluvial para o sudeste da América do Sul, o qual inclui o sul do Brasil. Dentre estes trabalhos, se pode citar, o de Haylock *et al.* (2006), que utilizando correlações canônicas, mostraram que a primeira causa da tendência de aumento da precipitação pluvial total e de seus índices derivados foi a alta frequência de eventos El Niño na segunda metade do século XX. E, o trabalho de Doyle & Barros (2006) que também concluem que os eventos El Niño contribuíram muito para a tendência de aumento da precipitação pluvial no sudeste da América do Sul, no período 1960-1999.

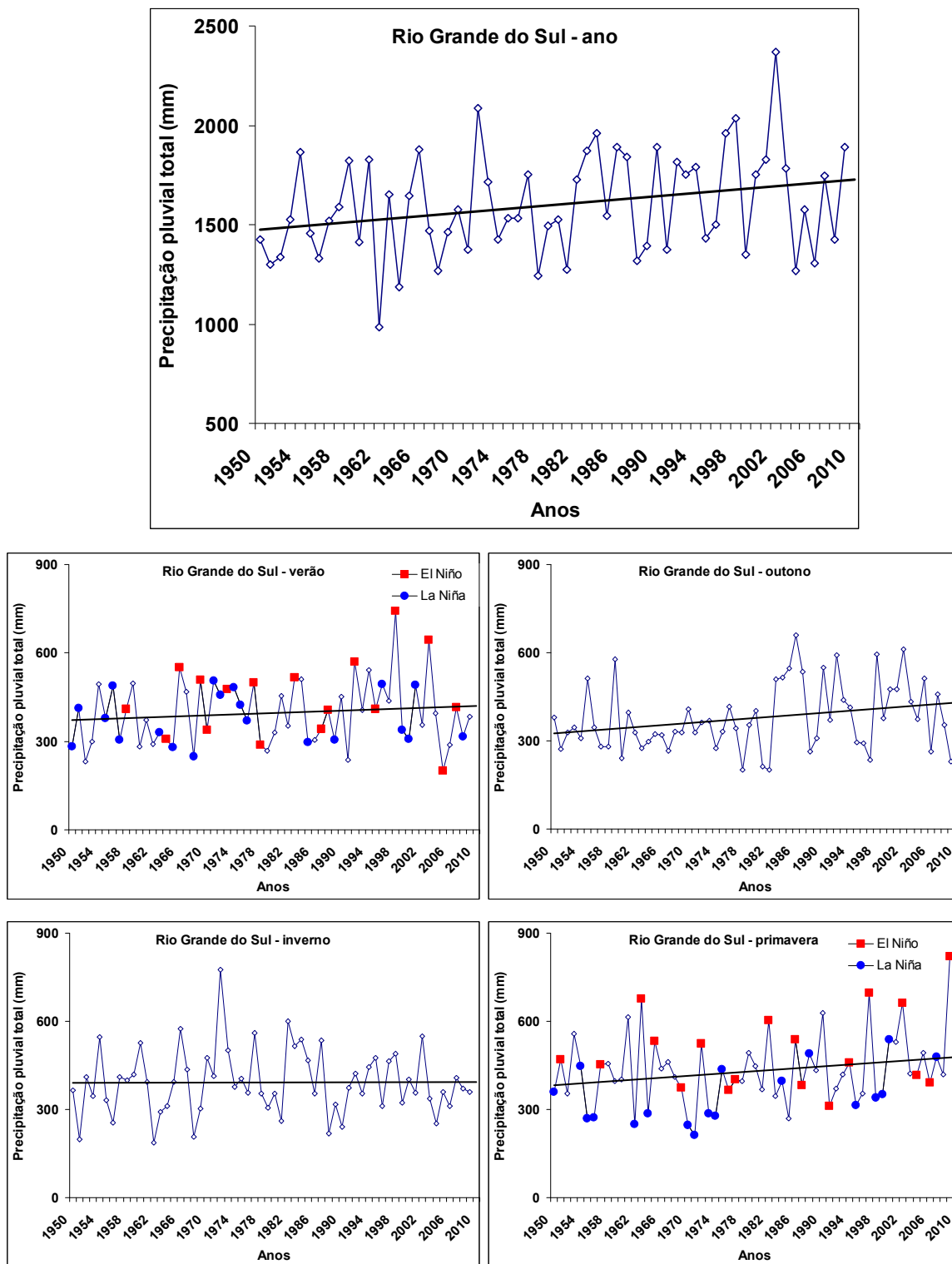


FIGURA 2. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e sazonal no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

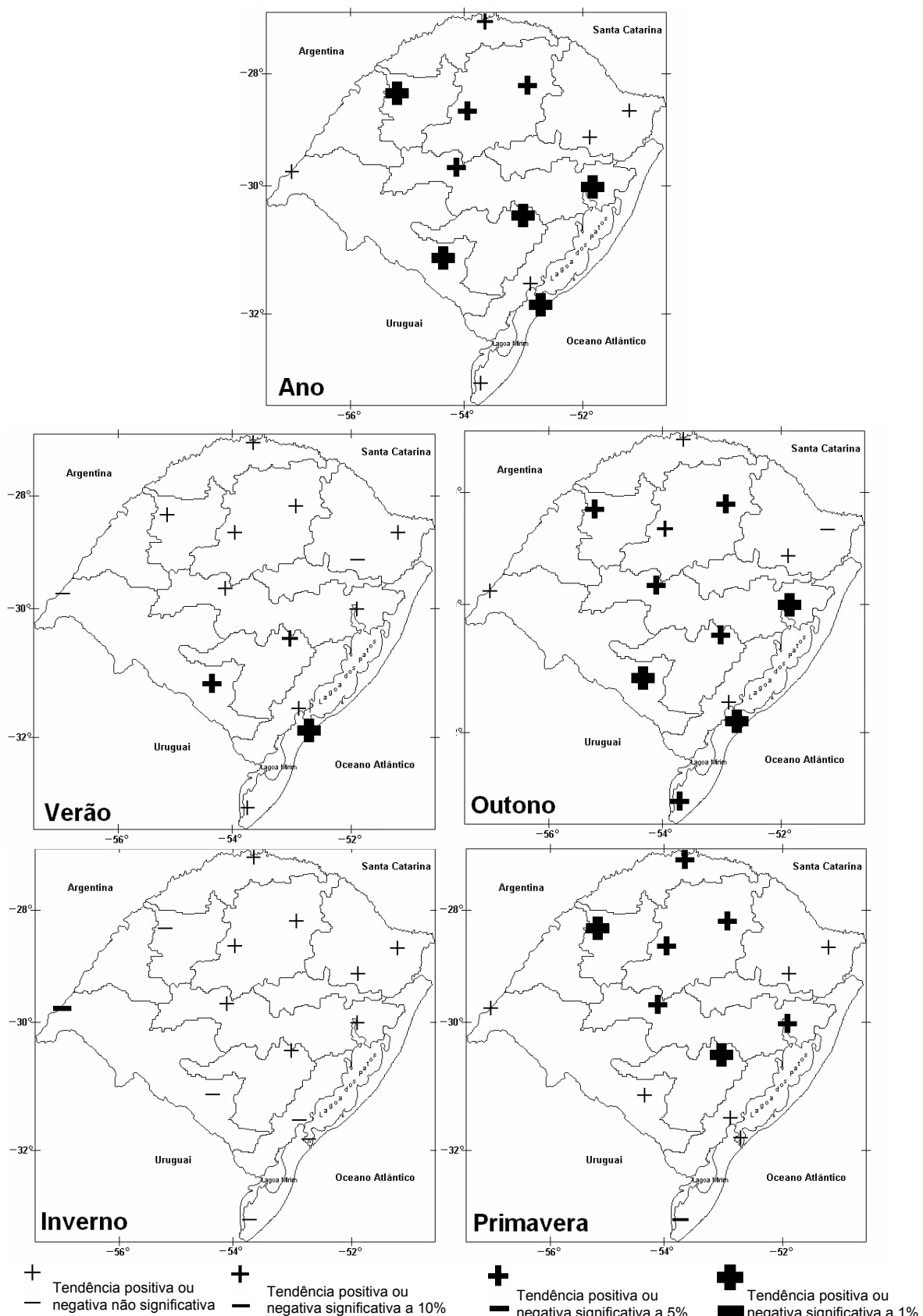


FIGURA 3. Sinal de tendência da precipitação pluvial anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.2 Tendência da temperatura mínima do ar

No Rio Grande do Sul, a temperatura mínima do ar apresentou tendência de aumento na média anual e nas quatro estações do ano (Figura 4). De 1950 a 2009, o aumento foi de 0,86°C na média anual; 0,89°C no verão; 1,08°C no outono; e 0,97°C na primavera, estatisticamente significativos a 1%. O inverno foi a estação do ano de menor incremento da temperatura mínima do ar (0,52°C), no período estudado, e a única com aumento não estatisticamente significativo.

Os resultados são coerentes com trabalhos preliminares de Martins & Berlato (2006) e Berlato & Althaus (2010), que apesar de utilizarem períodos de estudo diferentes do presente trabalho (1950 a 2002 e 1936 a 2000, respectivamente), também verificaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul. Coerentes também com resultados de Steinmetz *et al.* (2007), para a região de Pelotas, no sul do Estado, que verificaram aumento na temperatura mínima anual de até 1,11°C, no período de 1893 a 2006 e este aumento na temperatura mínima do ar foi ainda maior, de até 1,76°C, quando analisaram período mais recente (1951 a 2006).

No verão e na primavera, ainda na Figura 4, se pode observar a influência do ENOS na temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul; a maioria dos eventos La Niña coincide com valores menores de temperatura mínima, enquanto que a maioria dos eventos El Niño coincide com valores maiores.

No verão, o número de eventos El Niño (oito) nos primeiros trinta anos do período de estudo (1950-1979) quase se iguala ao número de eventos El Niño (nove) nos últimos trinta anos do período (1980-2009). Na primavera, a diferença entre o número de eventos El Niño nos dois períodos também é pequena, já que

ocorreram oito eventos El Niño nos primeiros trinta anos de estudo, e dez, nos últimos trinta anos estudados. Logo, o número de ocorrências de eventos El Niño não explicaria a tendência de aumento da temperatura mínima nestas estações, mas a maior ocorrência de eventos La Niña nos primeiros trinta anos do período estudado, sim. Entre 1950 e 1979, ocorreram treze e onze eventos La Niña, no verão e na primavera, respectivamente, e apenas sete eventos La Niña no período de 1980 a 2009.

A maior ocorrência de eventos La Niña nos primeiros trinta anos, na primavera e no verão, inclina para baixo as linhas de tendência no começo do período estudado nestas estações, em função das temperaturas mínimas mais baixas em eventos frios do ENOS. Conseqüentemente, a temperatura mínima do ar anual mostra a mesma tendência.

Os resultados do presente trabalho estão de acordo com trabalho preliminar de Lopes & Berlato (2003), no qual os autores mostraram que a La Niña provoca maiores impactos na temperatura mínima do ar do que El Niño, especialmente na primavera-início de verão, determinando nesse período temperaturas mínimas mensais significativamente menores do que a média climatológica; os autores encontraram também, correlação significativa entre TSM do Niño 3.4 no Pacífico equatorial e a temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul.

Na Figura 5 observa-se a distribuição do sinal da tendência linear da temperatura mínima do ar nas 14 estações meteorológicas estudadas, a qual apresenta ampla coerência espacial, tanto para o ano como para as quatro estações. No ano, 79% das estações apresentaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar; no outono 86%, na primavera e no verão 79%; e, no inverno 71%. Tanto para o caso anual como para as quatro estações do ano, as

estações meteorológicas que apresentaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar, em sua maioria eram aumentos estatisticamente significativos. O inverno, além de ser a estação do ano com menor número de estações com sinal de aumento, também foi a que apresentou menor número de estações com significância estatística nas tendências de aumento.

Os resultados são muito coerentes com os estudos realizados por Rusticucci & Barrucand (2004) que mostraram um elevado número de estações com tendências positivas significativas na temperatura mínima do ar, principalmente na região nordeste da Argentina, de mesmo tipo climático que a maior parte da área do Rio Grande do Sul. Várias dessas estações com forte tendência de aumento da temperatura mínima do ar localizam-se na fronteira com o Brasil, muito próximas às estações meteorológicas do noroeste do Rio Grande do Sul, indicando, possivelmente, ser um fenômeno de grande escala o causador dessas tendências, haja vista, a ampla coerência espacial.

Ainda na Figura 5, observa-se uma tendência contrária ao restante do Rio Grande do Sul nas estações meteorológicas do sudoeste do Estado, em Uruguaiana, Bagé e Rio Grande, tanto no caso anual como no verão e na primavera. No outono e no inverno, embora em Bagé a tendência não tenha sido de redução, como nas outras duas localidades, o aumento não foi significativo estatisticamente. Em Rio Grande esta tendência negativa e muito significativa estatisticamente pode ser resultante da mudança do local da estação no final dos anos 1980 que, pelo que se observa nas tendências da temperatura mínima desta estação, foi instalada em um local de noites mais frias (Apêndice 24). No caso de Uruguaiana e Bagé, uma hipótese que explicaria essas tendências é a de que esteja aumentando a frequência de entrada de frentes frias, reduzindo assim a temperatura nesta região já há tempos conhecida como “Porteira do frio do Rio

Grande”, justamente por ser o local principal de entrada das massas polares no Estado. A maior frequência das entradas de frentes frias, explicaria também o aumento da precipitação pluvial nas demais regiões do Estado, pois, ao se deslocarem, as massas de ar frio encontram as massas de ar quente, produzindo precipitações pluviais.

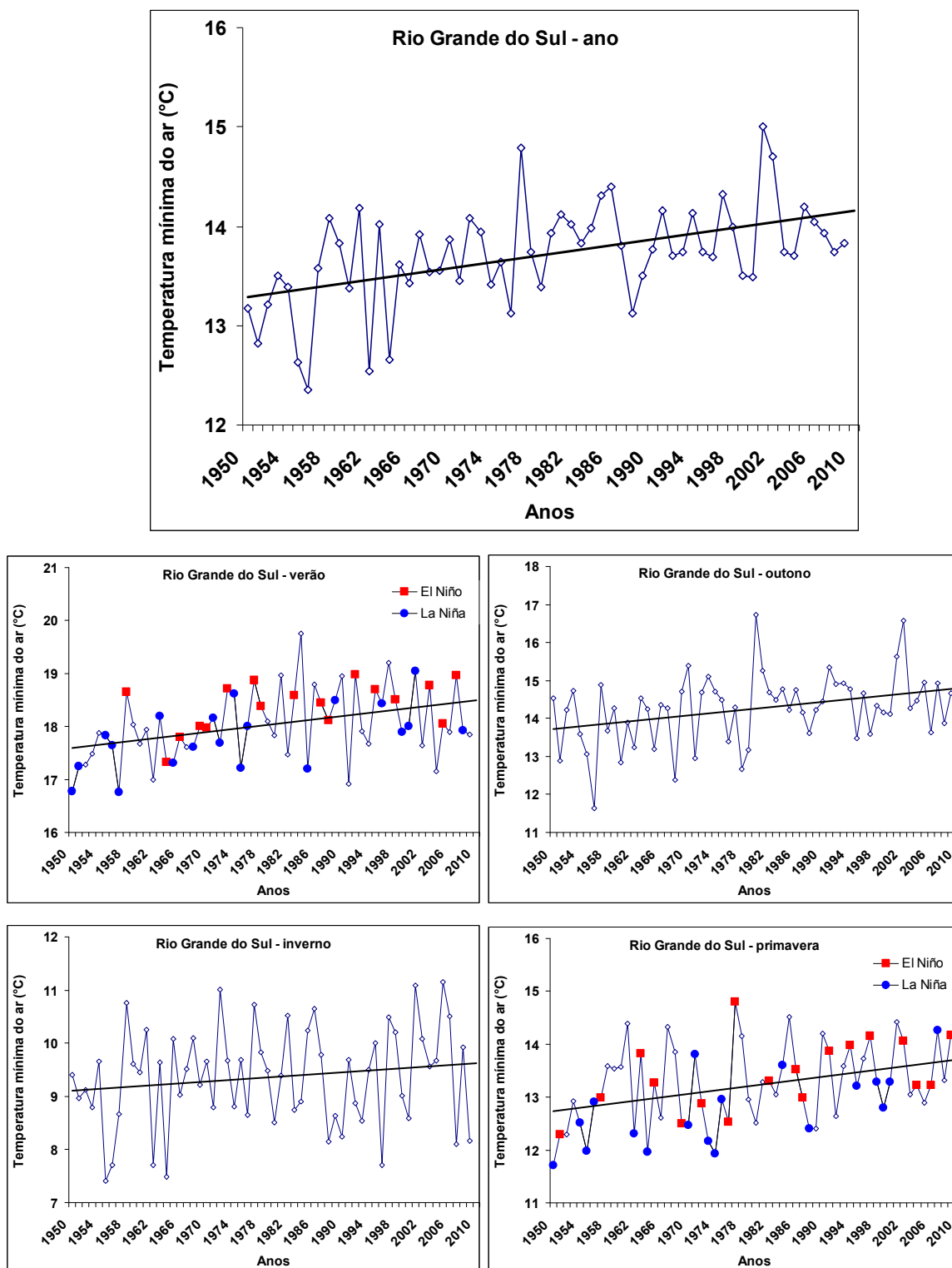


FIGURA 4. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

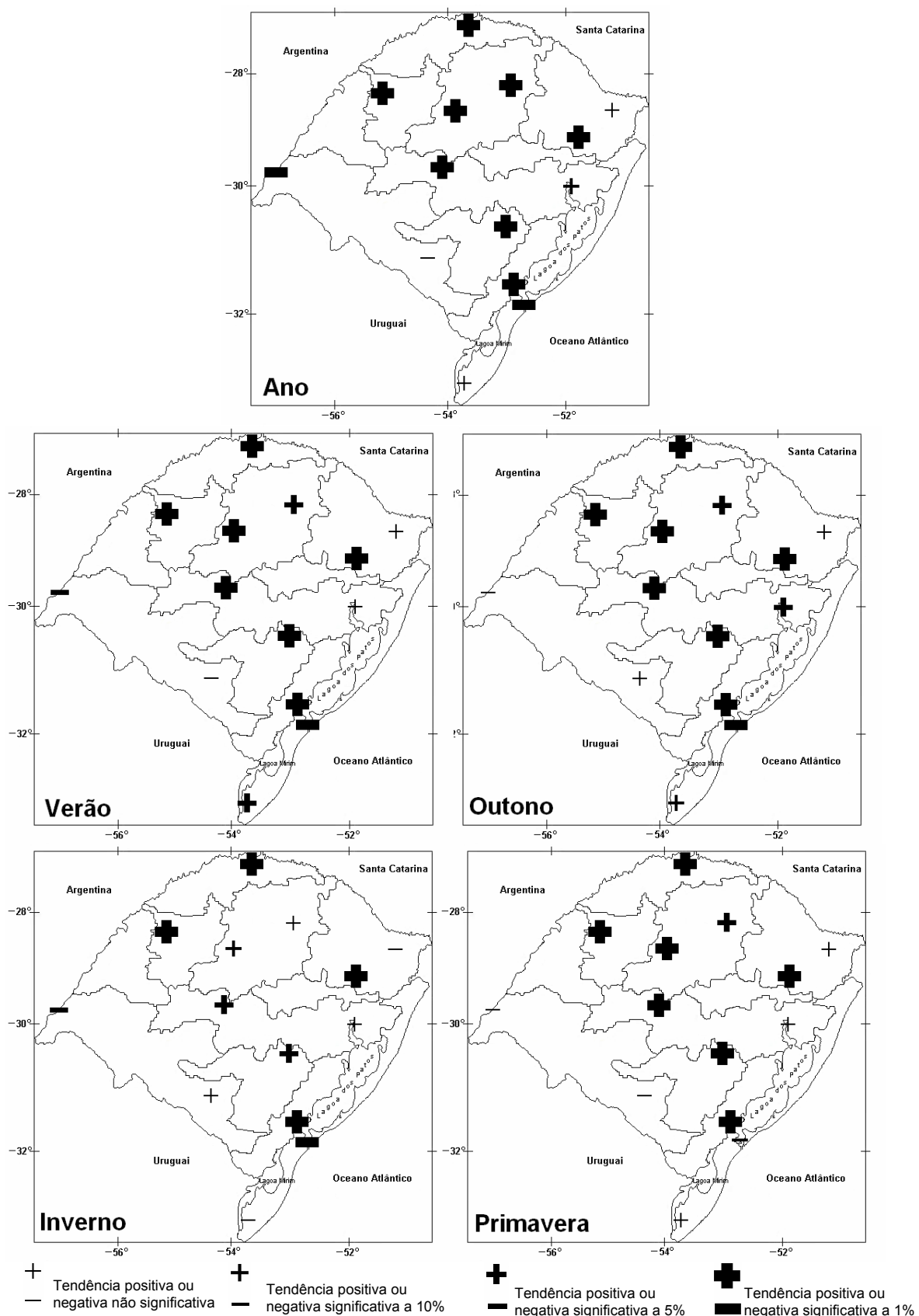


FIGURA 5. Sinal de tendência da temperatura mínima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.3 Tendência da temperatura máxima do ar

A temperatura máxima do ar no Rio Grande do Sul no período de 1950 a 2009 apresentou tendência de aumento no ano, no outono e na primavera, sendo as duas primeiras estatisticamente significativas a 10%, e a última a 5%. No verão a tendência foi de redução e no inverno, de aumento, porém, ambas não estatisticamente significativas (Figura 6). O aumento médio no período estudado foi de $0,28^{\circ}\text{C}$ no ano; $0,57^{\circ}\text{C}$ no outono; e $0,52^{\circ}\text{C}$ na primavera. Os aumentos na temperatura máxima foram bem menores se comparados aos aumentos ocorridos na temperatura mínima do ar.

Lopes & Berlato (2000) quando mostraram o impacto de El Niño e La Niña nas temperaturas máximas e mínimas do Rio Grande do Sul, concluíram que a temperatura mínima é mais afetada por esses fenômenos, este resultado foi corroborado posteriormente por Berlato & Fontana (2003). Na Figura 6, no verão e na primavera, pode se observar, que realmente a influência do ENOS não é tão clara e evidente como mostrado anteriormente para a temperatura mínima do ar no Estado.

Os resultados do presente trabalho para a temperatura máxima do ar divergem de trabalho preliminar de Althaus & Berlato (2007), que verificaram tendência negativa no ano e nas quatro estações do ano, e predominância do sinal negativo na distribuição espacial da temperatura máxima no Rio Grande do Sul. Para entender melhor essa divergência inesperada os dois trabalhos foram comparados. Embora, tenham sido utilizadas algumas estações meteorológicas diferentes, isto não justificaria a divergência dos resultados, visto que em ambos os casos as estações foram escolhidas a fim de representar as mesmas regiões

ecoclimáticas. Em uma análise mais detalhada, concluiu-se que a principal causa dessa diferença nos resultados, se deve ao período de dados ser diferente, pois a série analisada pelos autores é de 1936 a 2000, e a do presente trabalho de 1950 a 2009. No início da década de 1940, mormente nos anos de 1944 e 1945, houve picos altos de calor, que elevaram a linha de tendência no início do período analisado por aqueles autores, e que na série mais recente não são considerados, mas por outro lado, os altos picos de calor registrados a partir de 2000, nos anos de 2005 e 2006, elevaram a linha de tendência no final do período estudado no presente trabalho, e que da mesma forma não são considerados no período estudado por Althaus & Berlato (2007).

Porém, para as tendências da temperatura mínima do ar discutidas anteriormente, os resultados do presente trabalho foram similares aos de Althaus & Berlato (2007), apesar dos períodos das análises serem diferentes, o que confirma a tendência consistente de aumento da temperatura mínima do ar, diferentemente da tendência da temperatura máxima que demonstra, por variar conforme o período de análise, ser fortemente influenciada por ondas de calor.

Na Figura 7, tanto no ano como nas quatro estações do ano, a distribuição do sinal da tendência linear da temperatura máxima do ar não apresentou tanta coerência espacial, como no caso da temperatura mínima do ar e da precipitação pluvial. No entanto, no ano 57% das estações apresentaram tendência de aumento da temperatura máxima do ar; no outono 86%, e na primavera 79%, grande parte delas com aumentos estatisticamente significativos. O verão foi a estação do ano que apresentou mais estações meteorológicas com tendência de redução da temperatura máxima, 79% das estações, sendo 60% destas com reduções estatisticamente significativas.

Bagé e Uruguaiana mantiveram, como na tendência da temperatura mínima, a tendência de redução da temperatura máxima, no ano e nas quatro estações do ano, corroborando a hipótese da maior frequência de entrada das frentes frias naquela região.

Os resultados do presente trabalho são coerentes com estudos de Rusticucci & Barrucand (2004) que, apesar de mostrarem um grande número de estações com forte tendência de redução da temperatura máxima do ar, principalmente na região nordeste da Argentina, mostraram também, que nas estações que fazem fronteira com o Brasil as tendências da temperatura máxima do ar são de aumento, assim como nas estações do noroeste do Rio Grande do Sul, especialmente no ano, no outono e na primavera (Figura 7).

Também os resultados são muito coerentes com estudo recente de Marengo & Camargo (2008) que, analisando as tendências das temperaturas máximas e mínimas no sul do Brasil durante o período 1960-2002 apontou para um aquecimento sistemático da Região Sul. Os autores detectaram tendências positivas na temperatura máxima e mínima, em níveis: anual e sazonal. Como o sinal mais forte foi verificado na temperatura mínima do ar, conseqüentemente, houve redução da amplitude térmica.

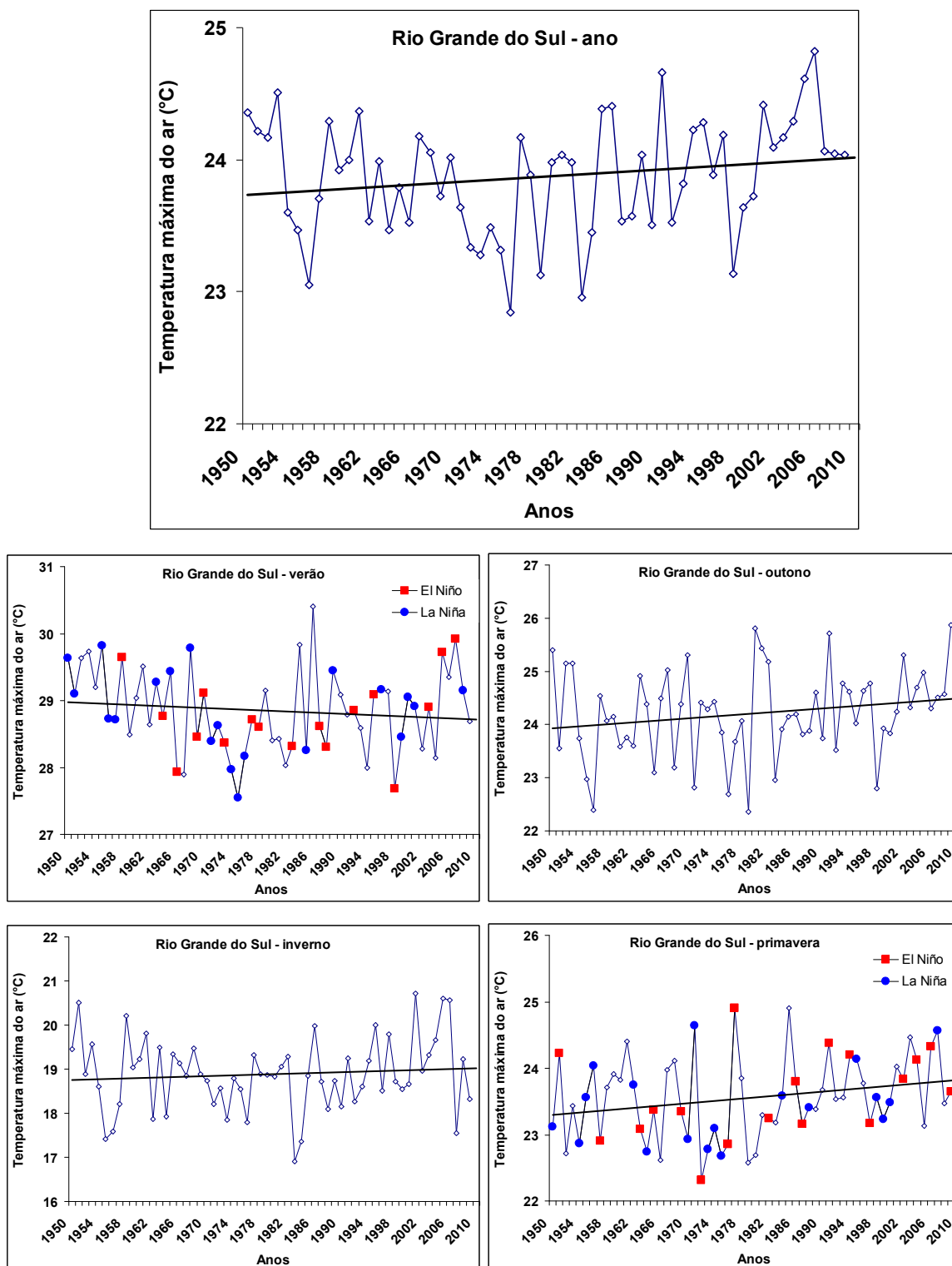


FIGURA 6. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

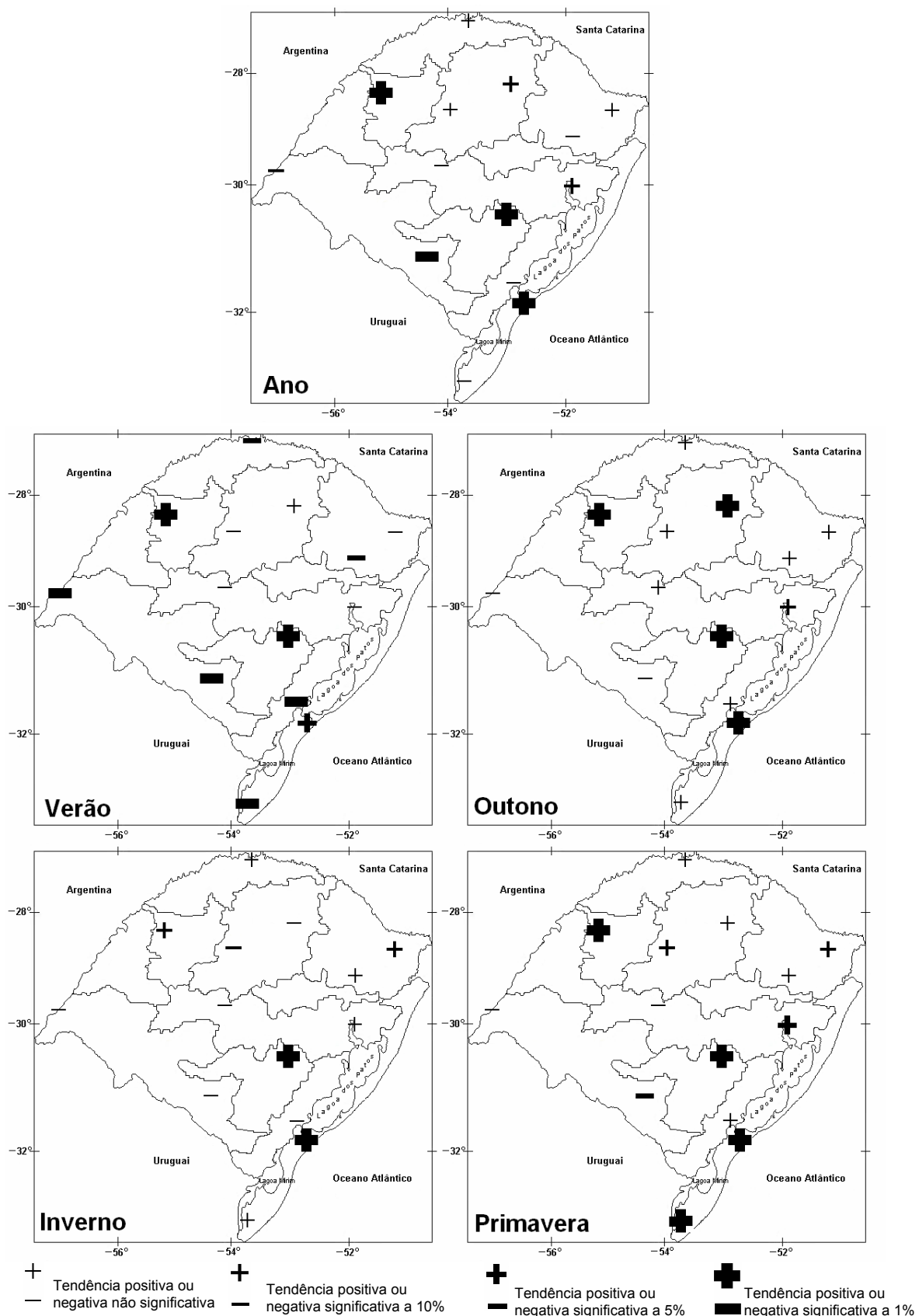


FIGURA 7. Sinal de tendência da temperatura máxima do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.4 Tendência da temperatura média do ar

A temperatura média do ar, como foi obtida pela média aritmética entre as temperaturas do ar, mínima e máxima, tendo a primeira apresentado tendência mais forte que a segunda para o Rio Grande do Sul, logo, os resultados apresentaram a mesma tendência da temperatura mínima: aumento no ano e nas quatro estações do ano (Figura 8). Porém, com taxas de aumento bem menores que as da temperatura mínima e maiores que as da temperatura máxima. A tendência linear resultou, no período estudado, em um aumento médio de: $0,58^{\circ}\text{C}$ no ano; $0,76^{\circ}\text{C}$ na primavera, ambos estatisticamente significativos a 1%; $0,82^{\circ}\text{C}$ no outono, significativo a 5%; e $0,32^{\circ}\text{C}$ no verão, a 10%. O inverno, novamente, teve aumento não estatisticamente significativo ($0,40^{\circ}\text{C}$).

Assim como na temperatura mínima do ar, no verão e na primavera, pôde se observar a influência do ENOS na temperatura média do ar no Rio Grande do Sul, com a maioria dos eventos La Niña coincidindo com valores mais baixos de temperatura, e a maioria dos eventos El Niño coincidindo com valores mais altos, principalmente na primavera (Figura 8). Logo, no verão e na primavera, para a temperatura média também se observa a influência da maior ocorrência de eventos La Niña nos primeiros 30 anos de estudo nas linhas de tendência, inclinando-as para baixo no começo do período estudado, em consequência das temperaturas médias do ar mais baixas nos eventos frios do ENOS, influenciando conseqüentemente, a linha de tendência da temperatura média do ar no ano.

A distribuição do sinal da tendência linear da temperatura média do ar no Rio Grande do Sul apresentou coerência espacial semelhante a da temperatura mínima, justamente pela forte tendência apresentada por esta variável, no ano e

nas quatro estações do ano (Figura 9). No ano, na primavera e no outono, 86% das estações apresentaram tendência de aumento da temperatura média do ar; no verão 64%; e, no inverno 71%. Com exceção do inverno, as estações meteorológicas que apresentaram tendência de aumento da temperatura média do ar, em sua maioria eram aumentos estatisticamente significativos.

Bagé e Uruguaiana intensificaram a tendência contrária ao restante do Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações do ano, com redução da temperatura média do ar estatisticamente mais significativas no verão e na média anual.

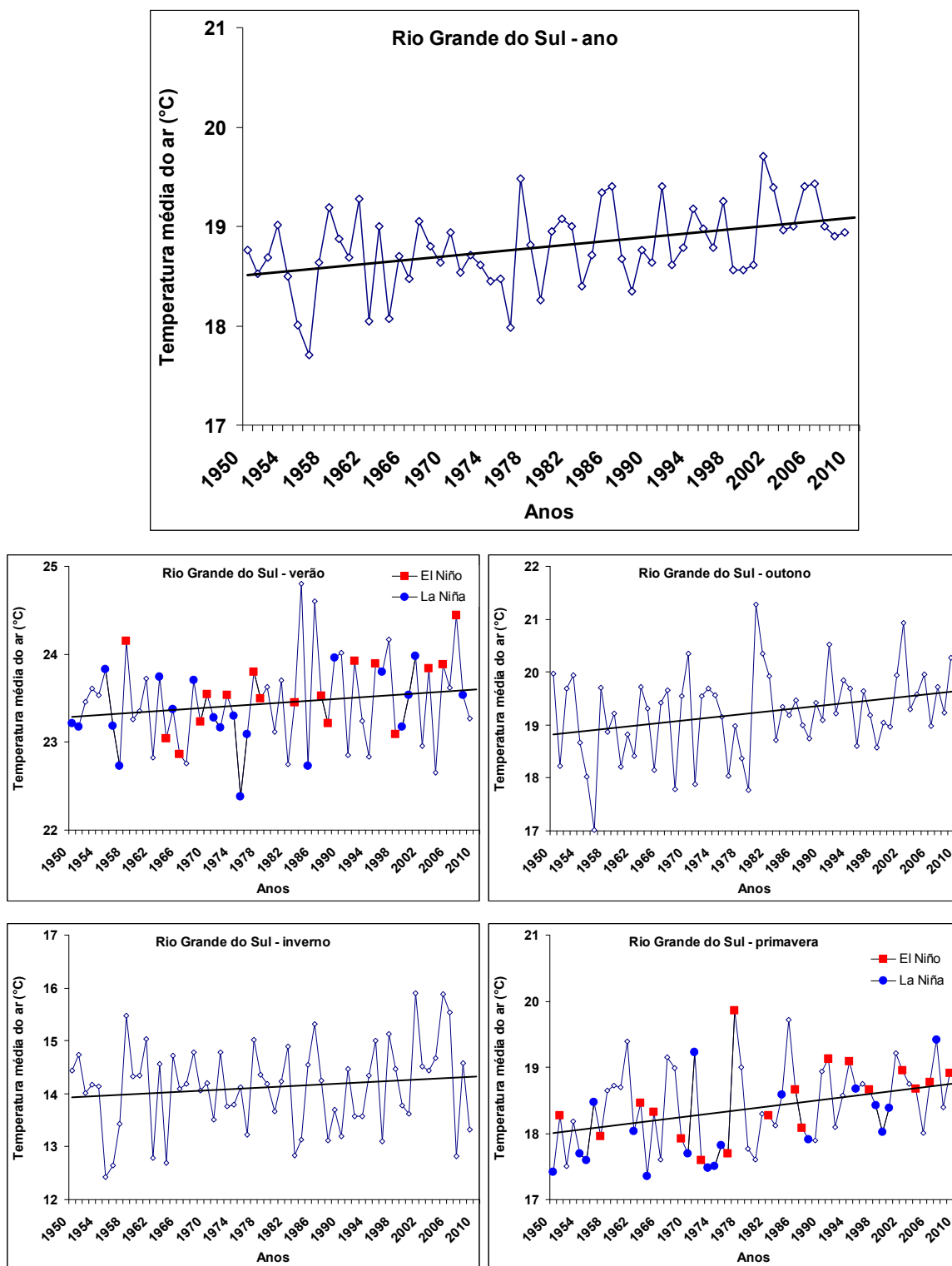


FIGURA 8. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

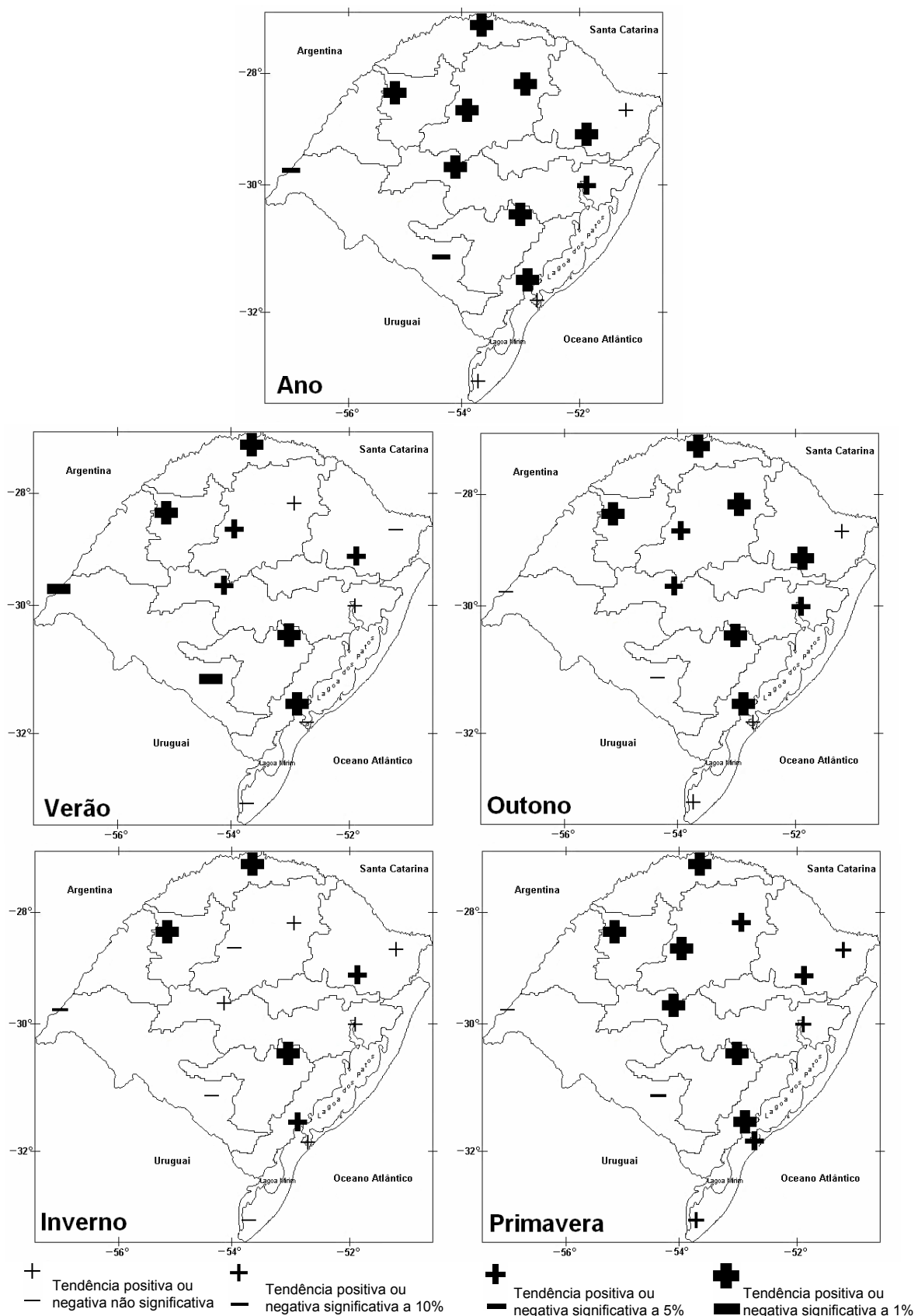


FIGURA 9. Sinal de tendência da temperatura média do ar anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.5 Tendência da insolação

Houve redução da insolação no Rio Grande do Sul, entre 1950 e 2009, no ano e nas quatro estações do ano, estatisticamente significativa a 1% (Figura 10). No período estudado, a redução linear do número de horas de brilho solar foi de 248 horas no ano, 69 no verão, 62 no outono, 51 no inverno e 60 horas na primavera.

Custódio *et al.* (2007) trabalhando com insolação relativa, a partir de dados diários, em nível decenal e mensal, também encontraram tendência de redução da insolação no Rio Grande do Sul, porém estatisticamente significativa apenas no ano, na primavera e no verão, possivelmente pelo período estudado por estes autores (1971-2000) começar vinte anos depois do início do período do presente trabalho, desconsiderando então um período no qual as insolações eram maiores. Em estudos climáticos quanto maior o período, melhor para detectar as tendências, de fato significativas.

Nos gráficos do verão e da primavera fica evidente os efeitos do ENOS na insolação no Rio Grande do Sul. Neles se verifica que a maioria dos eventos El Niño coincide com valores menores de insolação e a maioria dos eventos La Niña com os valores maiores. Ainda, na Figura 10, destaca-se: no verão e na primavera, um dos El Niños mais intensos do século XX, o de 1997-1998; e ainda, na primavera, os El Niños (moderados) de 2002 e de 2009; todos contribuindo fortemente para a tendência de redução da insolação no Estado, a qual não foi mais acentuada, pela ocorrência de um El Niño, classificado como moderado na primavera de 1963, e pela maior ocorrência de eventos La Niña nos primeiros trinta anos de estudo.

A tendência de redução da insolação no ano, além dos eventos El Niños acima referidos, teve a influência também: do forte El Niño de 1982-1983; dos El Niños de 1977 e 1986-1987 (moderados); do forte El Niño de 1991-1993, seguido pelo El Niño de 1994-1995 (fraco), contribuindo, neste caso também, para inclinar a linha de tendência para baixo nos últimos trinta anos. Nestes eventos El Niño, a insolação no ano foi menor do que 2200 horas no Estado, quando a média no período estudado, é de 2302 horas.

Na Figura 11, se observa a ampla coerência espacial do sinal da tendência de redução da insolação nas diferentes regiões climáticas do Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações, mas principalmente na primavera, onde apenas uma estação meteorológica apresentou sinal de aumento, porém não estatisticamente significativo.

No período estudado, 86% das estações meteorológicas apresentaram tendência de redução da insolação no ano; no verão 79%; no outono 71%; no inverno 64%; e na primavera 93%, estatisticamente significativa na maioria dos casos.

As tendências temporais e espaciais de redução da insolação, no ano e nas quatro estações, observadas no presente trabalho, são coerentes com trabalho de Custódio (2007), que mostrou que a nebulosidade diurna aumentou no Rio Grande do Sul, no período de 1960 a 2005, também nas quatro estações e no ano.

A tendência observada de redução da insolação, além de ser muito coerente com a tendência de aumento da nebulosidade diurna, também é coerente com as tendências da precipitação pluvial total, apresentadas neste trabalho, e com o aumento do número de dias de precipitação pluvial (Fontana & Almeida, 2002).

Já foi bastante discutida a influência do ENOS sobre a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, tanto no total anual como no número de dias com precipitação pluvial, neste e em outros trabalhos (Fontana & Berlato, 1997; Puchalski, 2000; Fontana & Almeida, 2002; Berlato & Fontana, 2003). Logo, os resultados do presente trabalho mostrando a influência do ENOS na insolação, estão em total acordo com os trabalhos referidos acima, visto que em eventos El Niño, o aumento da nebulosidade, resulta em aumento da precipitação pluvial e, logicamente, redução da insolação.

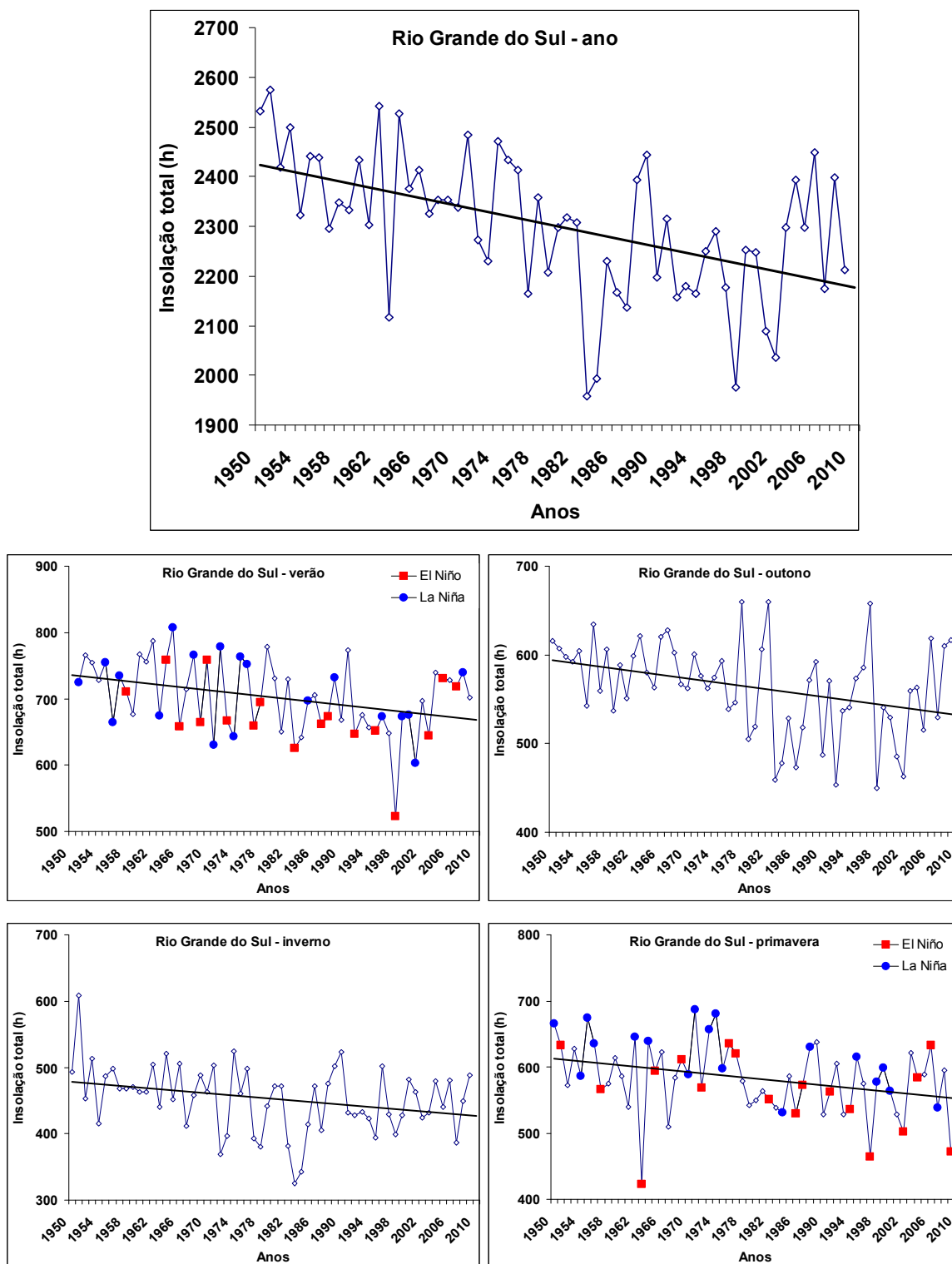


FIGURA 10. Tendência linear da insolação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

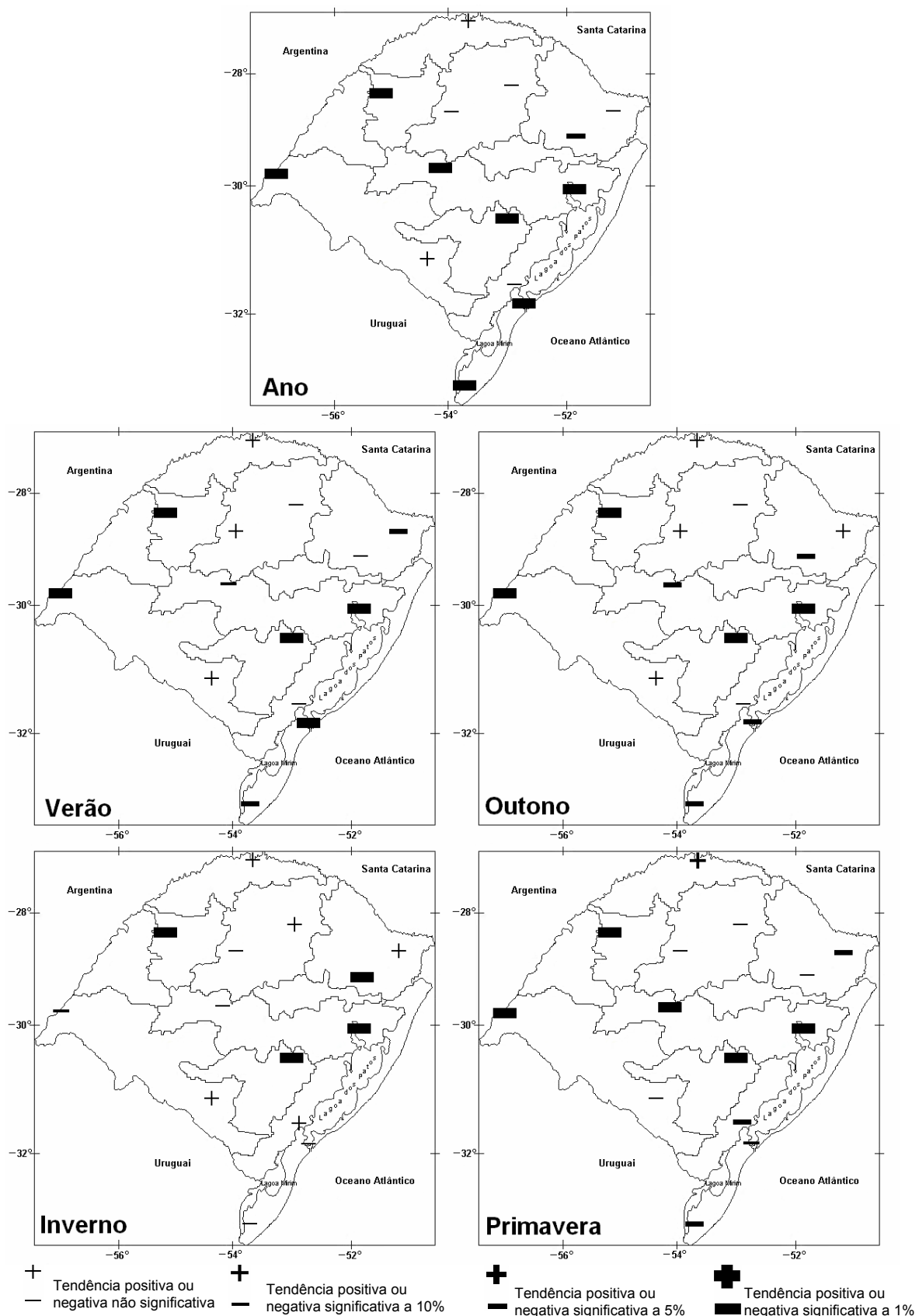


FIGURA 11. Sinal de tendência da insolação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

As tendências observadas da precipitação pluvial, das temperaturas, e da insolação discutidas até o momento mostraram-se relacionadas com o fenômeno ENOS, especialmente com os episódios quentes (El Niño), mais fortes e extensos a partir da década de 1980. Mas, além disso os El Niños nas últimas décadas também foram mais freqüentes, como pode ser visto na Tabela 2. De 1950 a 1979 foram classificados como El Niño 73 trimestres, enquanto que no período de 1980 a 2009 este número aumentou para 105 trimestres. De 1980 a 2009 foram classificados como neutros aproximadamente 50% dos trimestres; como El Niño, 30%; e como La Niña, 20% dos trimestres. Logo, a influência da fase quente do fenômeno nas tendências é maior do que se pôde verificar nas estações do ano.

4.6 Tendência da radiação solar global

Assim como na insolação foram verificadas tendências de redução da radiação solar global no Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações do ano, no período estudado (Figura 12). Entre 1950 e 2009, a redução linear da energia solar que chega à superfície foi na ordem de $0,57 \text{ MJ.m}^{-2}$ no ano; $0,58$ no verão; $0,42$ no outono; $0,46$ no inverno e $0,73 \text{ MJ.m}^{-2}$ na primavera; estatisticamente significativa a 1% no ano e a 5% nas quatro estações. A redução no ano equivale a quase 4% da radiação global média do período de 1950 a 2009 no Rio Grande do Sul.

Na Figura 13, a distribuição do sinal da tendência de redução da radiação solar global no Rio Grande do Sul continuou apresentando a mesma coerência espacial da insolação, já que foi obtida a partir da mesma. E, o percentual de estações meteorológicas que apresentaram tendência de redução da radiação solar global permaneceu o mesmo que no caso da insolação nas quatro estações (79% no verão; 71% no outono; 64% no inverno; e 93% na primavera). No entanto, em relação à insolação, embora as tendências tenham continuado estatisticamente significativas na maioria dos casos, no ano em Bom Jesus e, no inverno, em Uruguaiana e Santa Vitória do Palmar, as tendências de redução se tornaram um nível, estatisticamente, mais significativas. Além disso, no ano o percentual de estações meteorológicas com tendência de redução da radiação solar global diminuiu de 86 para 79%. Estas pequenas diferenças se devem, provavelmente, a dois fatores: as diferentes latitudes (utilizadas para a obtenção da radiação solar no topo da atmosfera e do número máximo de horas de brilho solar), e os diferentes coeficientes, “a” e “b”, da equação de Ångström, utilizados

na estimativa da radiação solar global, os quais variam conforme a região ecoclimática, sendo determinados pela transmissividade atmosférica.

Os resultados das tendências da radiação solar global no Rio Grande do Sul mostrando redução já eram esperados, tendo em vista todos os trabalhos já mencionados relatando o aumento da precipitação pluvial, pois, conforme discutido no caso das tendências de insolação, a maior quantidade de vapor d'água na atmosfera, indicada pela maior nebulosidade diurna (Custódio, 2007), intercepta grande parte dos raios solares, de forma que a radiação solar que chega à superfície seja menor, tanto no total anual como nas quatro estações.

A mesma influência dos referidos eventos El Niño no caso das tendências de redução da insolação total, vale também neste caso, para inclinar a linha de tendência para baixo nos últimos trinta anos.

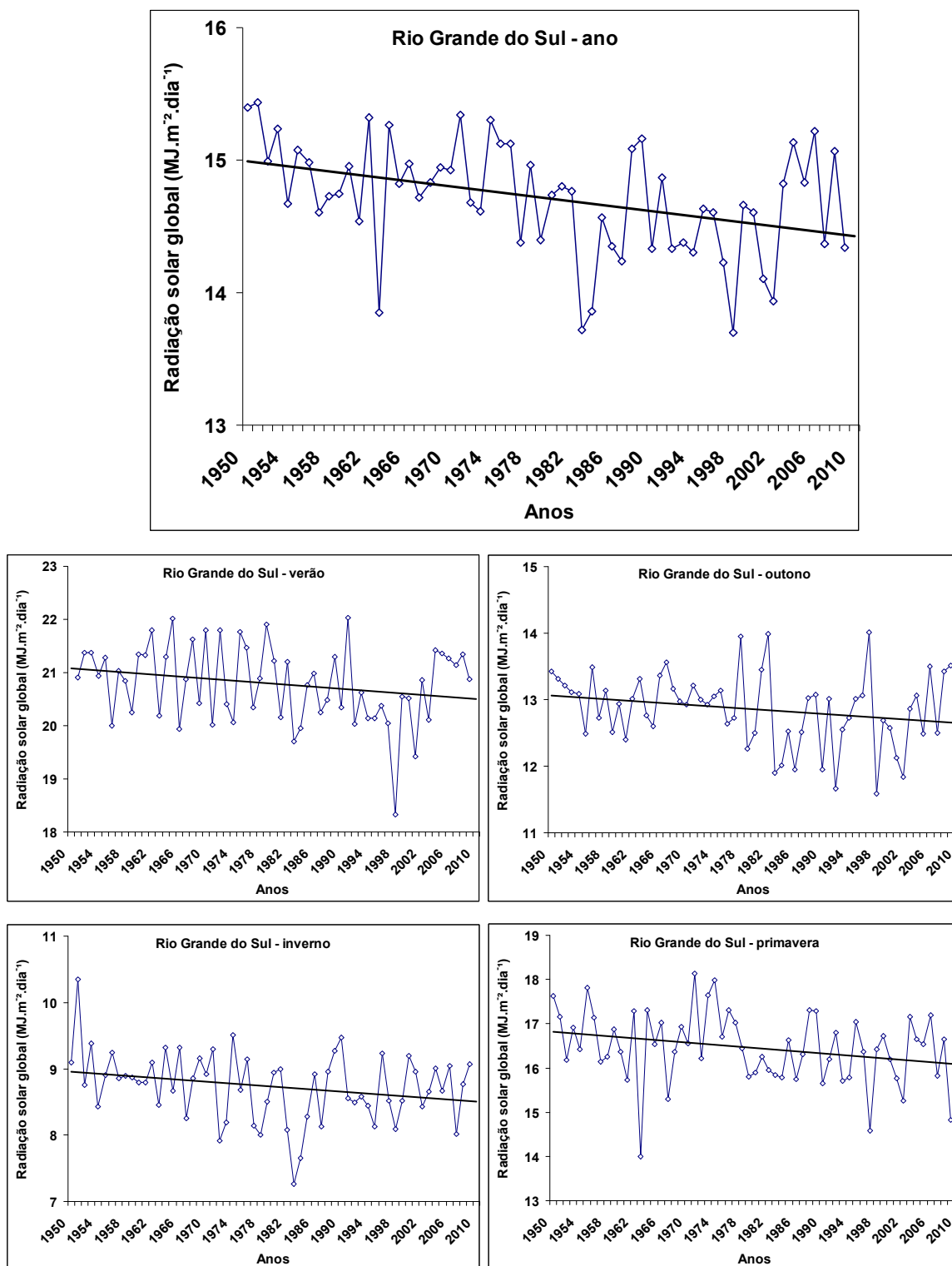


FIGURA 12. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

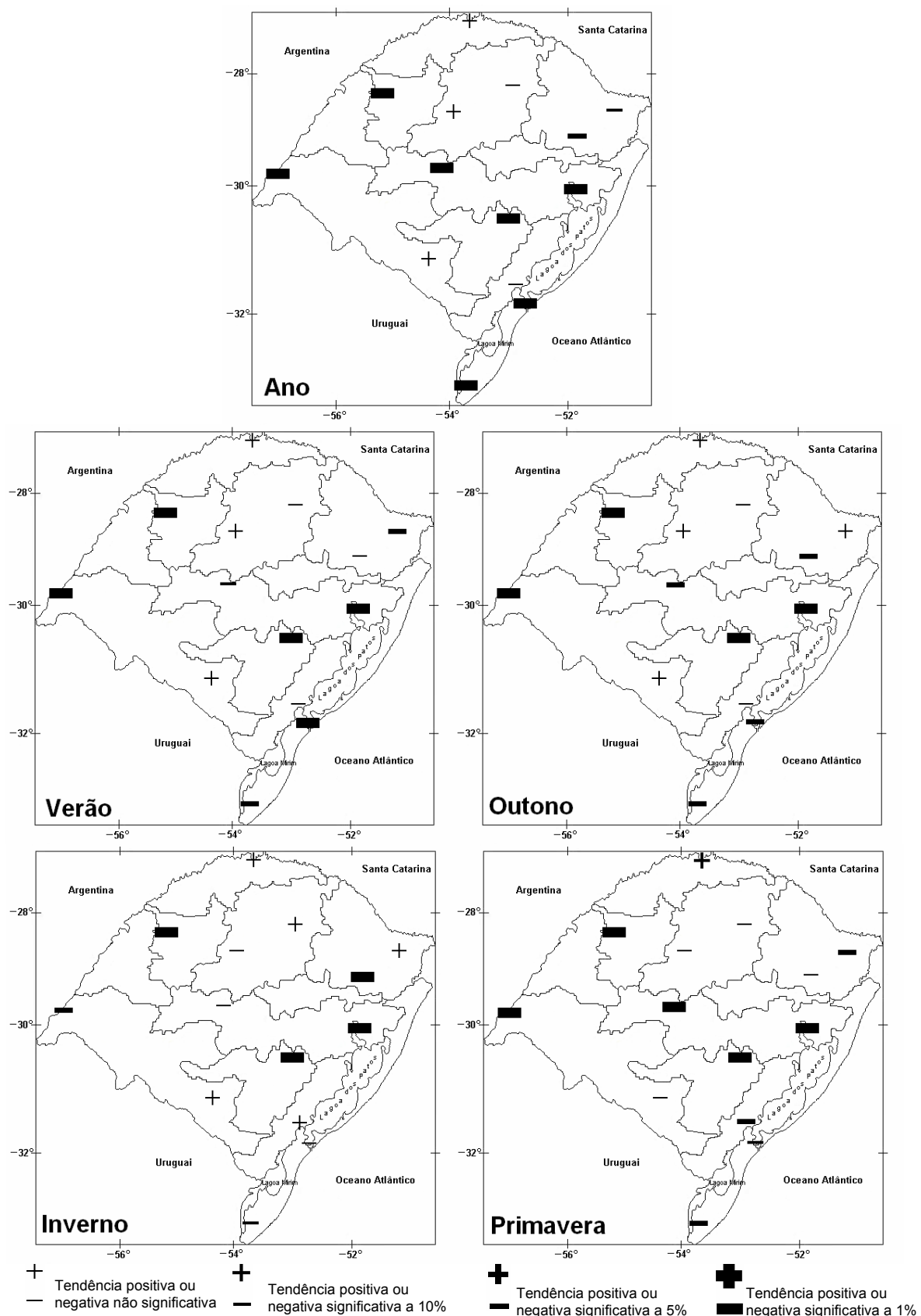


FIGURA 13. Sinal de tendência da radiação solar global anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.7 Tendência do saldo de radiação

Como o saldo de radiação foi obtido por uma simples equação matemática de regressão linear com base na radiação solar global, os resultados estatísticos das tendências temporais e os que deram origem ao sinal de tendência no Rio Grande do Sul são idênticos àqueles da radiação solar global (Figuras 14 e 15). A diferença consta apenas na ordem de grandeza dos dados, como pode ser notada nos gráficos de tendência temporal (Figura 14).

Logo, de 1950 a 2009, a tendência do saldo de radiação foi de redução, no ano e nas quatro estações do ano. A redução linear no período estudado foi na ordem de: $0,39 \text{ MJ.m}^{-2}$ no ano; $0,40$ no verão; $0,29$ no outono; $0,31$ no inverno e $0,50$ na primavera. Assim como as tendências da radiação solar global, estas reduções foram estatisticamente significativas, a 1% no ano e a 5% nas quatro estações.

Por conseguinte, o percentual de estações meteorológicas com tendência de redução foi idêntico ao caso da radiação solar global (79% no ano e no verão; 71% no outono; 64% no inverno; e 93% na primavera).

A redução do saldo de radiação no Rio Grande do Sul já era esperada, já que considera apenas a radiação solar global que chega à superfície (R_g), que como visto, está diminuindo nos sessenta anos de estudo, logo o saldo de radiação (R_n) também diminui.

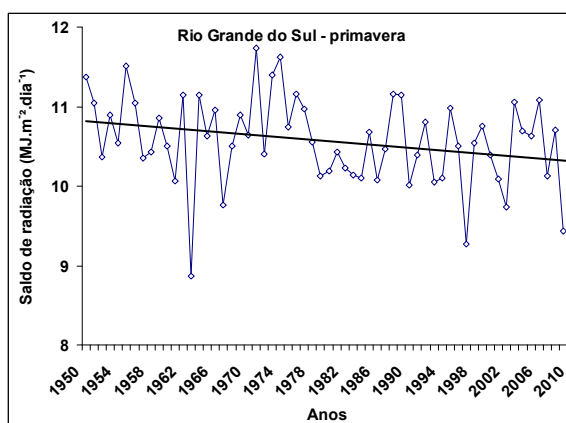
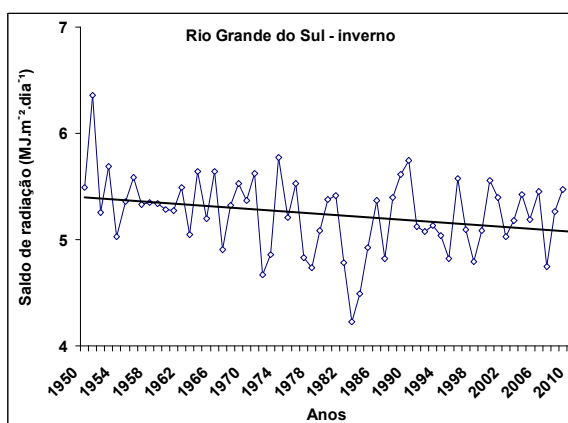
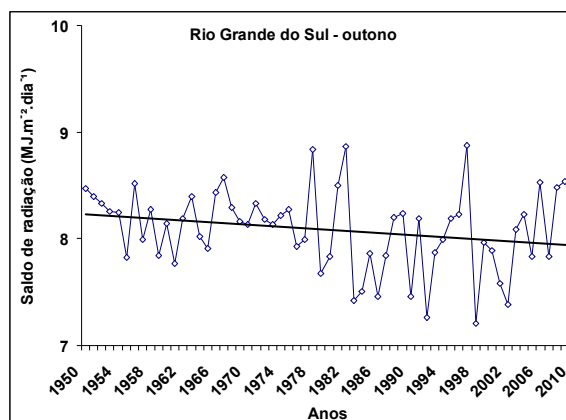
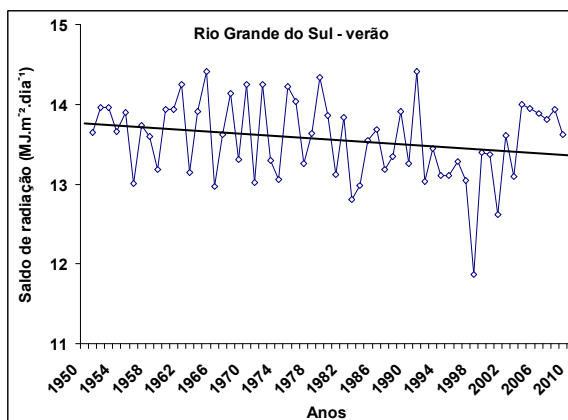
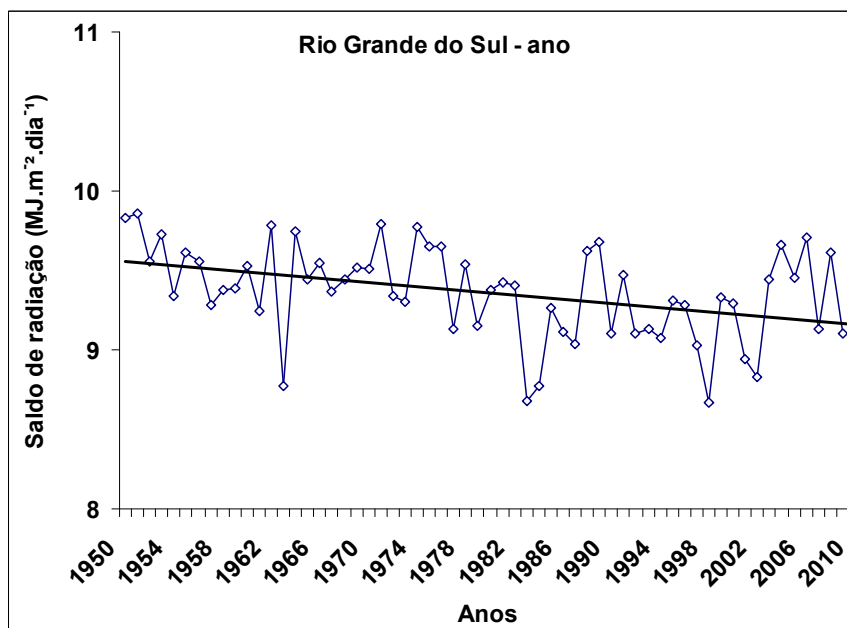


FIGURA 14. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

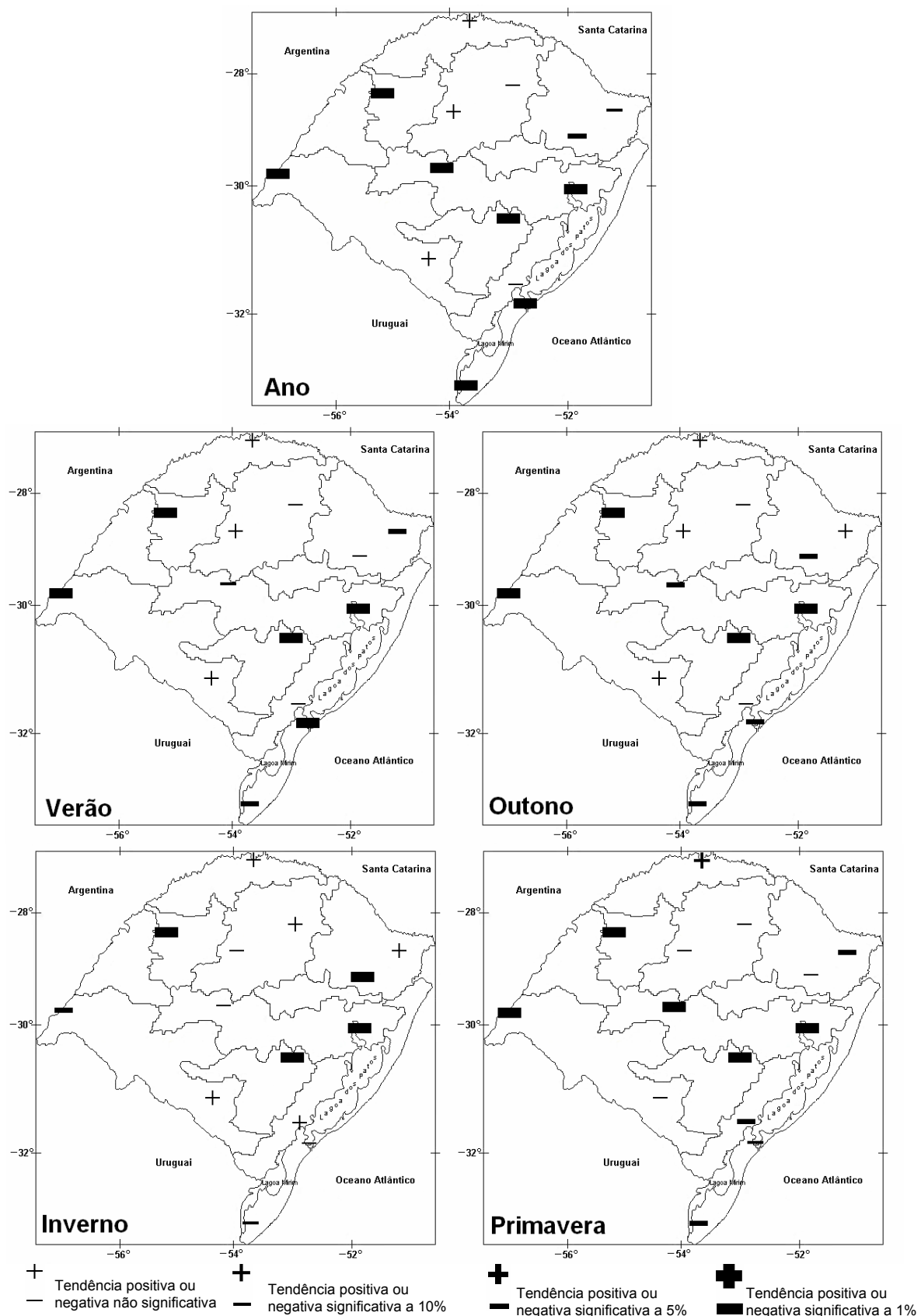


FIGURA 15. Sinal de tendência do saldo de radiação anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.8 Tendência da evapotranspiração de referência

Nos sessenta anos de estudo, a tendência da evapotranspiração de referência foi de redução, no ano e nas quatro estações do ano (Figura 16). A redução linear da evapotranspiração de referência entre 1950 e 2009 foi de 44mm no ano; 13mm no verão e na primavera; 7mm no outono; e 9mm no inverno. Com exceção do outono, em que a redução não foi estatisticamente significativa, as significâncias estatísticas das tendências foram semelhantes às do saldo de radiação e, por sua vez, às da radiação solar global, com redução da evapotranspiração de referência estatisticamente significativa a 1% no ano e a 5% nas demais estações.

Especialmente, observa-se predominância do sinal de tendência de redução da evapotranspiração de referência no Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações, a maioria das reduções, estatisticamente muito significativas (Figura 17). No ano, 71% das estações meteorológicas apresentaram tendência de redução da evapotranspiração de referência; no verão e no outono, 64%; no inverno 57% das estações; e assim como no caso da insolação, da radiação solar global e do saldo de radiação a primavera foi a estação do ano com maior percentual de estações meteorológicas com sinal de redução, 93%.

Como descrito na metodologia, a evapotranspiração de referência foi obtida a partir de uma equação matemática, que apesar de utilizar parâmetros baseados na temperatura média do ar, é determinada fortemente pelo saldo de radiação. Logo, se a insolação no Rio Grande do Sul diminuiu no período estudado, já era esperado que a radiação solar global diminuísse e, conseqüentemente, o saldo de radiação e a evapotranspiração de referência.

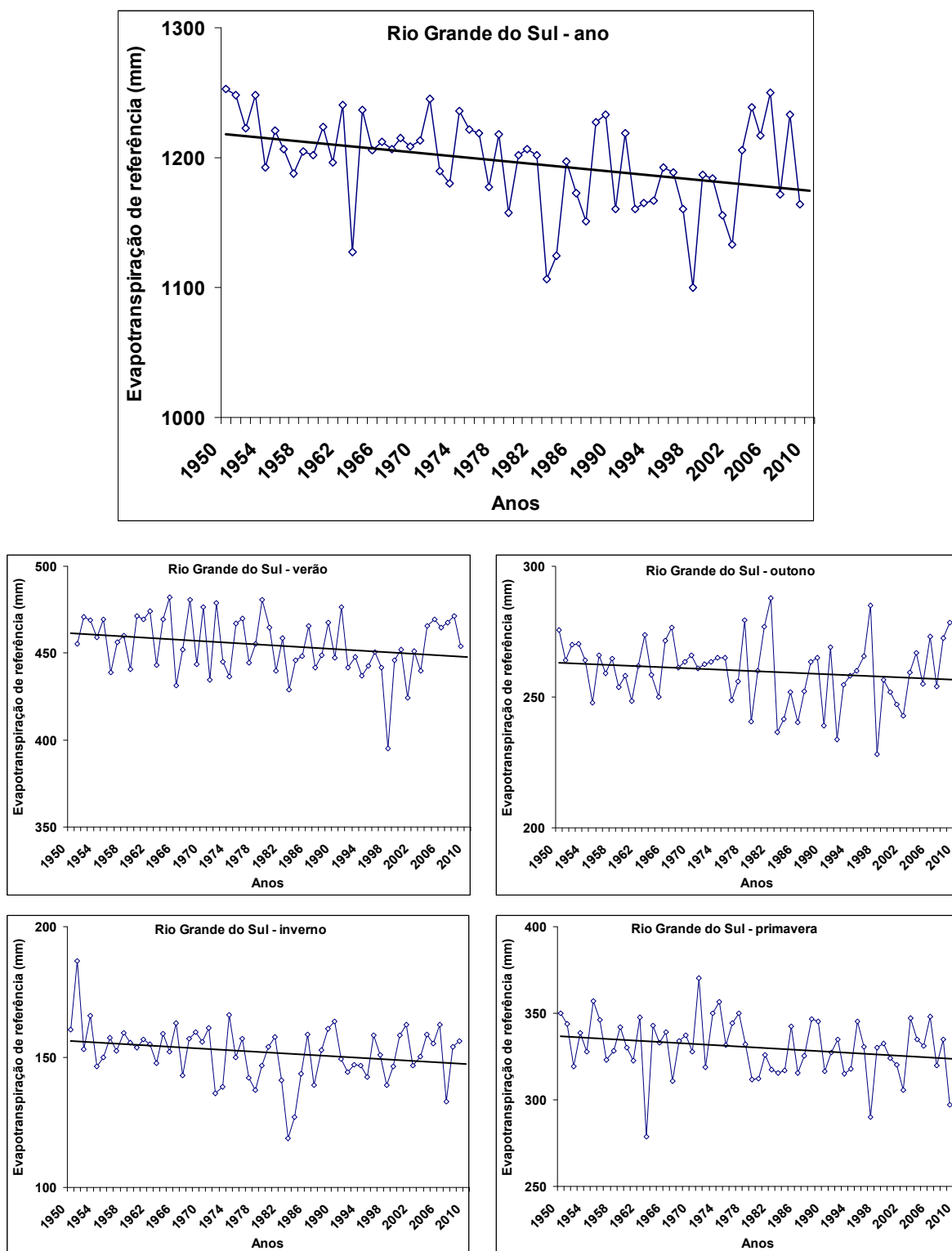


FIGURA 16. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

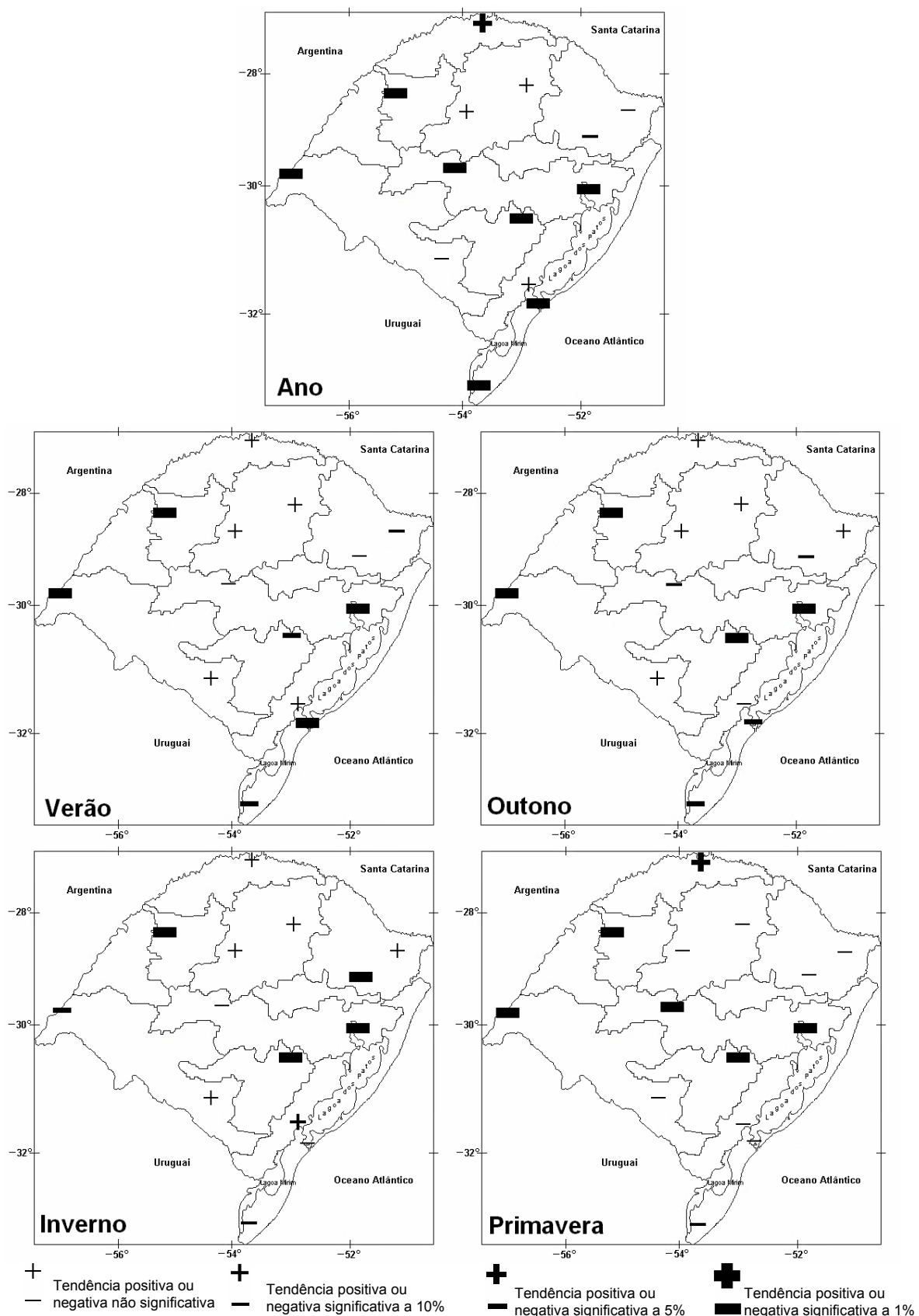


FIGURA 17. Sinal de tendência da evapotranspiração de referência anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.9 Tendência da evapotranspiração real

Entre 1950 e 2009, a evapotranspiração real no Rio Grande do Sul apresentou tendência de aumento, no ano e nas estações mais quentes, verão e primavera, e de redução, nas estações mais frias, outono e inverno (Figura 18). Apenas na primavera, a tendência foi estatisticamente significativa. No período estudado, o incremento linear da evapotranspiração real no Estado foi de 26mm no ano, 16mm no verão, -6mm no outono, -3mm no inverno e de 14mm na primavera, neste caso estatisticamente significativo a 10%.

A distribuição do sinal das tendências nas diferentes regiões climáticas do Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações, não apresenta a coerência espacial verificada nas outras variáveis, especialmente na precipitação pluvial e na temperatura do ar. No ano, metade das estações apresentou tendência de aumento da evapotranspiração real, sendo observadas nestas as maiores significâncias estatísticas. Cabe destacar que a primavera foi a estação do ano com o maior número de estações meteorológicas com tendência de aumento, inclusive com maior significância estatística, e por outro lado, o inverno, foi a estação com maior número de estações com tendência de redução, e com maior significância estatística de redução.

Tendo em vista que a metodologia de cálculo do balanço hídrico considera, além da precipitação pluvial e evapotranspiração de referência, a variação no armazenamento de água no solo, os resultados encontrados no presente trabalho são muito coerentes. É natural que tenha sido observada uma tendência de aumento da evapotranspiração real nas estações quentes, já que após o inverno, em que normalmente há excesso hídrico no Rio Grande do Sul, e após a

primavera, que nos últimos sessenta anos de estudo se mostrou mais chuvosa, provavelmente tenha ocorrido maior disponibilidade de água no solo para atender a maior demanda evaporativa que comumente há nestas estações.

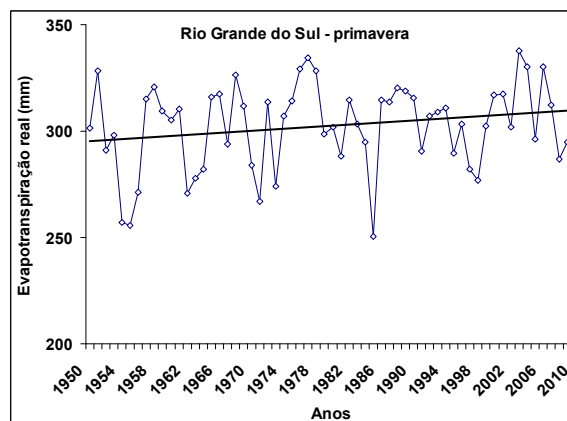
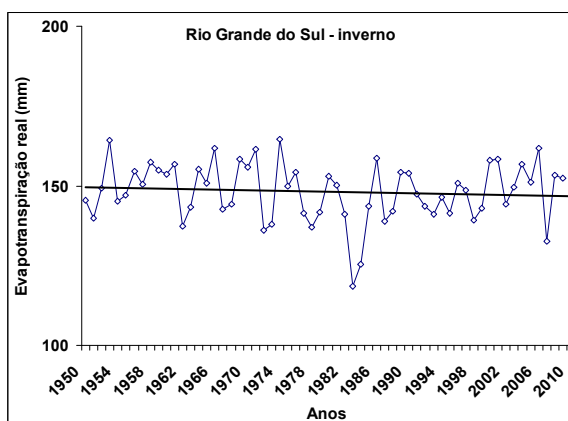
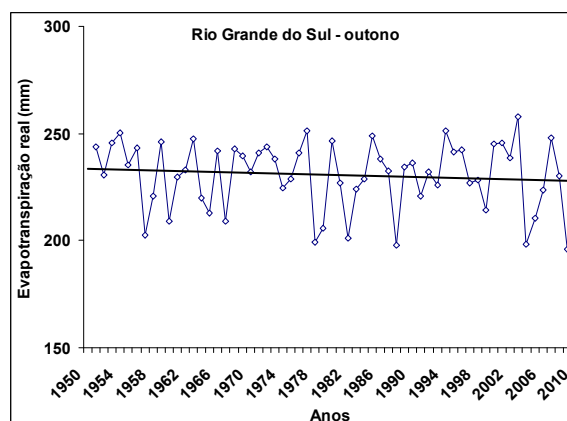
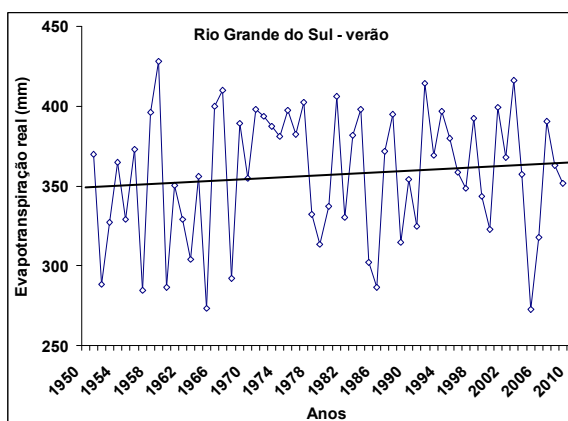
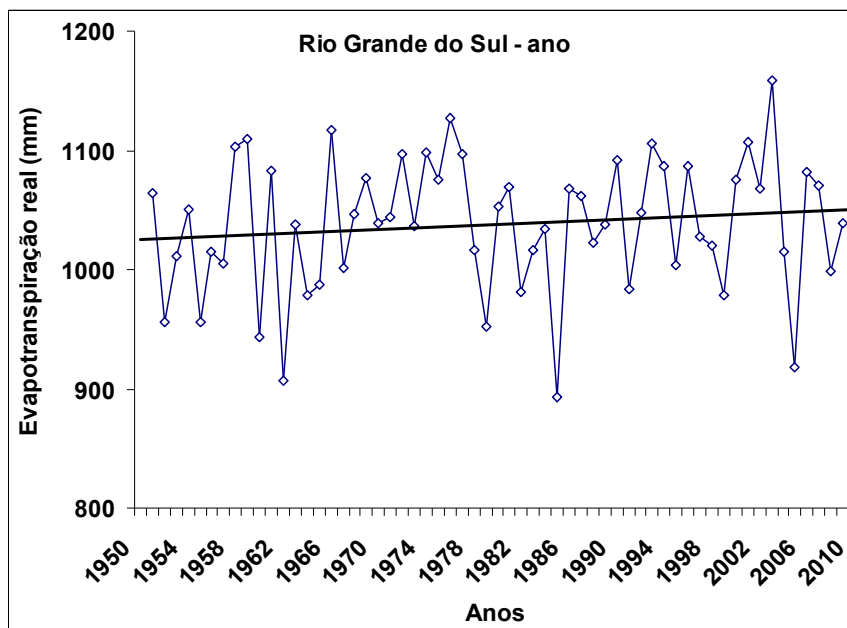


FIGURA 18. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

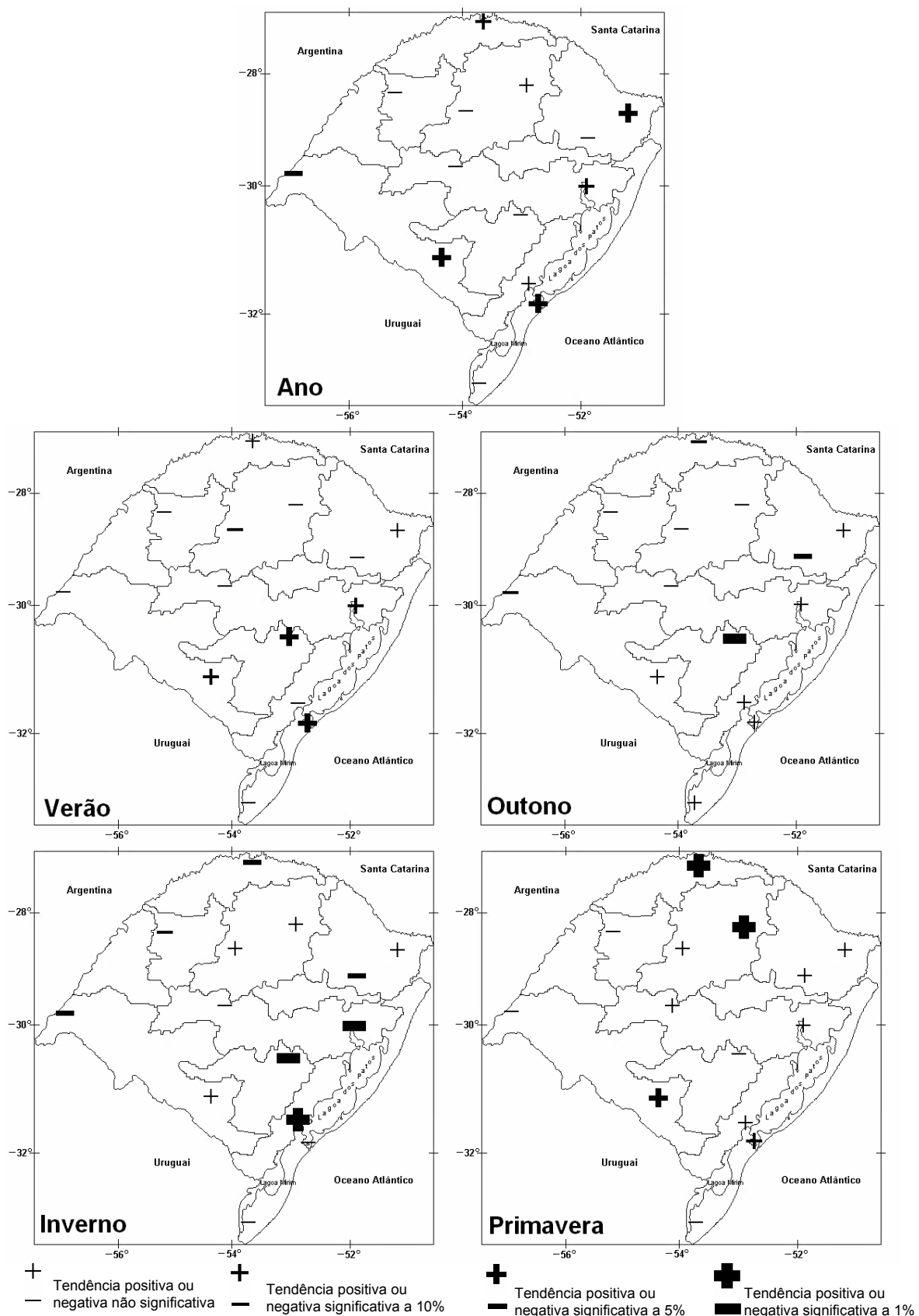


FIGURA 19. Sinal de tendência da evapotranspiração real anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.10 Tendência do índice hídrico

A tendência do índice hídrico foi de aumento, no ano e nas quatro estações do ano (Figura 20). O aumento linear do índice hídrico entre 1950 e 2009 foi de 0,042 no ano; 0,06 no verão e na primavera; 0,018 no outono e no inverno. Os aumentos foram estatisticamente significativos a: 1% na primavera; 5% no ano; 10% no inverno; e não significativos no verão e no outono.

Segundo Leivas (2003) o índice hídrico de 0,6 (evapotranspiração real equivale a 60% da evapotranspiração potencial ou de referência) pode ser utilizado como ponto crítico de referência, pois no caso de ser abaixo desse valor ocorre deficiência hídrica climática severa.

No Rio Grande do Sul, apenas no verão foram observados anos com ocorrência de índices hídricos abaixo de 0,6 no período estudado (Figura 20). Observa-se que o índice hídrico foi abaixo deste valor apenas em dois verões: o verão de 1965, que foi o último trimestre de uma longa La Niña moderada (como pode ser visto na Tabela 2); e o verão de 2005, que embora tenha sido um verão de El Niño fraco, registrou uma das estiagens mais fortes do século XXI. Segundo Berlato & Cordeiro (2005) a forte estiagem de 2004/2005 ocasionou uma quebra na safra de grãos no Rio Grande do Sul, para os cultivos de soja, milho e feijão, na ordem de 8,5 milhões de toneladas, correspondendo a 42% da perda total brasileira de grãos.

Ainda na Figura 20, no gráfico do verão foram traçadas duas linhas, em 0,6 (tracejada) e em 0,7 (quadriculada) apontando os índices críticos para a soja e para o milho, respectivamente. Estes índices, utilizados por Matzenauer *et al.* (2002), referem-se ao índice de consumo relativo de água (ETR/ETm) já que os

autores utilizaram a evapotranspiração máxima (ET_m) dessas culturas em vez da evapotranspiração de referência (ET_o). No período estudado 24% dos anos apresentaram índices hídricos abaixo de 0,7 no verão, o que segundo Matzenauer *et al.* (2002), representa médio risco de deficiência hídrica para a produção de milho no Rio Grande do Sul, já que não foram observados índices abaixo de 0,5, que configuraria alto risco para a produção desse grão no Estado. Também segundo os autores valores menores que 60% da evapotranspiração da soja representariam alto risco para a sua produção. Na Figura 20, verifica-se que em 10% dos anos o índice hídrico é muito próximo ou menor do que 0,6, configurando situação de deficiência hídrica.

Quanto à tendência espacial houve predominância do sinal de aumento do índice hídrico no Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações, em muitos casos com significância estatística (Figura 21).

Assim como na tendência temporal, a tendência mais forte espacialmente verificada foi na primavera, estação do ano na qual todas as estações meteorológicas apresentaram tendência de aumento do índice hídrico no período estudado, grande parte delas com aumentos estatisticamente muito significativos.

O índice hídrico (ETR/ET_o) indica a disponibilidade hídrica relativa. Logo, a tendência de aumento deste índice na primavera, pode ser positiva no caso dos cultivos de primavera-verão não irrigados, que nesse período se encontram em fase de estabelecimento e início do período reprodutivo.

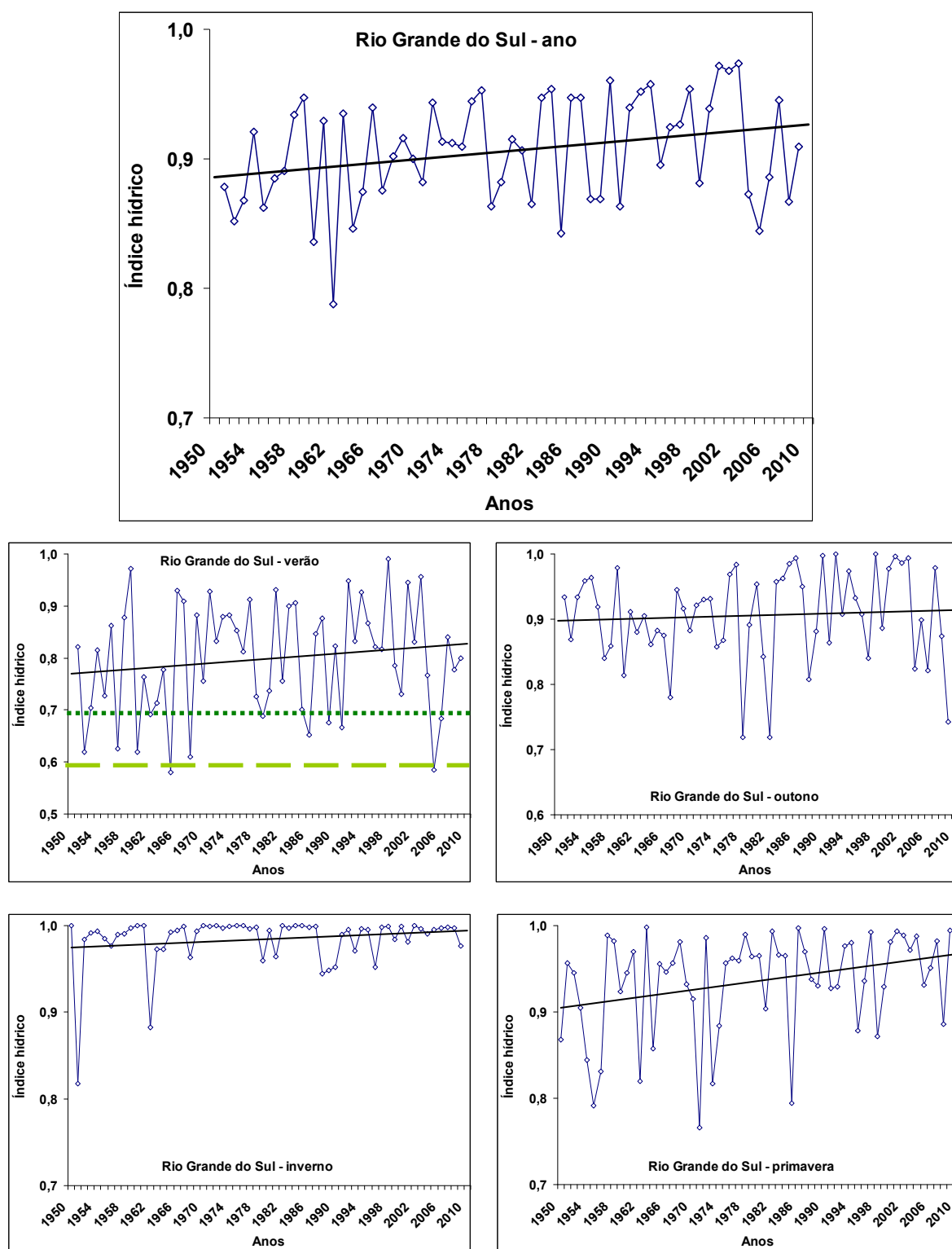


FIGURA 20. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

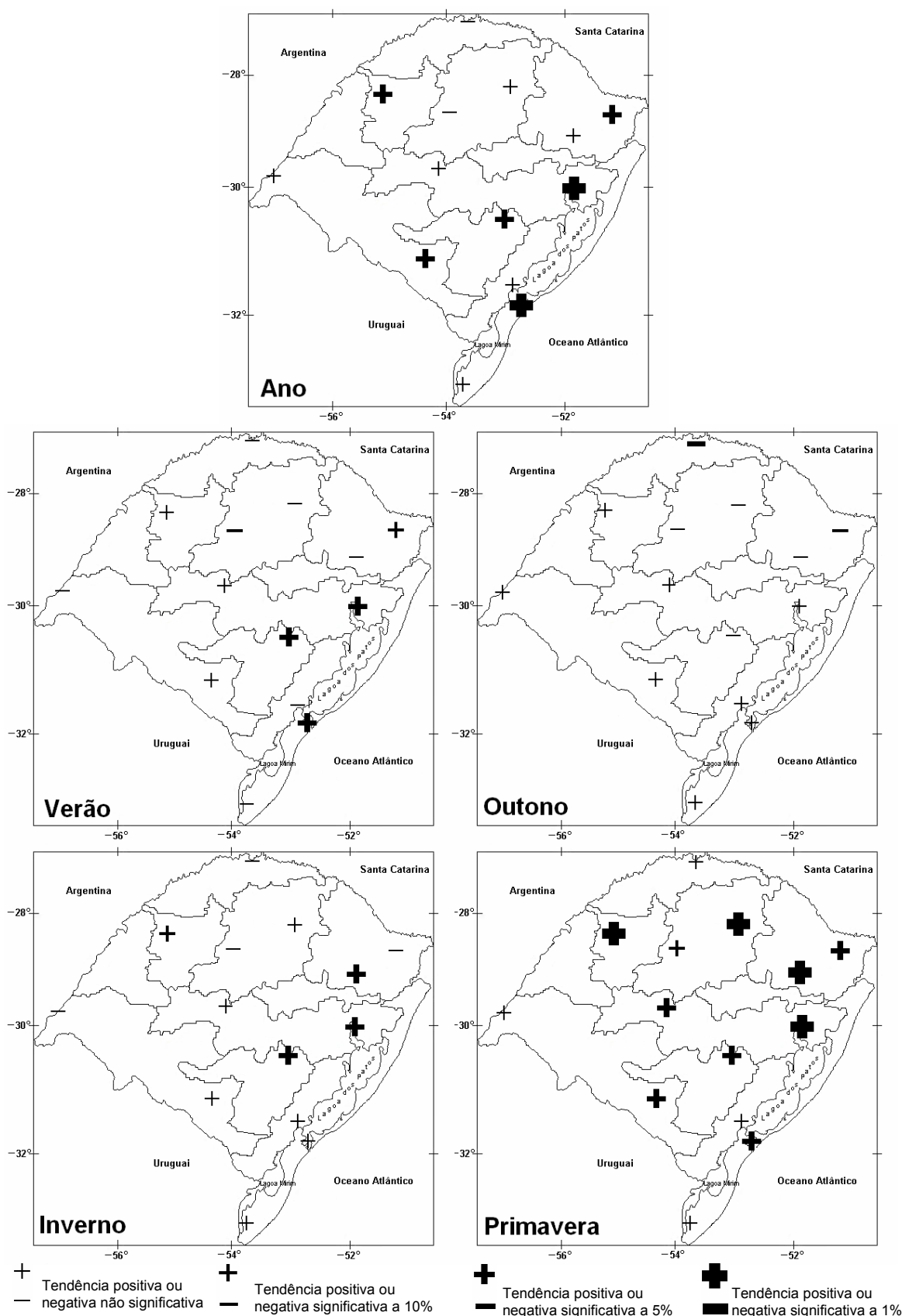


FIGURA 21. Sinal de tendência do índice hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.11 Tendência do déficit hídrico

O déficit hídrico no Rio Grande do Sul apresentou tendência de redução, entre 1950 e 2009, no ano e nas quatro estações do ano (Figura 22). No período estudado, a redução linear do déficit hídrico foi de 64mm no ano; 29,2mm no verão; 0,2mm no outono; 4,1mm no inverno e 27,2mm na primavera. Essas reduções foram estatisticamente significativas a: 1% na primavera; 5% no ano; 10% no inverno; e não significativas no verão e no outono.

Na Figura 23, se observa ampla coerência espacial do sinal da tendência de redução do déficit hídrico nas diferentes regiões climáticas do Rio Grande do Sul, no ano e nas quatro estações. No ano, no verão e no inverno são observadas algumas estações com tendência de aumento do déficit hídrico, em geral, localizadas na metade Norte do Estado, porém sem significância estatística. O maior número de estações com tendência de aumento foi verificado no outono, 50% das estações apresentaram essa tendência, todas concentradas no centro-norte do Estado, e, em Iraí e em Passo Fundo, com significância estatística. Em março, abril e maio, os cultivos de primavera-verão estão em plena colheita, e algumas áreas no Estado estão sendo preparadas para os cultivos de outono-inverno, logo o aumento do déficit nessa época, em que a precipitação pluvial é suficiente para atender a demanda dos cultivos não seria prejudicial. Na primavera, todas as estações meteorológicas apresentaram tendência de redução do déficit hídrico, a maioria estatisticamente muito significativa, sendo este resultado muito benéfico para o estabelecimento dos cultivos de primavera-verão.

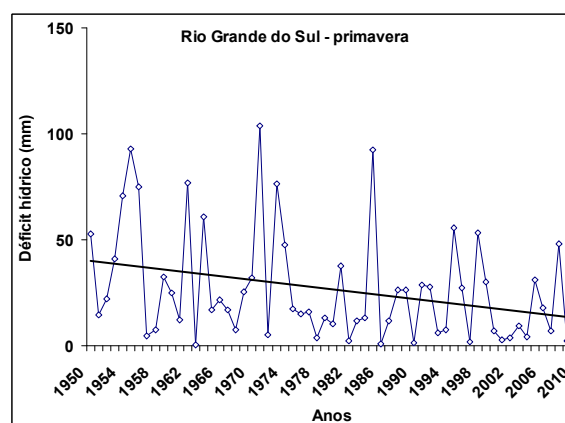
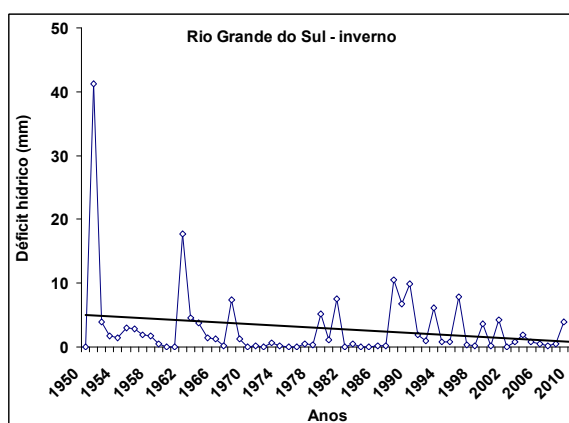
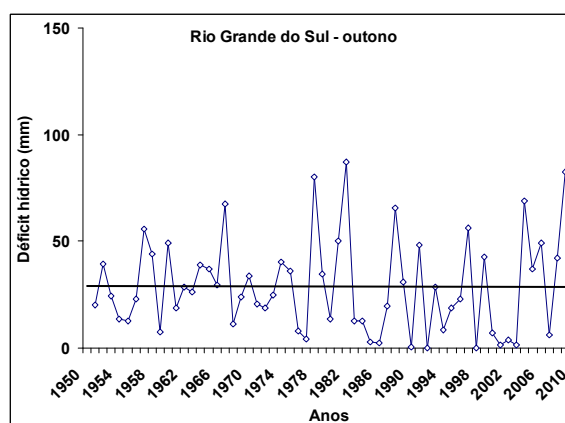
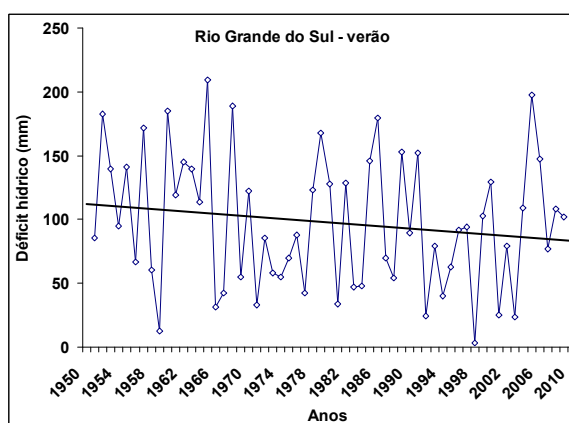
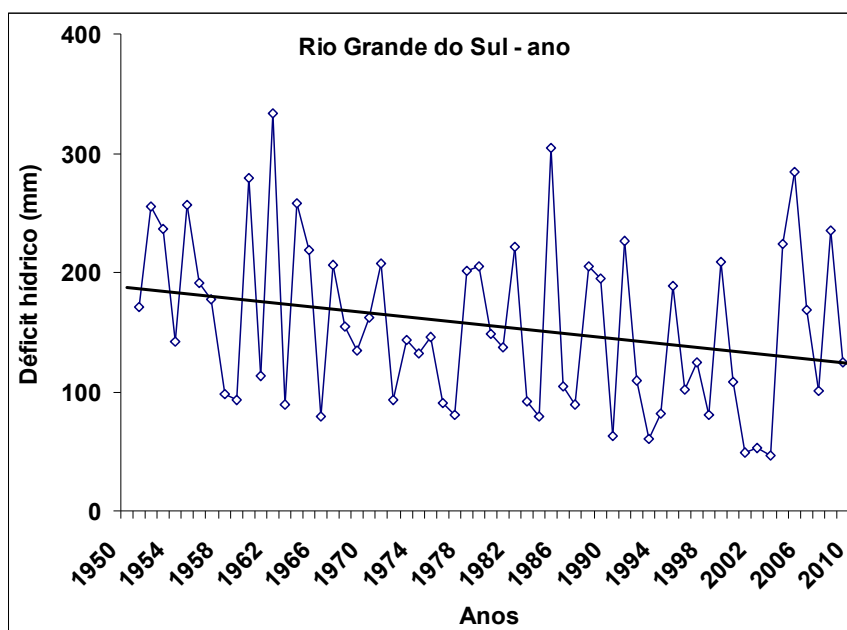


FIGURA 22. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

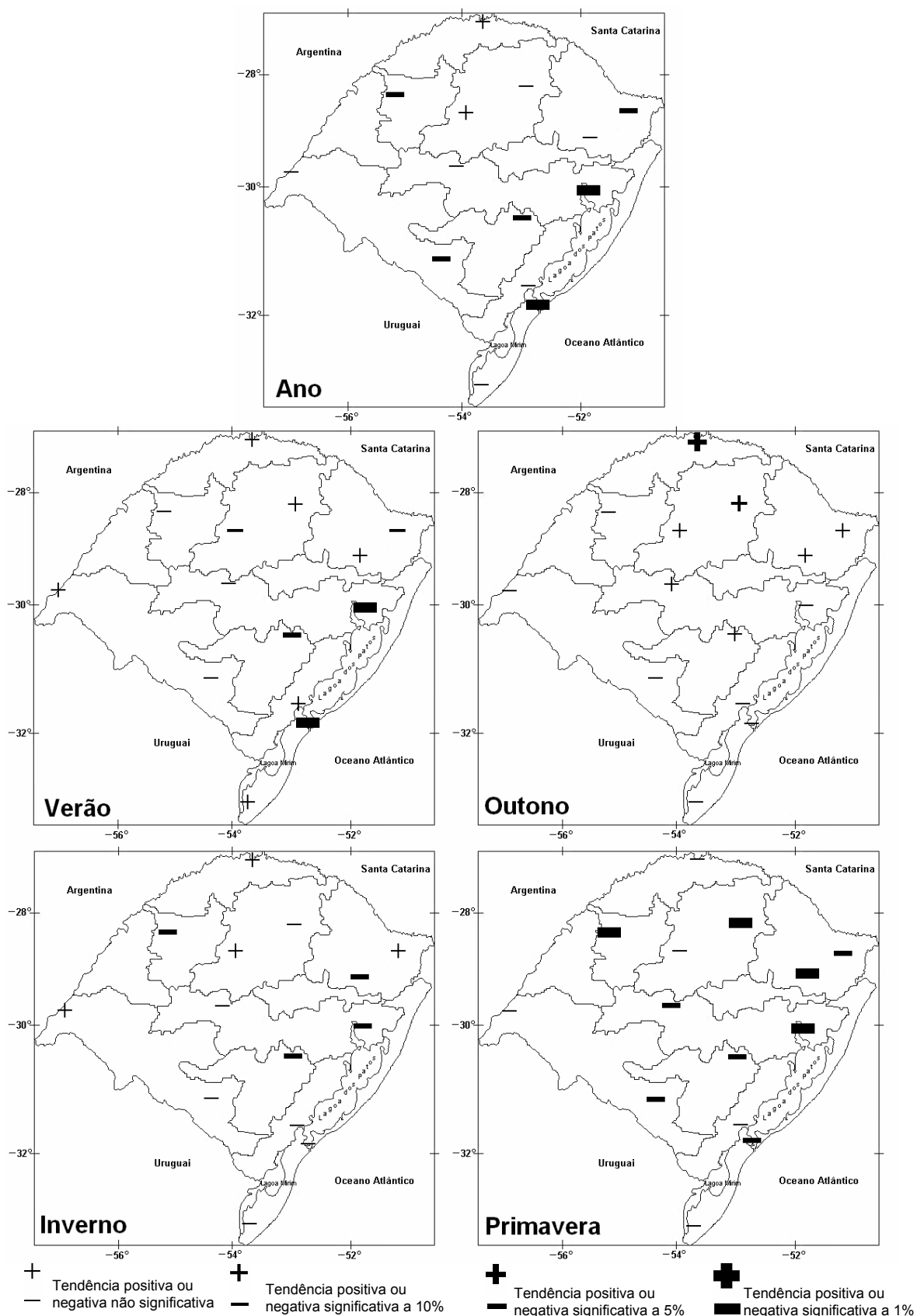


FIGURA 23. Sinal de tendência do déficit hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

4.12 Tendência do excesso hídrico

No período estudado, o excesso hídrico no Rio Grande do Sul apresentou tendência de aumento, no ano e nas quatro estações (Figura 24). O aumento linear de 1950 a 2009 do excesso hídrico foi de 257mm no ano; 48,8mm no verão; 107,7mm no outono; 28,4mm no inverno e 65,1mm na primavera. No ano o aumento foi estatisticamente significativo a 1%; no verão e no outono, a 5%; na primavera, a 10%; e no inverno não foi significativo, estatisticamente.

Assim como foi observado para a tendência espacial da precipitação pluvial, se observa ampla coerência espacial do sinal da tendência de aumento do excesso hídrico no Rio Grande do Sul, especialmente no ano, em que todas as estações meteorológicas apresentaram esta tendência, a maioria com significância estatística (Figura 25). No verão e no outono, apenas Bom Jesus apresentou tendência de redução do excesso hídrico, embora estatisticamente não significativa no primeiro caso e pouco significativa no segundo, logo 93% das estações meteorológicas apresentaram tendência de aumento do excesso nessas estações do ano. No inverno, também Bom Jesus apresentou tendência de redução do excesso hídrico, estatisticamente significativa a 10% e Porto Alegre, apresentou tendência de aumento dessa variável, estatisticamente significativa a 5%; as demais estações não apresentaram significância estatística. Na primavera 79% das estações meteorológicas apresentaram sinal de aumento. O outono e a primavera foram as estações do ano com maior significância estatística, várias estações meteorológicas apresentaram tendência de aumento do excesso hídrico significativa a 1%.

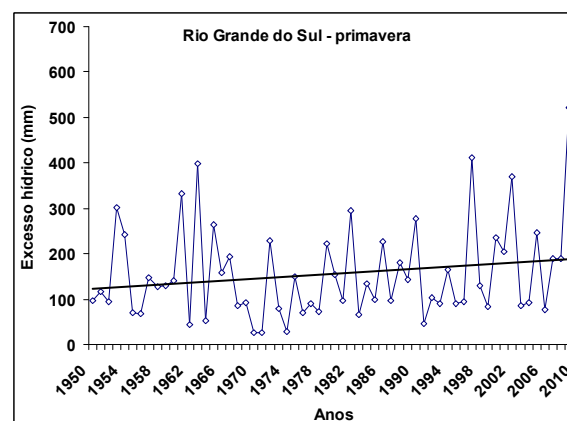
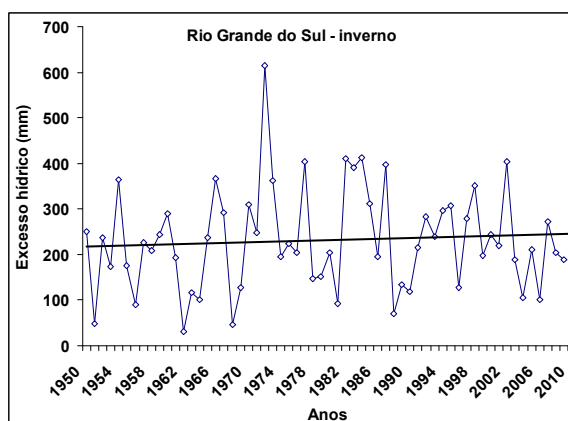
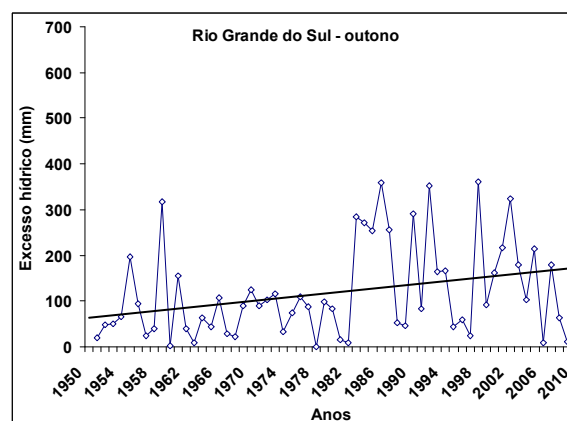
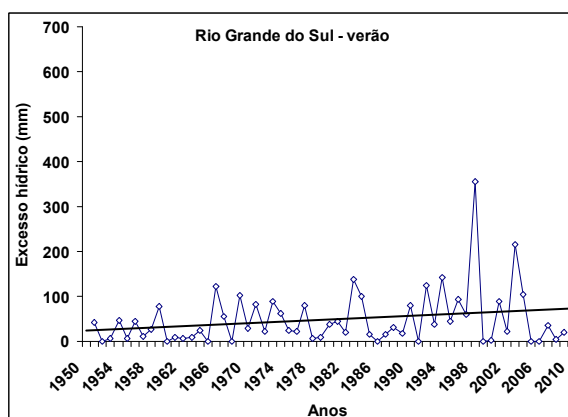
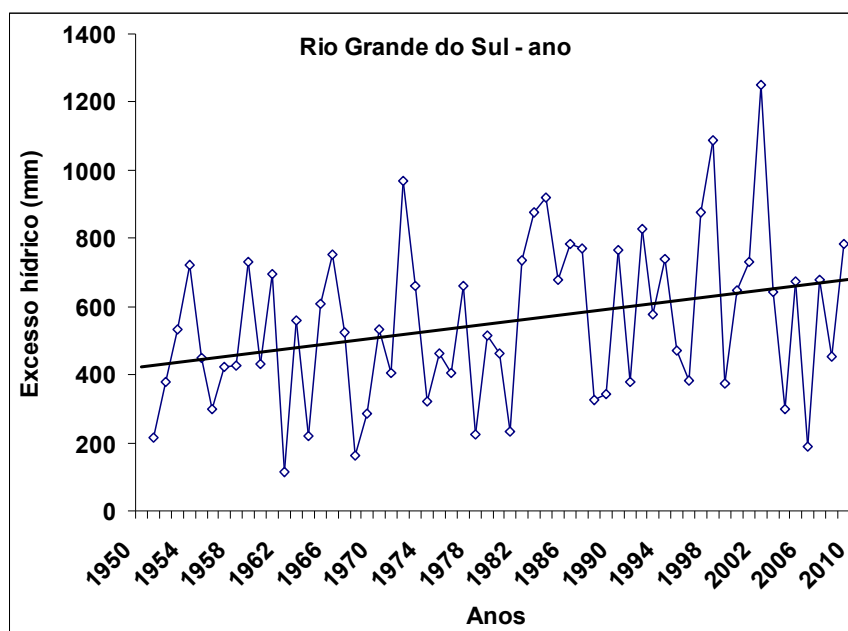


FIGURA 24. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

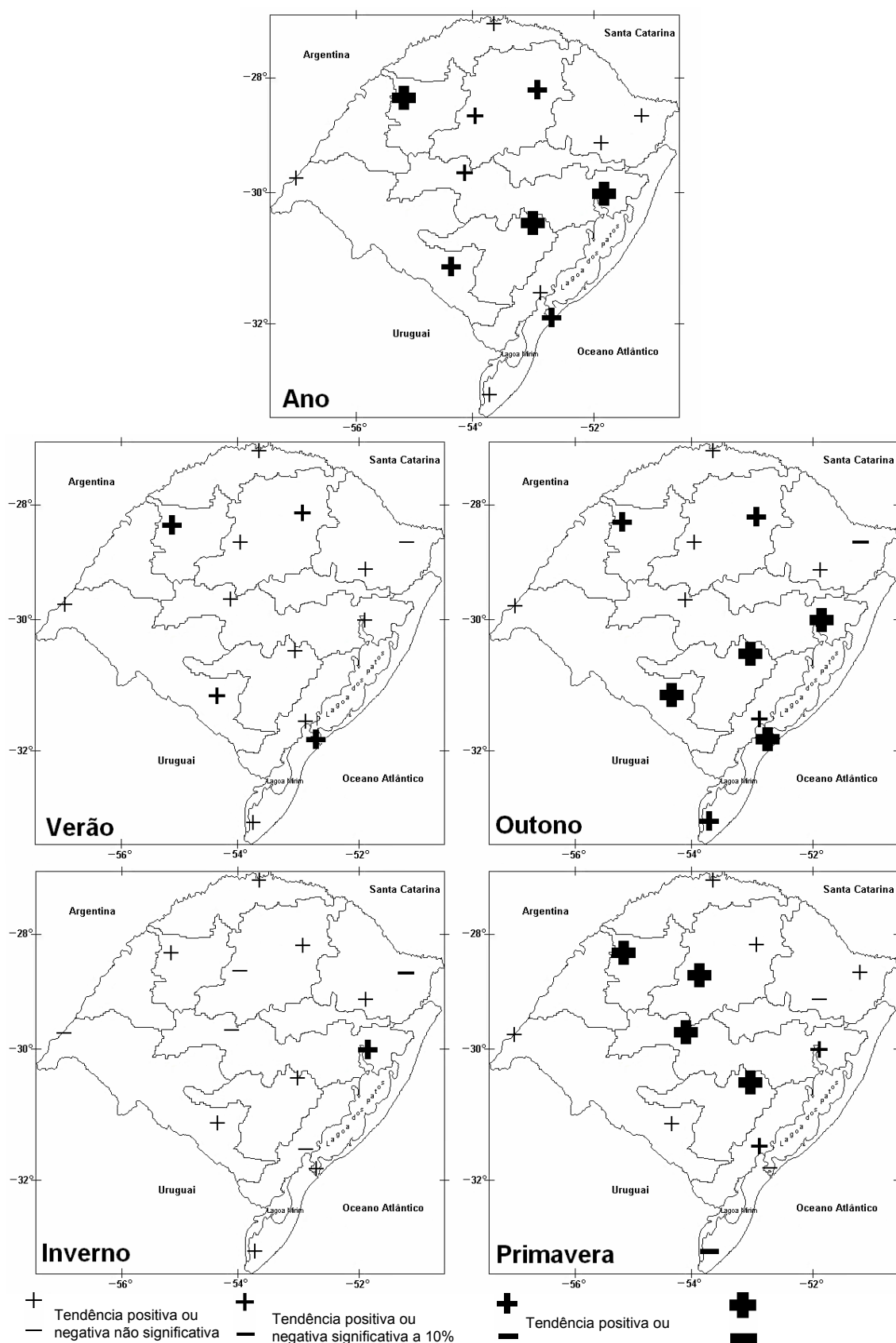


FIGURA 25. Sinal de tendência do excesso hídrico anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1950-2009.

O mecanismo oceânico-atmosférico: aumento do efeito estufa, aquecimento global, aquecimento das águas dos oceanos - particularmente na grande bacia do Pacífico tropical - aumento do fenômeno ENOS (fase quente) é a causa mais provável das tendências apresentadas no presente trabalho, especialmente das tendências observadas de aumento da precipitação pluvial e das temperaturas, e de redução da insolação.

Na Tabela 3 é apresentado um resumo das tendências climáticas temporais, anuais e estacionais, das doze variáveis meteorológicas para o Rio Grande do Sul. Na referida Tabela encontra-se o coeficiente de regressão linear (β_1), que indica a variação anual, positiva ou negativa, e sua respectiva significância estatística, além da variação total nos 60 anos de estudo para cada variável.

TABELA 3. Tendências climáticas anuais e estacionais das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico no Estado do Rio Grande do Sul, avaliada pelo coeficiente de regressão linear (β_1) e variação total no período 1950-2009 (Δ 60 anos).

Tendências climáticas Variável meteorológica	Ano		Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	β_1	Δ 60 anos	β_1	Δ 60 anos	β_1	Δ 60 anos	β_1	Δ 60 anos	β_1	Δ 60 anos
Precipitação pluvial (mm)	4,2501**	255	0,7970	48	1,7457**	105	0,0554	3	1,6304**	98
Temperatura mínima do ar (°C)	0,0144***	0,86	0,0149***	0,89	0,0180***	1,08	0,0087	0,52	0,0161***	0,97
Temperatura máxima do ar (°C)	0,0047*	0,28	-0,0044	-0,26	0,0095*	0,57	0,0045	0,27	0,0087**	0,52
Temperatura média do ar (°C)	0,0096***	0,58	0,0053*	0,32	0,0136**	0,82	0,0067	0,40	0,0126***	0,76
Insolação (h)	-4,1346***	-248	-1,1452***	-69	-1,0384***	-62	-0,8531***	-51	-0,9924***	-60
Radiação solar global (MJ.m ⁻²)	-0,0095***	-0,57	-0,0097**	-0,58	-0,0070**	-0,42	-0,0076**	-0,46	-0,0122**	-0,73
Saldo de radiação (MJ.m ⁻²)	-0,0065***	-0,39	-0,0067**	-0,40	-0,0048**	-0,29	-0,0052**	-0,31	-0,0084**	-0,50
Evapotranspiração de referência (mm)	-0,7258***	-44	-0,2237**	-13	-0,1108	-7	-0,1444**	-9	-0,2193**	-13
Evapotranspiração real (mm)	0,4328	26	0,2665	16	-0,0948	-6	-0,0465	-3	0,2414*	14
Índice hídrico	0,0007**	0,042	0,0010	0,06	0,0003	0,018	0,0003*	0,018	0,0010***	0,06
Déficit hídrico (mm)	-1,0659**	-64	-0,4866	-29,2	-0,0028	-0,2	-0,0690*	-4,1	-0,4528***	-27,2
Excesso hídrico (mm)	4,2841***	257	0,8137**	49	1,7950**	108	0,4732	28	1,0847*	65

Significativo a 10%

*

Significativo a 5%

**

Significativo a 1%

Demais incrementos não significativos pelo Teste T

Do Apêndice 1 ao 168 encontram-se as tendências temporais, anuais e estacionais, das variáveis originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado para as 14 estações meteorológicas, no período de 1950 e 2009. A significância estatística de cada tendência temporal pode ser verificada nas tendências espaciais das 12 variáveis discutidas anteriormente neste trabalho.

As tendências climáticas apresentadas no presente trabalho servem de subsídios para o planejamento de estratégias de adaptação e/ou mitigação, inclusive nas práticas agrícolas e nos trabalhos de melhoramento ou de planejamento agrônomo, a fim de reduzir ou até mesmo evitar os seus possíveis impactos negativos, ou então, tirar proveito de possíveis condições climáticas favoráveis.

4.13 Curso mensal da precipitação pluvial, da evapotranspiração de referência e da evapotranspiração real

Do Apêndice 169 ao Apêndice 182 encontram-se os cursos mensais da precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real (para CAD de 100mm), seqüenciais entre 1950 e 2009, para as 14 estações meteorológicas. Nesses gráficos é possível verificar a variabilidade interanual dessas variáveis, sendo a maior variabilidade verificada na precipitação pluvial, o que sabidamente não é bom para a agricultura não irrigada. Segundo Ávila (1994), a probabilidade da precipitação pluvial mensal superar a evapotranspiração potencial é alta nos meses de março a outubro na maior parte do Rio Grande do Sul, porém de novembro a fevereiro esta probabilidade reduz-se drasticamente. Em geral, a precipitação pluvial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro não é suficiente para atender as demandas dos cultivos de primavera-verão não irrigados, devido à alta demanda evaporativa nesse período, resultando em déficits hídricos. Em praticamente todos os verões, mais fortemente nas estações meteorológicas da metade sul do Estado, há necessidade de suplementar a precipitação pluvial, através da irrigação, com um volume de água considerável para a manutenção da evapotranspiração em nível potencial. Por outro lado, quando a precipitação pluvial supera a evapotranspiração de referência, estando o solo na sua capacidade máxima de armazenamento, ocorre excesso hídrico, o que é comum no Rio Grande do Sul nos meses de inverno, sendo mais pronunciado nas estações meteorológicas da metade norte, nas quais normalmente a precipitação pluvial é maior do que no restante do Estado.

4.14 Comparação de normais climatológicas

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 encontram-se as normais climatológicas mensais e anuais de precipitação pluvial, temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e temperatura média do ar, para os períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, bem como a diferença entre os dois períodos, para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.

Quanto à precipitação pluvial verifica-se, em geral, um aumento da normal no segundo período (1980-2009) em relação ao primeiro período (1950-1979) na maioria das estações e em todos os meses, com exceção de março, agosto, setembro e dezembro (Tabela 4). Para a média do Rio Grande do Sul, a normal do primeiro período superou a normal do segundo período apenas em 1mm em março, 19mm em agosto e 6mm em setembro. Nos demais meses o aumento da normal climatológica de 1980-2009 variou de 2 a 45mm, sendo as maiores diferenças verificadas em abril, maio e novembro (45, 35 e 39mm, respectivamente). No total anual para a média do Estado, o aumento da normal de precipitação pluvial no segundo período (1980-2009) chegou a 150mm.

Também na temperatura mínima do ar verificou-se, em geral, um aumento da normal no segundo período (1980-2009) em relação ao primeiro período (1950-1979) na maioria das estações e em todos os meses, mas neste caso a exceção foi em julho e setembro, nos quais a normal do primeiro período foi maior que a do segundo período em 79% das estações (Tabela 5). Para a média do Rio Grande do Sul, a normal do primeiro período superou a normal do segundo período em 0,2°C em julho e 0,3°C em setembro. Nos demais meses, a normal climatológica de 1980-2009 teve um aumento em relação a normal de 1950-1979, que variou de

0,1°C em junho a até 1,3°C em abril, na média do Estado. Na média anual, para o Estado como um todo, o aumento da normal no segundo período foi de 0,4°C.

A normal da temperatura máxima do ar de 1980-2009 teve um aumento, em relação ao período de 30 anos anterior, na média anual e nos meses de março, abril, agosto, outubro e novembro, em praticamente todas as estações meteorológicas analisadas. Em dezembro 57% das estações também apresentaram aumento da normal do segundo período (Tabela 6). Na média do Estado o aumento da normal do segundo período em relação ao primeiro variou de 0,2°C a 0,8°C. Em contrapartida, a normal do segundo período apresentou uma redução na maior parte das estações meteorológicas nos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, julho e setembro. No entanto, nestes meses a variação na média do Estado foi pequena ou nula, pois a redução da normal de 1980-2009 na maioria das estações foi compensada pelo aumento desta nas demais estações.

Para a temperatura média do ar verificou-se, em geral, um aumento da normal no segundo período (1980-2009) em relação ao primeiro período (1950-1979) na maioria das estações e em todos os meses, com exceção de julho e setembro, como verificado também para o caso da temperatura mínima do ar. Nestes meses a normal do primeiro período foi maior que a do segundo período em 93 e 86% das estações, respectivamente (Tabela 7). Para a média do Rio Grande do Sul, a normal do primeiro período superou a normal do segundo período em 0,4°C em julho e 0,2°C em setembro. Nos demais meses a normal climatológica de 1980-2009 teve um aumento em relação a normal de 1950-1979, que variou de 0,1°C em maio e junho a até 1,0°C em abril. Em fevereiro as normais para a média do Estado não apresentaram diferença. Na média anual do Estado, o aumento da normal no segundo período foi de 0,3°C.

TABELA 4. Normais climatológicas mensais e anual da precipitação pluvial nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.

Estações meteorológicas	Precipitação pluvial											
	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	110	127	17	108	147	39	106	121	15	102	169	67
Bom Jesus	158	167	9	166	154	-12	147	114	-33	115	125	10
Caxias do Sul	153	149	-4	140	159	19	140	116	-24	120	147	27
Cruz Alta	138	146	8	132	138	6	137	130	-7	114	172	58
Encruzilhada do Sul	120	139	19	120	126	6	118	119	1	94	141	47
Iraí	161	160	-1	155	173	18	125	124	-1	129	166	37
Passo Fundo	152	160	8	154	137	-17	129	122	-7	115	152	37
Pelotas	115	110	-5	129	168	39	133	114	-19	77	126	49
Porto Alegre	105	110	5	106	113	7	96	100	4	80	118	38
Rio Grande	89	102	13	90	134	44	105	110	5	71	121	50
Santa Maria	150	155	5	136	134	-2	133	149	16	112	170	58
Santa Vitória do Palmar	109	82	-27	96	141	45	101	122	21	91	115	24
São Luiz Gonzaga	150	150	0	133	160	27	142	153	11	143	215	72
Uruguaiana	131	124	-7	153	152	-1	159	171	12	151	202	51
Estado	132	134	2	130	145	15	127	126	-1	108	153	45

Estações meteorológicas	Precipitação pluvial											
	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	96	145	49	117	121	4	143	123	-20	118	114	-4
Bom Jesus	108	119	11	117	128	11	117	160	43	161	132	-29
Caxias do Sul	99	133	34	143	162	19	135	176	41	168	146	-22
Cruz Alta	105	157	52	150	146	-4	127	160	33	150	140	-10
Encruzilhada do Sul	99	145	46	158	148	-10	142	166	24	142	123	-19
Iraí	136	171	35	153	154	1	132	134	2	148	131	-17
Passo Fundo	103	168	65	136	145	9	132	164	32	169	130	-39
Pelotas	82	116	34	108	116	8	149	121	-28	140	105	-35
Porto Alegre	81	116	35	129	138	9	112	143	31	132	123	-9
Rio Grande	89	109	20	98	110	12	136	120	-16	128	107	-21
Santa Maria	107	145	38	142	156	14	133	158	25	132	115	-17
Santa Vitória do Palmar	102	118	16	107	116	9	106	118	12	106	106	0
São Luiz Gonzaga	121	163	42	169	148	-21	117	139	22	135	124	-11
Uruguaiana	109	123	14	95	96	1	99	66	-33	85	58	-27
Estado	103	138	35	130	135	5	127	139	12	137	118	-19

Estações meteorológicas	Precipitação pluvial											
	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	148	134	-14	135	133	-2	79	133	54	97	112	15
Bom Jesus	178	168	-10	156	172	16	104	138	34	140	153	13
Caxias do Sul	194	180	-14	167	181	14	115	153	38	169	151	-18
Cruz Alta	183	187	4	184	226	42	121	177	56	154	143	-11
Encruzilhada do Sul	150	161	11	131	152	21	85	139	54	102	124	22
Iraí	174	167	-7	185	232	47	138	155	17	161	153	-8
Passo Fundo	198	195	-3	180	220	40	120	174	54	167	156	-11
Pelotas	138	131	-7	109	100	-9	77	114	37	92	112	20
Porto Alegre	140	145	5	114	131	17	78	125	47	101	109	8
Rio Grande	138	119	-19	87	95	8	74	103	29	63	82	19
Santa Maria	149	170	21	159	169	10	105	147	42	135	146	11
Santa Vitória do Palmar	125	91	-34	93	94	1	80	94	14	89	88	-1
São Luiz Gonzaga	159	168	9	175	236	61	135	177	42	160	157	-3
Uruguaiana	125	101	-24	153	157	4	111	140	29	135	113	-22
Estado	157	151	-6	145	164	19	101	140	39	126	128	2

Estações meteorológicas	Ano		
	1950-1979	1980-2009	diferença*
	Bagé	1359	1578
Bom Jesus	1667	1728	61
Caxias do Sul	1742	1851	109
Cruz Alta	1695	1922	227
Encruzilhada do Sul	1463	1682	219
Iraí	1796	1919	123
Passo Fundo	1756	1923	167
Pelotas	1349	1433	84
Porto Alegre	1273	1470	197
Rio Grande	1168	1313	145
Santa Maria	1592	1814	222
Santa Vitória do Palmar	1206	1284	78
São Luiz Gonzaga	1741	1990	249
Uruguaiana	1505	1502	-3
Estado	1522	1672	150

* entre os períodos 1980-2009 e 1950-1979.

TABELA 5. Normais climatológicas mensais e anual da temperatura mínima do ar nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.

Estações meteorológicas	Temperatura mínima do ar											
	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	18,4	18,3	-0,1	18,2	18,2	0,0	16,8	17,0	0,2	13,1	14,2	1,1
Bom Jesus	14,8	14,6	-0,2	15,0	14,7	-0,3	13,7	13,8	0,1	10,5	11,2	0,7
Caxias do Sul	16,6	17,4	0,8	16,7	17,4	0,7	15,5	16,6	1,1	12,4	14,1	1,7
Cruz Alta	18,1	18,7	0,6	17,9	18,3	0,4	16,6	17,3	0,7	13,2	14,5	1,3
Encruzilhada do Sul	17,4	18,0	0,6	17,4	18,1	0,7	16,4	17,3	0,9	13,3	14,6	1,3
Iraí	18,3	20,1	1,8	18,3	19,9	1,6	16,7	18,6	1,9	12,8	15,6	2,8
Passo Fundo	17,5	17,6	0,1	17,4	17,4	0,0	16,1	16,5	0,4	12,9	14,0	1,1
Pelotas	18,0	19,3	1,3	18,2	19,3	1,1	16,7	18,2	1,5	12,7	14,9	2,2
Porto Alegre	20,4	20,5	0,1	20,5	20,6	0,1	19,3	19,7	0,4	15,8	16,8	1,0
Rio Grande	20,4	19,8	-0,6	20,8	19,9	-0,9	19,6	19,2	-0,4	16,3	16,1	-0,2
Santa Maria	19,0	19,7	0,7	19,0	19,6	0,6	17,6	18,5	0,9	13,8	15,3	1,5
Santa Vitória do Palmar	17,7	18,1	0,4	17,8	18,0	0,2	16,6	17,1	0,5	13,1	14,0	0,9
São Luiz Gonzaga	19,6	20,4	0,8	19,3	20,0	0,7	18,0	19,0	1,0	14,4	16,3	1,9
Uruguaiana	20,1	19,8	-0,3	19,8	19,3	-0,5	18,1	18,2	0,1	14,5	15,0	0,5
Estado	18,3	18,7	0,4	18,3	18,6	0,3	17,0	17,6	0,6	13,5	14,8	1,3

Estações meteorológicas	Temperatura mínima do ar											
	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	10,7	10,9	0,2	8,6	8,7	0,1	8,6	8,1	-0,5	9,0	9,4	0,4
Bom Jesus	8,2	7,8	-0,4	6,9	6,4	-0,5	6,5	5,7	-0,8	7,4	7,0	-0,4
Caxias do Sul	10,3	11,1	0,8	8,8	9,5	0,7	8,7	8,7	0,0	9,1	10,0	0,9
Cruz Alta	10,9	11,6	0,7	9,3	9,8	0,5	9,2	9,0	-0,2	9,8	10,5	0,7
Encruzilhada do Sul	11,1	11,5	0,4	8,9	9,2	0,3	8,7	8,5	-0,2	9,1	9,7	0,6
Iraí	10,6	12,1	1,5	8,9	10,5	1,6	8,5	9,7	1,2	9,4	11,2	1,8
Passo Fundo	10,7	10,8	0,1	9,1	9,3	0,2	9,0	8,6	-0,4	9,7	10,0	0,3
Pelotas	10,1	11,7	1,6	8,2	9,1	0,9	8,1	8,5	0,4	8,3	9,7	1,4
Porto Alegre	13,0	13,2	0,2	11,0	10,9	-0,1	10,7	10,3	-0,4	11,3	11,4	0,1
Rio Grande	13,5	12,6	-0,9	11,0	9,9	-1,1	10,6	9,6	-1,0	11,2	10,7	-0,5
Santa Maria	11,6	11,9	0,3	9,6	9,9	0,3	9,5	9,5	0,0	10,0	10,8	0,8
Santa Vitória do Palmar	10,6	10,7	0,1	8,7	8,2	-0,5	8,3	7,7	-0,6	8,7	8,6	-0,1
São Luiz Gonzaga	12,6	13,2	0,6	10,6	11,5	0,9	10,6	10,6	0,0	11,0	12,2	1,2
Uruguaiana	12,0	11,5	-0,5	10,0	9,1	-0,9	9,8	8,4	-1,4	10,1	9,9	-0,2
Estado	11,2	11,5	0,3	9,3	9,4	0,1	9,0	8,8	-0,2	9,6	10,1	0,5

Estações meteorológicas	Temperatura mínima do ar											
	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	10,7	10,2	-0,5	12,6	12,8	0,2	14,5	14,7	0,2	16,8	16,7	-0,1
Bom Jesus	9,1	7,7	-1,4	10,2	10,3	0,1	11,3	11,7	0,4	13,3	13,3	0,0
Caxias do Sul	10,6	10,3	-0,3	11,8	12,7	0,9	13,3	14,4	1,1	15,2	16,0	0,8
Cruz Alta	11,5	11,2	-0,3	12,8	13,9	1,1	14,7	15,8	1,1	16,8	17,8	1,0
Encruzilhada do Sul	10,6	10,3	-0,3	12,1	12,8	0,7	13,9	14,8	0,9	15,9	16,6	0,7
Iraí	11,7	12,7	1,0	13,2	15,8	2,6	14,8	17,2	2,4	16,8	19,0	2,2
Passo Fundo	11,4	10,6	-0,8	12,7	13,4	0,7	14,4	15,0	0,6	16,2	16,8	0,6
Pelotas	10,4	11,3	0,9	12,4	14,0	1,6	13,9	15,9	2,0	16,4	17,9	1,5
Porto Alegre	13,3	12,8	-0,5	15,2	15,3	0,1	16,8	17,1	0,3	18,9	19,1	0,2
Rio Grande	12,9	11,9	-1,0	14,8	14,6	-0,2	16,7	16,7	0,0	18,9	18,5	-0,4
Santa Maria	11,5	11,8	0,3	13,5	14,6	1,1	15,2	16,5	1,3	17,5	18,5	1,0
Santa Vitória do Palmar	10,2	9,5	-0,7	12,1	11,9	-0,2	13,7	14,2	0,5	16,0	16,3	0,3
São Luiz Gonzaga	12,8	12,7	-0,1	14,3	15,6	1,3	16,2	17,4	1,2	18,4	19,5	1,1
Uruguaiana	11,9	11,2	-0,7	14,2	14,3	0,1	16,3	16,4	0,1	18,6	18,6	0,0
Estado	11,3	11,0	-0,3	13,0	13,7	0,7	14,7	15,6	0,9	16,8	17,5	0,7

Estações meteorológicas	Ano		
	1950-1979	1980-2009	diferença*
	Bagé	13,2	13,3
Bom Jesus	10,6	10,3	-0,3
Caxias do Sul	12,4	13,2	0,8
Cruz Alta	13,4	14,0	0,6
Encruzilhada do Sul	12,9	13,4	0,5
Iraí	13,3	15,2	1,9
Passo Fundo	13,1	13,3	0,2
Pelotas	12,8	14,1	1,3
Porto Alegre	15,5	15,6	0,1
Rio Grande	15,6	15,0	-0,6
Santa Maria	14,0	14,7	0,7
Santa Vitória do Palmar	12,8	12,9	0,1
São Luiz Gonzaga	14,8	15,7	0,9
Uruguaiana	14,6	14,3	-0,3
Estado	13,5	13,9	0,4

* entre os períodos 1980-2009 e 1950-1979.

TABELA 6. Normais climatológicas mensais e anual da temperatura máxima do ar nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.

Estações meteorológicas	Temperatura máxima do ar											
	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	30,6	30,1	-0,5	30,0	28,7	-1,3	27,7	27,8	0,1	24,0	24,0	0,0
Bom Jesus	25,5	25,2	-0,3	25,1	25,1	0,0	23,6	24,3	0,7	20,3	21,5	1,2
Caxias do Sul	26,9	26,7	-0,2	26,5	26,3	-0,2	25,1	25,3	0,2	21,5	22,5	1,0
Cruz Alta	29,6	29,6	0,0	29,0	28,7	-0,3	27,6	28,1	0,5	24,4	25,2	0,8
Encruzilhada do Sul	28,2	29,0	0,8	27,5	28,1	0,6	25,7	27,3	1,6	22,1	23,5	1,4
Iraí	32,6	32,4	-0,2	32,1	31,5	-0,6	30,7	30,9	0,2	26,9	27,7	0,8
Passo Fundo	28,5	28,3	-0,2	27,9	27,6	-0,3	26,6	27,2	0,6	23,2	24,4	1,2
Pelotas	28,8	28,3	-0,5	28,4	28,0	-0,4	27,0	27,0	0,0	23,8	24,2	0,4
Porto Alegre	30,5	30,5	0,0	30,1	30,1	0,0	28,4	29,2	0,8	25,0	25,9	0,9
Rio Grande	27,2	27,6	0,4	27,0	27,5	0,5	25,7	26,7	1,0	22,7	23,8	1,1
Santa Maria	30,7	30,9	0,2	30,3	30,0	-0,3	28,6	29,0	0,4	24,8	25,6	0,8
Santa Vitória do Palmar	28,1	27,7	-0,4	27,5	27,3	-0,2	26,1	26,4	0,3	22,7	23,2	0,5
São Luiz Gonzaga	31,6	32,6	1,0	31,2	31,5	0,3	29,4	30,6	1,2	25,6	27,1	1,5
Uruguaiana	32,4	32,4	0,0	31,6	30,7	-0,9	29,4	29,5	0,1	25,5	25,6	0,1
Estado	29,4	29,4	0,0	28,9	28,7	-0,2	27,3	27,8	0,5	23,7	24,6	0,9

Estações meteorológicas	Temperatura máxima do ar											
	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	20,8	20,3	-0,5	17,9	17,6	-0,3	18,0	17,3	-0,7	19,0	19,6	0,6
Bom Jesus	18,1	18,1	0,0	16,4	16,7	0,3	16,8	16,4	-0,4	17,6	18,6	1,0
Caxias do Sul	19,1	18,9	-0,2	17,3	17,2	-0,1	17,5	16,9	-0,6	18,6	19,2	0,6
Cruz Alta	21,8	21,4	-0,4	19,4	19,1	-0,3	19,6	18,7	-0,9	20,8	21,1	0,3
Encruzilhada do Sul	19,3	19,8	0,5	16,5	17,1	0,6	16,9	16,8	-0,1	17,8	18,9	1,1
Iraí	23,6	23,6	0,0	21,5	21,6	0,1	21,7	21,7	0,0	23,6	24,2	0,6
Passo Fundo	20,7	20,5	-0,2	18,5	18,5	0,0	18,8	18,2	-0,6	20,2	20,3	0,1
Pelotas	20,9	20,9	0,0	18,3	18,0	-0,3	17,9	17,4	-0,5	18,5	19,0	0,5
Porto Alegre	22,2	22,3	0,1	19,7	19,9	0,2	19,9	19,5	-0,4	20,6	21,3	0,7
Rio Grande	19,7	20,3	0,6	16,9	17,5	0,6	16,2	16,8	0,6	16,9	18,1	1,2
Santa Maria	22,2	22,0	-0,2	19,5	19,4	-0,1	19,7	19,1	-0,6	20,6	21,2	0,6
Santa Vitória do Palmar	19,7	19,6	-0,1	16,5	16,4	-0,1	16,2	15,8	-0,4	16,9	17,4	0,5
São Luiz Gonzaga	22,7	23,2	0,5	20,1	20,7	0,6	20,6	20,5	-0,1	22,0	23,0	1,0
Uruguaiana	22,4	22,0	-0,4	19,2	18,9	-0,3	19,7	18,8	-0,9	20,8	21,2	0,4
Estado	20,9	20,9	0,0	18,4	18,5	0,1	18,5	18,1	-0,4	19,6	20,2	0,6

Estações meteorológicas	Temperatura máxima do ar											
	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	21,0	20,3	-0,7	23,6	23,5	-0,1	26,4	26,3	-0,1	29,2	29,0	-0,2
Bom Jesus	18,7	18,6	-0,1	20,2	21,2	1,0	22,3	23,0	0,7	24,3	24,7	0,4
Caxias do Sul	19,7	19,4	-0,3	21,5	22,0	0,5	23,9	24,0	0,1	26,1	25,8	-0,3
Cruz Alta	22,4	21,5	-0,9	24,3	25,2	0,9	27,0	27,5	0,5	29,1	29,6	0,5
Encruzilhada do Sul	19,4	19,7	0,3	21,6	22,9	1,3	24,5	25,6	1,1	27,0	27,9	0,9
Iraí	25,2	24,9	-0,3	27,3	27,8	0,5	29,8	30,1	0,3	31,8	31,6	-0,2
Passo Fundo	21,6	20,8	-0,8	23,5	24,1	0,6	26,0	26,5	0,5	27,8	28,2	0,4
Pelotas	19,8	19,5	-0,3	22,0	22,4	0,4	24,6	24,8	0,2	27,2	27,0	-0,2
Porto Alegre	22,1	21,9	-0,2	24,3	25,0	0,7	26,9	27,2	0,3	29,2	29,4	0,2
Rio Grande	18,3	18,9	0,6	20,8	21,7	0,9	22,9	24,0	1,1	25,6	26,2	0,6
Santa Maria	22,5	21,8	-0,7	24,8	25,1	0,3	27,5	27,7	0,2	29,7	30,1	0,4
Santa Vitória do Palmar	18,2	18,3	0,1	20,6	21,2	0,6	23,5	23,8	0,3	26,4	26,0	-0,4
São Luiz Gonzaga	23,7	23,8	0,1	26,0	27,3	1,3	28,8	29,8	1,0	30,9	32,2	1,3
Uruguaiana	22,6	22,4	-0,2	25,2	25,7	0,5	28,6	28,2	-0,4	31,2	31,0	-0,2
Estado	21,1	20,8	-0,3	23,3	23,9	0,6	25,9	26,3	0,4	28,3	28,5	0,2

Estações meteorológicas	Ano		
	1950-1979	1980-2009	diferença*
	Bagé	24,0	23,7
Bom Jesus	20,7	21,1	0,4
Caxias do Sul	22,0	22,0	0,0
Cruz Alta	24,6	24,6	0,0
Encruzilhada do Sul	22,2	23,0	0,8
Iraí	27,2	27,3	0,1
Passo Fundo	23,6	23,7	0,1
Pelotas	23,1	23,0	-0,1
Porto Alegre	24,9	25,2	0,3
Rio Grande	21,7	22,4	0,7
Santa Maria	25,1	25,2	0,1
Santa Vitória do Palmar	21,9	21,9	0,0
São Luiz Gonzaga	26,1	26,9	0,8
Uruguaiana	25,7	25,5	-0,2
Estado	23,8	24,0	0,2

* entre os períodos 1980-2009 e 1950-1979.

TABELA 7. Normais climatológicas mensais e anual da temperatura média do ar nos períodos de 1950 a 1979 e de 1980 a 2009, e a diferença entre os períodos para as 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e para a média do Estado.

Estações meteorológicas	Temperatura média do ar											
	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
Bagé	24,5	24,2	-0,3	24,1	23,5	-0,6	22,3	22,4	0,1	18,5	19,1	0,6
Bom Jesus	20,1	19,9	-0,2	20,0	19,9	-0,1	18,7	19,1	0,4	15,4	16,1	0,7
Caxias do Sul	21,7	22,1	0,4	21,6	21,8	0,2	20,3	20,9	0,6	17,0	18,3	1,3
Cruz Alta	23,9	24,2	0,3	23,5	23,5	0,0	22,1	22,7	0,6	18,8	19,9	1,1
Encruzilhada do Sul	22,8	23,5	0,7	22,5	23,1	0,6	21,1	22,3	1,2	17,7	19,0	1,3
Iraí	25,5	26,2	0,7	25,2	25,7	0,5	23,7	24,8	1,1	19,8	21,6	1,8
Passo Fundo	23,0	23,0	0,0	22,6	22,5	-0,1	21,3	21,9	0,6	18,0	19,2	1,2
Pelotas	23,4	23,8	0,4	23,3	23,7	0,4	21,8	22,6	0,8	18,3	19,5	1,2
Porto Alegre	23,8	23,7	-0,1	23,9	23,7	-0,2	22,7	23,0	0,3	19,5	19,9	0,4
Rio Grande	23,8	23,7	-0,1	23,9	23,7	-0,2	22,7	23,0	0,3	19,5	19,9	0,4
Santa Maria	24,8	25,3	0,5	24,6	24,8	0,2	23,1	23,8	0,7	19,3	20,4	1,1
Santa Vitória do Palmar	22,9	22,9	0,0	22,6	22,7	0,1	21,3	21,7	0,4	17,9	18,6	0,7
São Luiz Gonzaga	25,6	26,5	0,9	25,2	25,7	0,5	23,7	24,8	1,1	20,0	21,7	1,7
Uruguaiana	26,3	26,1	-0,2	25,7	25,0	-0,7	23,8	23,8	0,0	20,0	20,3	0,3
Estado	23,7	23,9	0,2	23,5	23,5	0,0	22,0	22,6	0,6	18,5	19,6	1,1
Estações meteorológicas	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
	15,8	15,6	-0,2	13,3	13,2	-0,1	13,3	12,7	-0,6	14,0	14,5	0,5
Bom Jesus	13,2	13,0	-0,2	11,6	11,5	-0,1	11,6	11,0	-0,6	12,5	12,8	0,3
Caxias do Sul	14,7	15,0	0,3	13,0	13,3	0,3	13,1	12,8	-0,3	13,8	14,6	0,8
Cruz Alta	16,4	16,5	0,1	14,3	14,4	0,1	14,4	13,8	-0,6	15,3	15,8	0,5
Encruzilhada do Sul	15,2	15,6	0,4	12,7	13,2	0,5	12,8	12,7	-0,1	13,4	14,3	0,9
Iraí	17,1	17,8	0,7	15,2	16,1	0,9	15,1	15,7	0,6	16,5	17,7	1,2
Passo Fundo	15,7	15,7	0,0	13,8	13,9	0,1	13,9	13,5	-0,4	15,0	15,2	0,2
Pelotas	15,5	16,3	0,8	13,2	13,5	0,3	13,0	13,0	0,0	13,4	14,4	1,0
Porto Alegre	16,6	16,5	-0,1	14,0	13,7	-0,3	13,4	13,2	-0,2	14,0	14,4	0,4
Rio Grande	16,6	16,5	-0,1	14,0	13,7	-0,3	13,4	13,2	-0,2	14,0	14,4	0,4
Santa Maria	16,9	17,0	0,1	14,5	14,6	0,1	14,6	14,3	-0,3	15,3	16,0	0,7
Santa Vitória do Palmar	15,1	15,1	0,0	12,6	12,3	-0,3	12,2	11,7	-0,5	12,8	13,0	0,2
São Luiz Gonzaga	17,7	18,2	0,5	15,4	16,1	0,7	15,6	15,5	-0,1	16,5	17,6	1,1
Uruguaiana	17,2	16,8	-0,4	14,6	14,0	-0,6	14,7	13,6	-1,1	15,4	15,6	0,2
Estado	16,0	16,1	0,1	13,7	13,8	0,1	13,7	13,3	-0,4	14,4	15,0	0,6
Estações meteorológicas	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*	1950-1979	1980-2009	diferença*
	15,8	15,2	-0,6	18,1	18,2	0,1	20,5	20,5	0,0	23,0	22,8	-0,2
Bom Jesus	13,9	13,2	-0,7	15,0	15,7	0,7	16,8	17,4	0,6	18,8	19,0	0,2
Caxias do Sul	15,2	14,9	-0,3	16,6	17,3	0,7	18,6	19,2	0,6	20,6	20,9	0,3
Cruz Alta	16,9	16,4	-0,5	18,6	19,6	1,0	20,8	21,7	0,9	22,9	23,7	0,8
Encruzilhada do Sul	15,0	15,0	0,0	16,9	17,9	1,0	19,2	20,2	1,0	21,4	22,3	0,9
Iraí	18,4	18,8	0,4	20,3	21,8	1,5	22,3	23,6	1,3	24,3	25,3	1,0
Passo Fundo	16,5	15,7	-0,8	18,1	18,7	0,6	20,2	20,7	0,5	22,0	22,5	0,5
Pelotas	15,1	15,4	0,3	17,2	18,2	1,0	19,2	20,3	1,1	21,8	22,4	0,6
Porto Alegre	15,6	15,4	-0,2	17,8	18,2	0,4	19,8	20,3	0,5	22,3	22,4	0,1
Rio Grande	15,6	15,4	-0,2	17,8	18,2	0,4	19,8	20,3	0,5	22,3	22,4	0,1
Santa Maria	17,0	16,8	-0,2	19,1	19,9	0,8	21,4	22,1	0,7	23,6	24,3	0,7
Santa Vitória do Palmar	14,2	13,9	-0,3	16,4	16,6	0,2	18,6	19,0	0,4	21,2	21,2	0,0
São Luiz Gonzaga	18,3	18,3	0,0	20,1	21,5	1,4	22,5	23,6	1,1	24,6	25,8	1,2
Uruguaiana	17,2	16,8	-0,4	19,7	20,0	0,3	22,5	22,3	-0,2	24,9	24,8	-0,1
Estado	16,0	15,8	-0,2	18,0	18,7	0,7	20,1	20,8	0,7	22,4	22,8	0,4
Estações meteorológicas	Ano											
	1950-1979	1980-2009	diferença*									
	18,6	18,5	-0,1									
Bom Jesus	15,6	15,7	0,1									
Caxias do Sul	17,2	17,6	0,4									
Cruz Alta	19,0	19,3	0,3									
Encruzilhada do Sul	17,6	18,2	0,6									
Iraí	20,3	21,3	1,0									
Passo Fundo	18,3	18,5	0,2									
Pelotas	17,9	18,6	0,7									
Porto Alegre	18,6	18,7	0,1									
Rio Grande	18,6	18,7	0,1									
Santa Maria	19,5	19,9	0,4									
Santa Vitória do Palmar	17,3	17,4	0,1									
São Luiz Gonzaga	20,4	21,3	0,9									
Uruguaiana	20,2	19,9	-0,3									
Estado	18,5	18,8	0,3									

* entre os períodos 1980-2009 e 1950-1979.

5 CONCLUSÕES

Tendências climáticas observadas em escala global e regional e outras até então não estudadas foram constatadas no Rio Grande do Sul, nos últimos sessenta anos (1950-2009).

Em relação à temperatura do ar, a temperatura mínima foi, destacadamente, a que apresentou maior tendência de aumento e maior consistência espacial.

O aumento da temperatura média do ar foi devido à forte tendência de aumento da temperatura mínima do ar.

A precipitação pluvial apresentou forte tendência de aumento no ano, no outono e na primavera.

A insolação apresentou forte tendência de redução no ano e nas quatro estações. Por conseqüência, as variáveis dela derivadas (radiação solar global e saldo de radiação) apresentaram a mesma tendência.

A evapotranspiração de referência apresentou forte tendência de redução no ano e nas quatro estações, com exceção do outono, em que a tendência de redução foi fraca.

A evapotranspiração real apresentou fraca tendência: de aumento no ano e nas estações mais quentes; e de redução nas estações do ano mais frias.

O déficit hídrico apresentou tendência de redução, no ano e nas quatro estações, especialmente, na primavera.

O índice hídrico apresentou tendência de aumento no ano e nas quatro estações, especialmente na primavera, em que a maior disponibilidade hídrica é muito importante.

O excesso hídrico apresentou tendência de aumento no ano e nas quatro estações.

A coerência espacial da distribuição dos sinais das tendências climáticas das variáveis, principalmente, das originais, indica que fenômeno de grande escala seja a causa dessas tendências.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; TANK, A. M. K.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F. TAGIPOUR, A.; KUMAR, K. R.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; I, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 111, 2006. D05109, DOI: 10.1029/2005 JD006290.

ALTHAUS, D.; BERLATO, M. A. Tendência observada das temperaturas máximas e mínimas e da amplitude térmica do Estado do Rio Grande do Sul, período 1936 - 2000. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2007, Porto Alegre, **Anais...**Porto Alegre, 2007. CD-ROM.

ÁVILA, A. M. H. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. 1994. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica da UFRGS**. Porto Alegre : Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1990. 60 p.

BERLATO, M. A. **Modelo de Relação entre o Rendimento de Grãos da Soja e o Déficit Hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos: INPE/MCT, 1987. 93 f. Tese (Doutorado - Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.

BERLATO, M. A.; ALTHAUS, D. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, no prelo, 2010.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Variabilidade Climática e Agricultura do Rio Grande do Sul. In: **As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevisibilidade?**. Esteio : FEDERACITE, 2005. p. 43-58.

BERLATO, M. A.; FONTANA D. C. **El Niño e La Nina: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2003. 110 p.

BERLATO, M. A.; MARTINS, E. J.; CORDEIRO, A. P. A.; ODERICH, E. H. Tendência observada da precipitação pluvial anual e estacional do Estado do Rio Grande do Sul e relação com a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Campinas: SBA, 2007. CD-ROM.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. O parâmetro " α " da equação de Priestley e Taylor para estimativa da evapotranspiração da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5., 1987, Belém. **Anais...** Belém: SBA, 1987. p. 178-9.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. 95 p. (Boletim Técnico, 7).

BURMAN, R.; POCHOP, L. O. **Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data**. New York : Elsevier, 1994. Cap. 8: Comparisons and example calculations. p. 191-213.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A. Freqüência da temperatura mínima do ar associada a eventos El Niño, La Niña e neutros no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBA, 2009. CD-ROM.

CUNHA, G. R. Balanço Hídrico Climático. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre : Editora da UFRGS, 1999. Cap. 5. p. 63-84.

CUNHA, G. R. Determinação da evapotranspiração. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre : Editora da UFRGS, 1999. Cap. 4. p. 48-62.

CUNHA, G. R.; FERNANDES, J. M. C.; PIRES, J. L. F.; DEL PONTE, E.; PASINATO, A. Construindo a nossa capacidade para lidar com as mudanças climáticas globais e seus possíveis impactos em agricultura e alimentação. **Informativo Fundação Pró-sementes & Apassul**, Passo Fundo, n. 11, p. 3-4. 2004.

CUSTÓDIO, M, de S. **Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul**: climatologia e monitoramento por satélite. 2007. 144f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CUSTÓDIO, M. de S.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Insolação no Rio Grande do Sul: Climatologia e tendência temporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Campinas: SBA, 2007. CD-ROM.

CUSTÓDIO, M. de S.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul, Brasil: Climatologia e tendência temporal. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 15, n.1, p. 45-52, 2009.

DOYLE, M. E.; BARROS, V. B. Precipitation Trends in Southeastern South America: Relationship with ENSO Phases. In: ICSHMO, 8., Foz do Iguaçu, Brazil, 2006. **Proceedings...** São José dos Campos, 2006. p. 1513-1517.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 135-145, 2002.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

FONTANA, D. C.; OLIVEIRA, D. Relação entre radiação solar global e insolação para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 87-91, 1996.

FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, G.; HAYLOCK, M.; KLEIN TANK, A. M. G.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the century. **Climate Research**, Roskilde, v. 19, p. 193-212, 2002.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T.; ABREU DE SOUSA, J. R.; ALVES, L.M., AMBRIZZI, T.; BAEZ, J.; BARBOSA DE BRITO, J. I., BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GRIMM, A. M.; DOS SANTOS, R. J.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M.B.; MEIRA, P. R.; MIRANDA, G. C.; MOLION, L.; MUNCUNIL, D. F.; NECHET, D.; ONTANEDA, G.; QUINTANA, J.; RAMIREZ, E.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; VARILLAS, I. T.; VILLANUEVA, J. G.; VINCENT, L.; YUMICO, M. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, Boston, v. 19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.

IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007**: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acesso em: Março de 2008.

KÖPPEN, W. **Climatología**. México, DF : Fondo de Cultura Económica, 1948. 71 p.

LEIVAS, J. F. **Climatologia das condições hídricas e análise de risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul**. 2003. 225f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 409-24, 1977.

LOPES, F.; BERLATO, M. A. Impactos do El Niño/La Niña nas temperaturas médias mínimas e médias máximas no Estado do Rio Grande do Sul. In: SALÃO

DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12.; 2000, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre**, 2000. CD-ROM.

LOPES, F.; BERLATO, M.A. Relações entre a temperatura da superfície do mar da região do Nino 3.4 e a temperatura média mínima do estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...Santa Maria**: SBA, 2003.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, Malden, v. 28, n. 7, p. 893-904, 2008.

MARTINS, E. J.; BERLATO, M. A. Tendência das temperaturas máximas e mínimas do Estado do Rio Grande do Sul. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2006, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre**, 2006. CD-ROM.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. *et al.* **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 105p. (Boletim FEPAGRO, 10).

MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. In: SYMPOSIUM OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY, 19., Swansea. The state and movement of water in living organisms. London : Cambridge University, 1964. p. 205-34.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Climate prediction center. **Cold & Warm Episodes by Season**. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: Junho de 2010.

PENMAN, H. L. Evaporation: an introductory survey. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 4, p. 9-29, 1956.

PETERSON, T. C.; FOLLAND, C.; GRUZA, G.; HOGG, W.; MOKSSIT, A.; PLUMMER, N. **Report on the Activities of the Working Group on Climate Changes Detection and Related Rapporteurs, 1998-2000**. Washington, 2001. 143 p.

PETERSON, T. C.; TAYLOR, M. A.; DEMERITTE, R.; DUNCOMBE, D. L.; BURTON, S.; THOMPSON, F.; PORTER, A.; MERCEDES, M.; VILLEGAS, E.; FILS, R. S.; TANK, A. K.; MARTIS, A.; WARNER, R.; JOYETTE, A.; MILLS, W.; ALEXANDER, L.; GLEASON, B. Recent changes in climate extremes in the Caribbean region. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 107, NO. D21, 4601, 2002.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Karachi, v. 100, p. 81-92, 1972.

PUCHALSKI, L. A. **Efeitos Associados ao El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e no déficit hídrico no Estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Centro Nacional da Pesquisa do Trigo. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1994. v. 2.

RUSTICUCCI, M.; BARRUCAND, M. Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. **Journal of Climate**, Boston, v. 17, p. 4099-4107, 2004.

SIQUEIRA, O. J. W.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M. F.; COSTA, A. C.; WOZNIAK, M. A. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 311-320, 2000.

STEINMETZ, S.; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; REISSER JÚNIOR, C. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na região de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Campinas: SBA, 2007. CD-ROM.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, Washington, v. 38, p. 55-94, 1948.

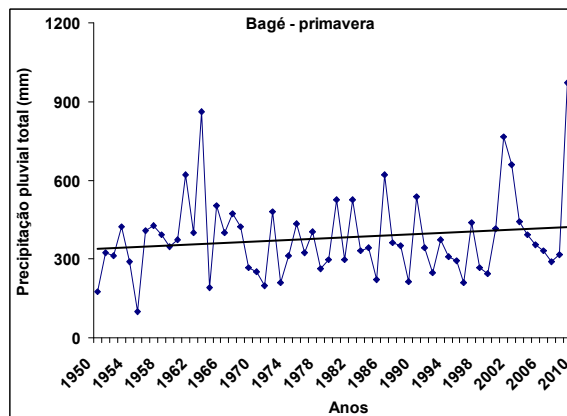
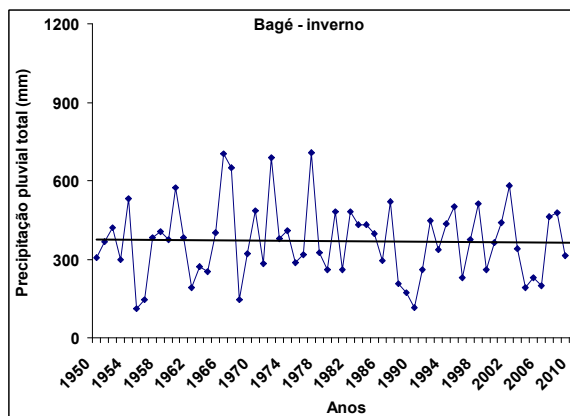
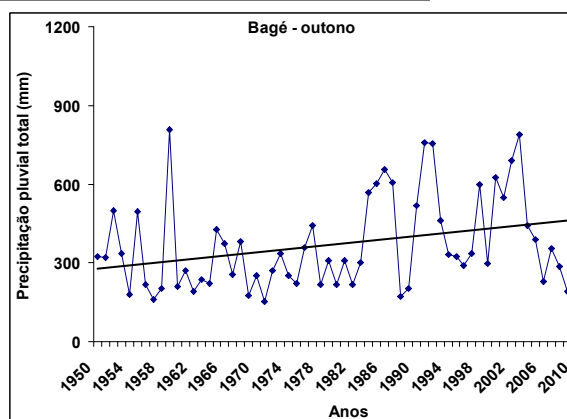
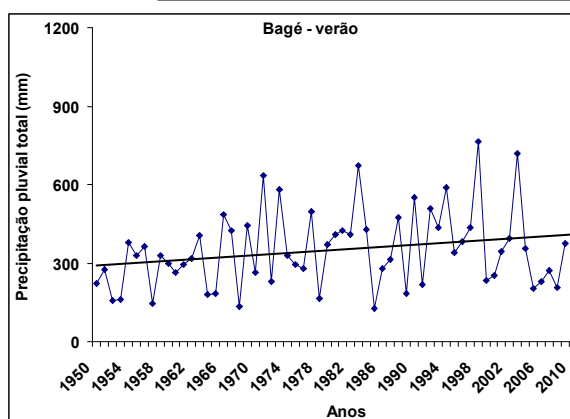
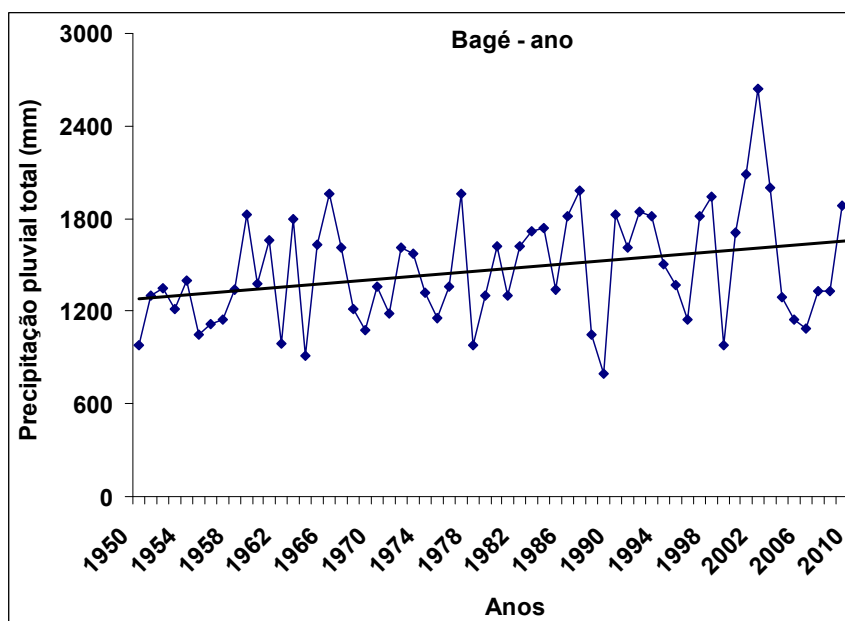
THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication of Climatology**, New Jersey, v. 8, 104p. 1955.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa : UFV, 2000. 448p.

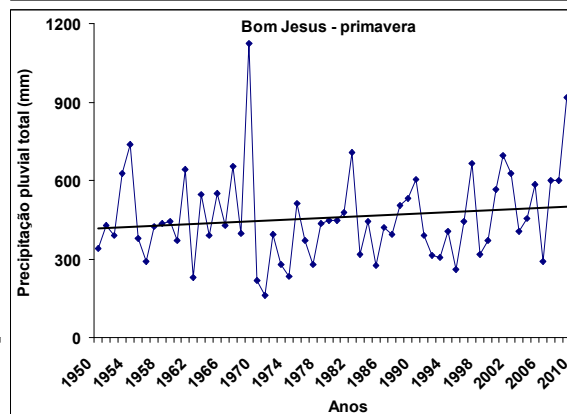
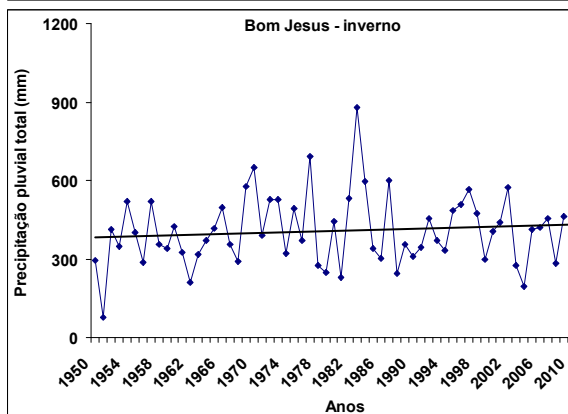
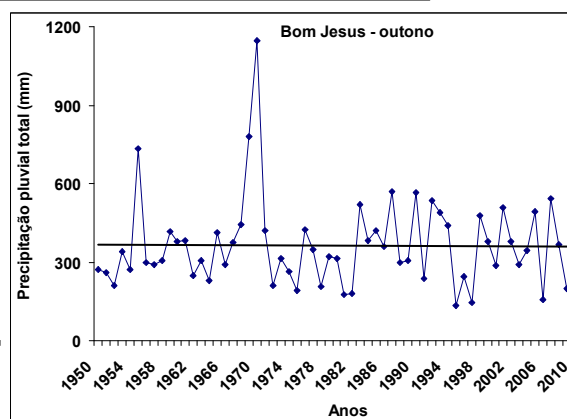
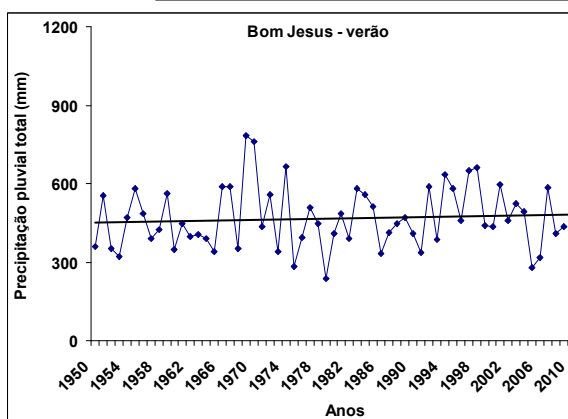
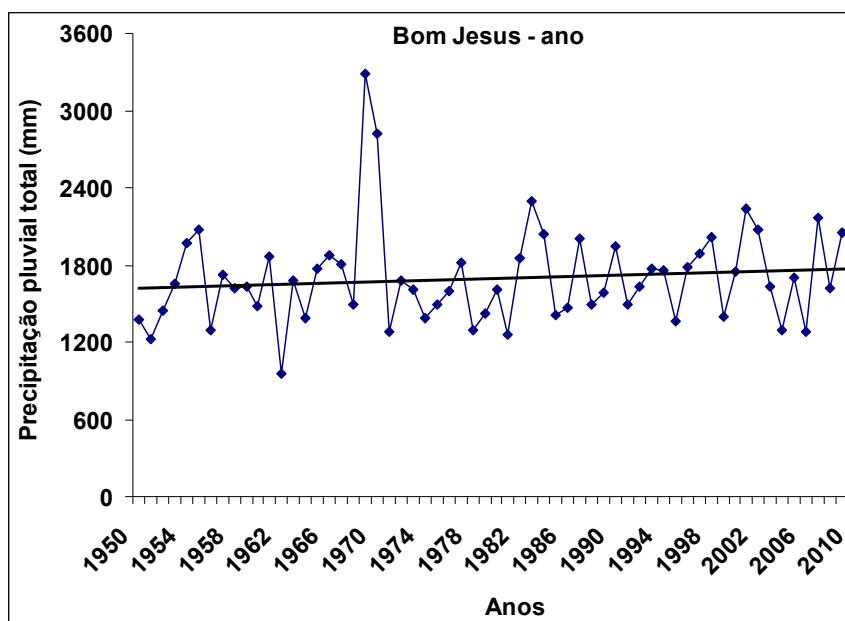
VINCENT, L. A.; PETERSON, T. C.; BARROS, V. R.; MARINO, M. B., RUSTICUCCI, M.; MIRANDA, G. C.; RAMIREZ, E.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; BARBOSA DE BRITTO, J. I.; BERLATO, M. A.; GRIMM, A. M.; DOS ANJOS, R. J.; MARENGO, J. A.; MEIRA, P. R.; MOLION, L.; MONCUNIL D. F.; NECHET, D.; REBELLO, E.; ABREU DE SOUSA, J. R.; ANUNCIÇÃO, Y. M. T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J.L.; ONTANEDA, G.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, V. J.; TREBEJO, I.; BIDGAIN, M.; CORRADI, V.; HAYLOCK, M. R.; KAROLY, D. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. **Journal of Climate**, Boston, v. 18, p. 5011- 5023, 2005.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**: an introduction. New York : Academic Press, 1995. 467 p.

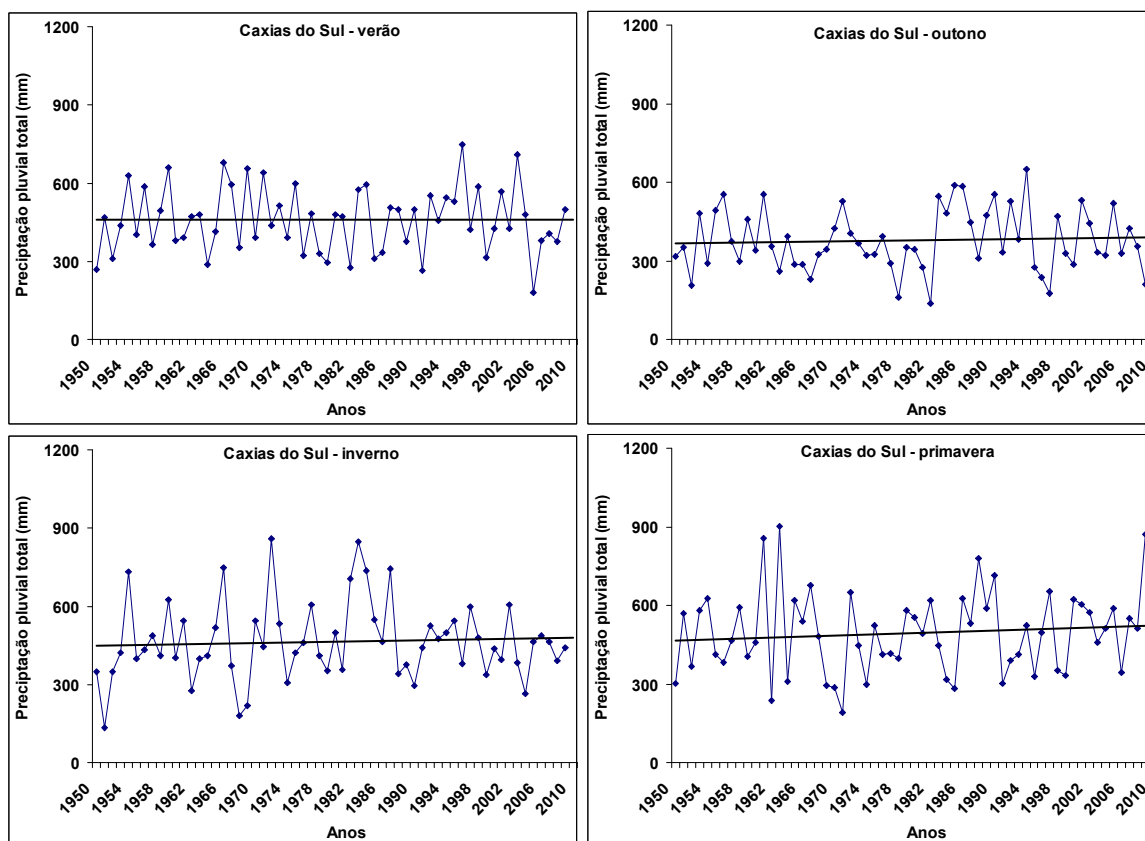
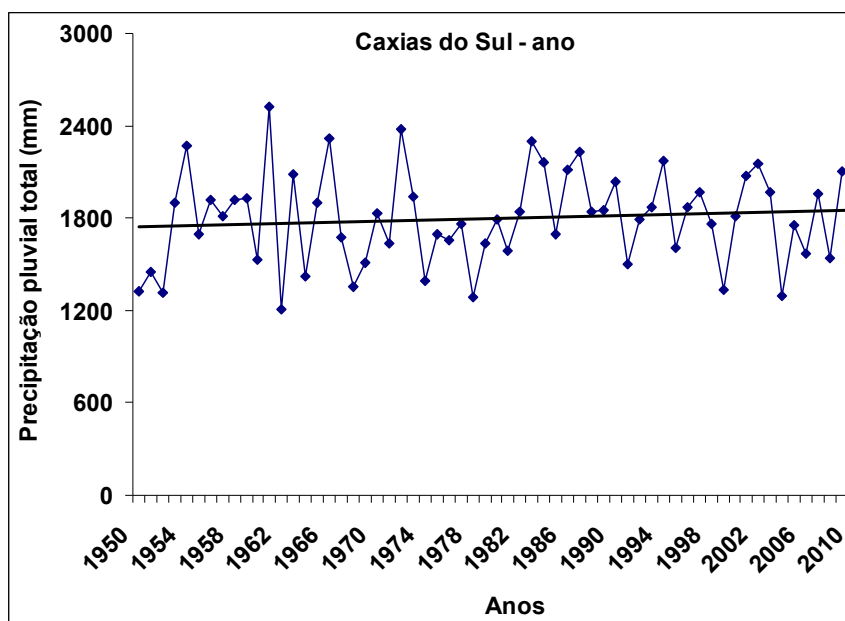
7 APÊNDICES



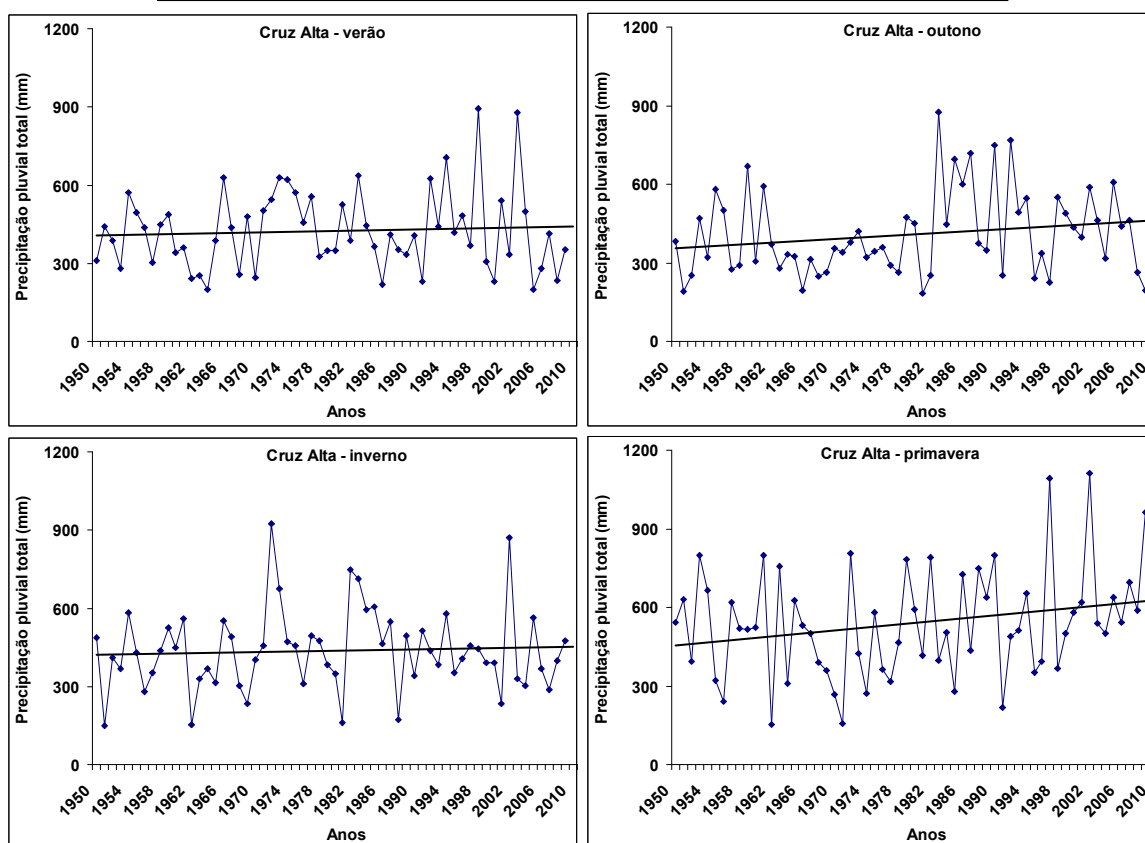
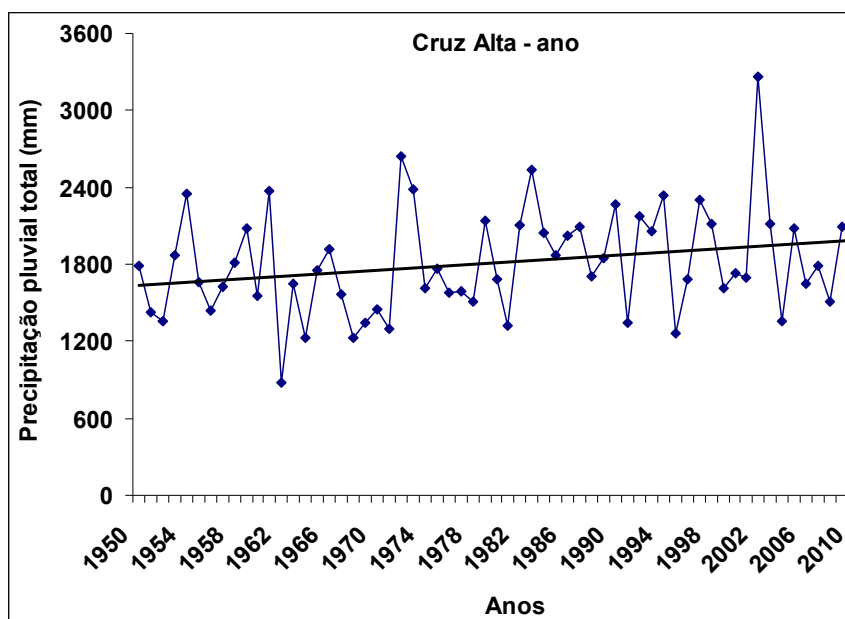
APÊNDICE 1. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



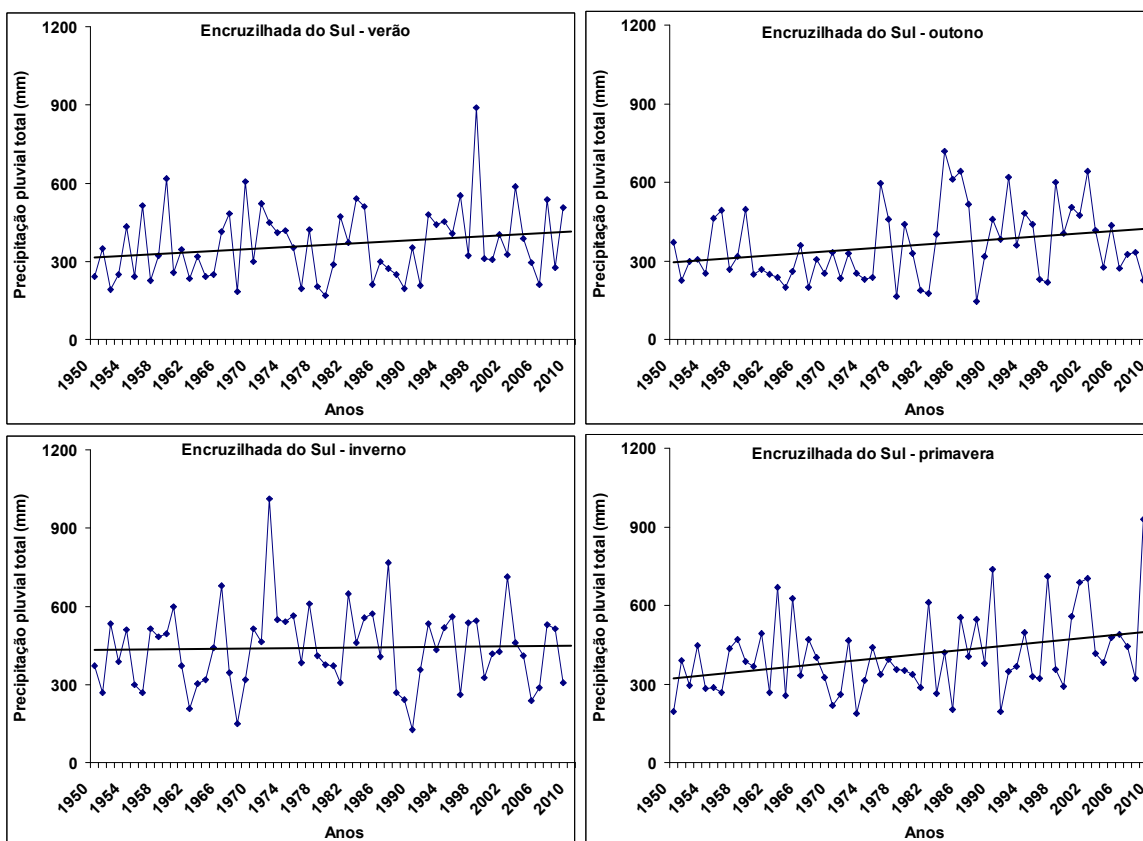
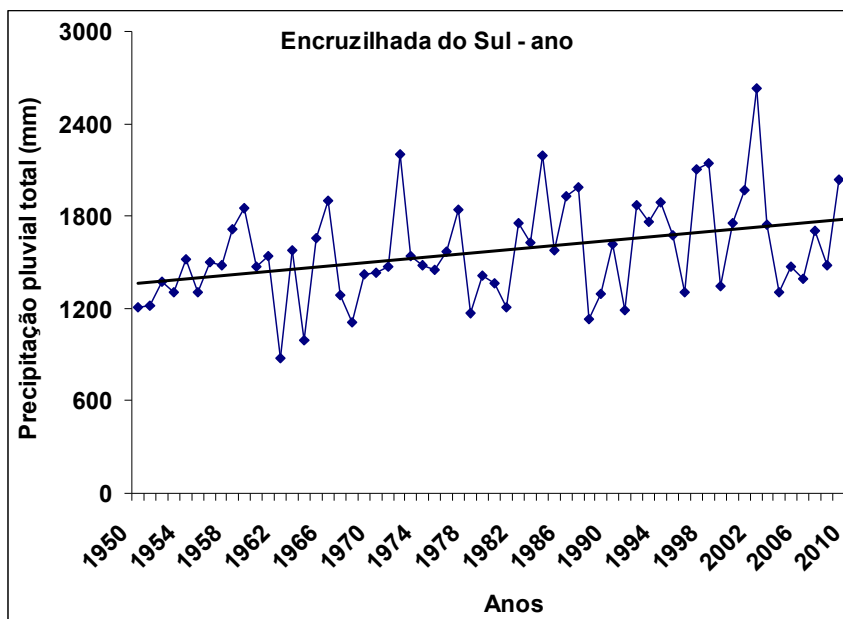
APÊNDICE 2. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



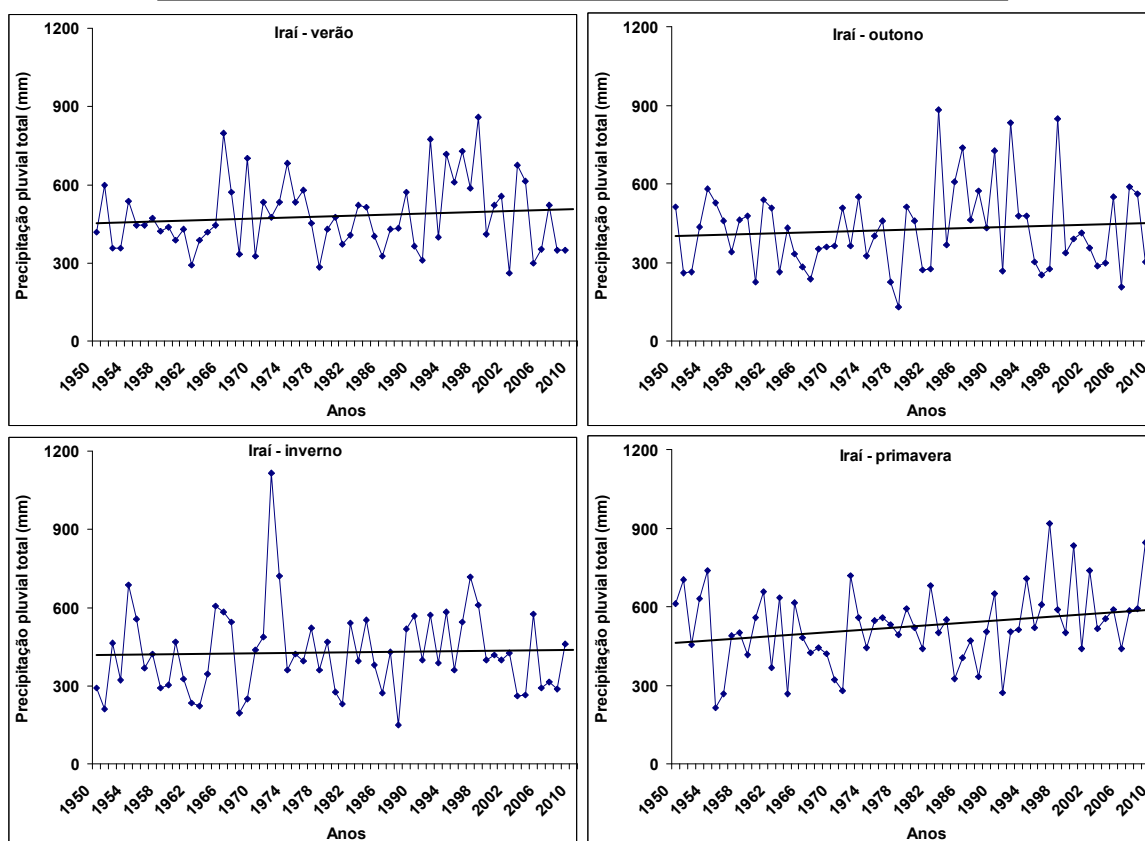
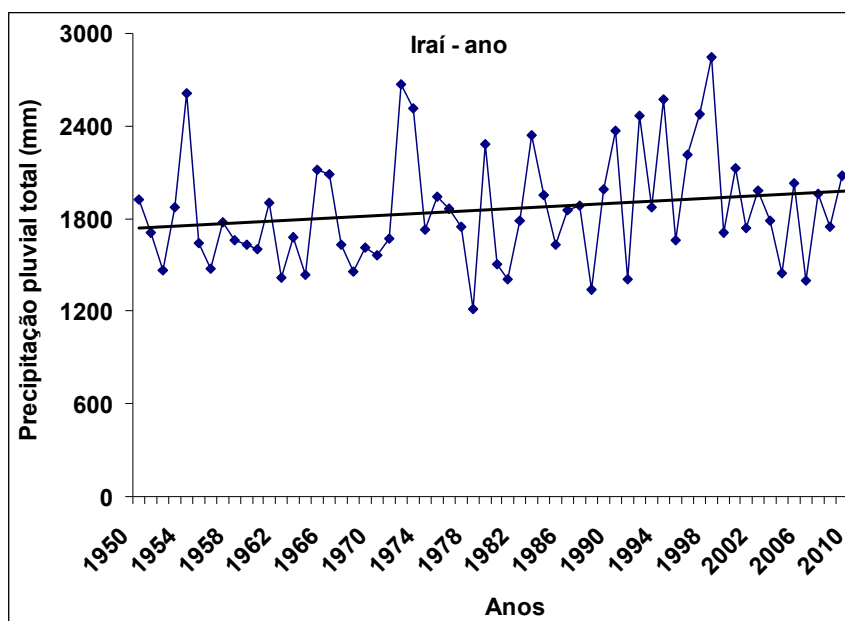
APÊNDICE 3. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



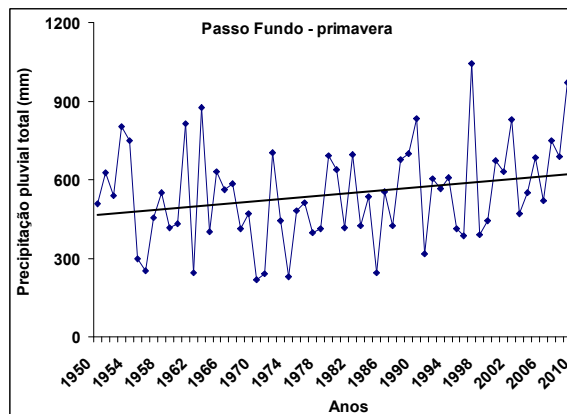
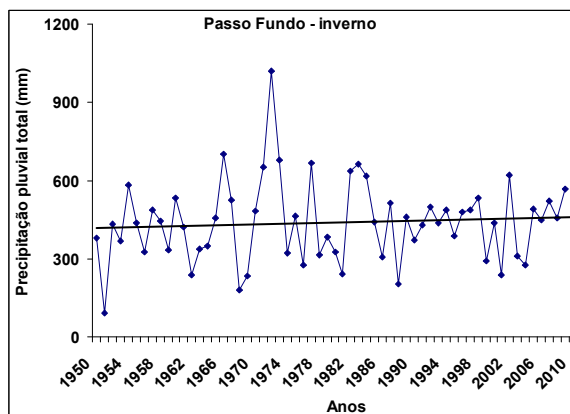
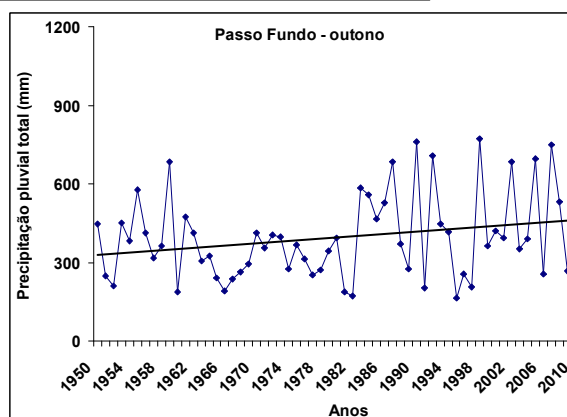
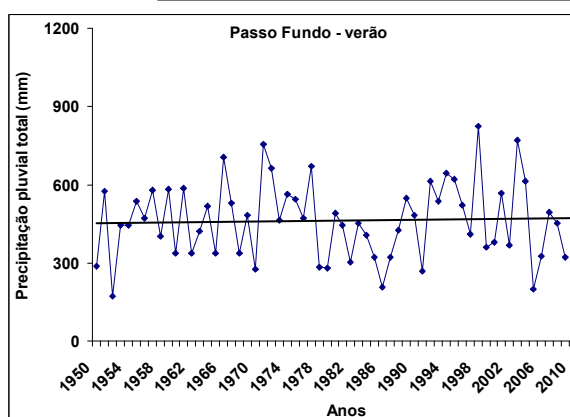
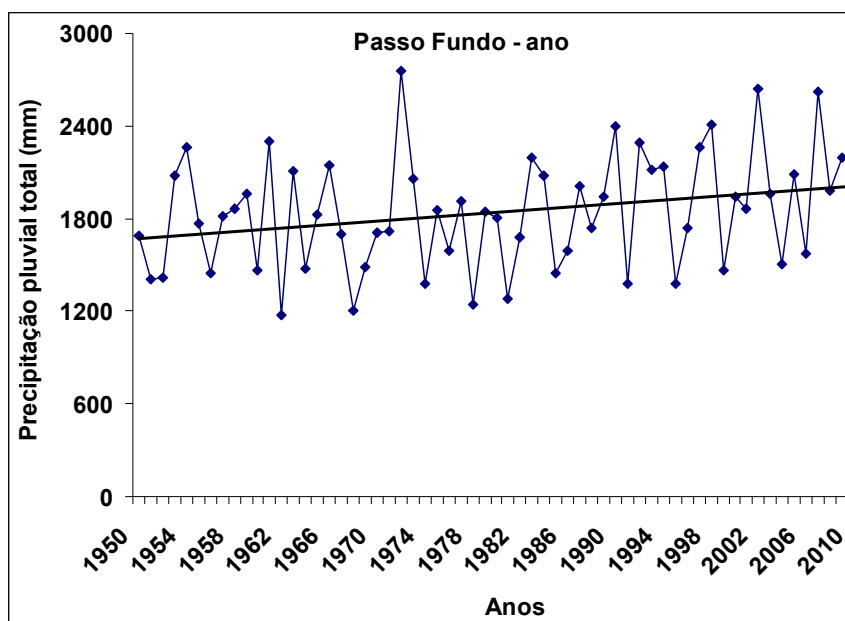
APÊNDICE 4. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



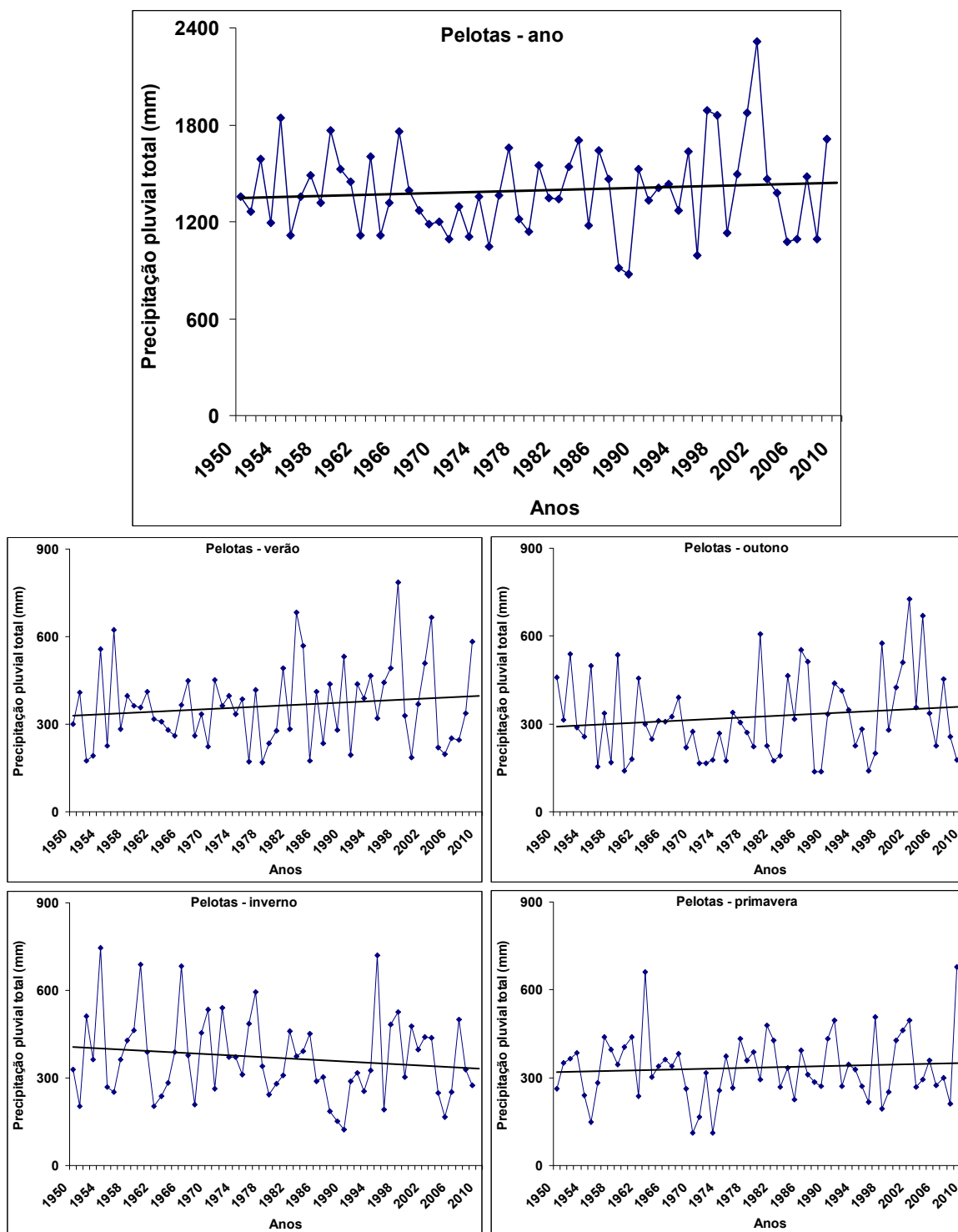
APÊNDICE 5. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



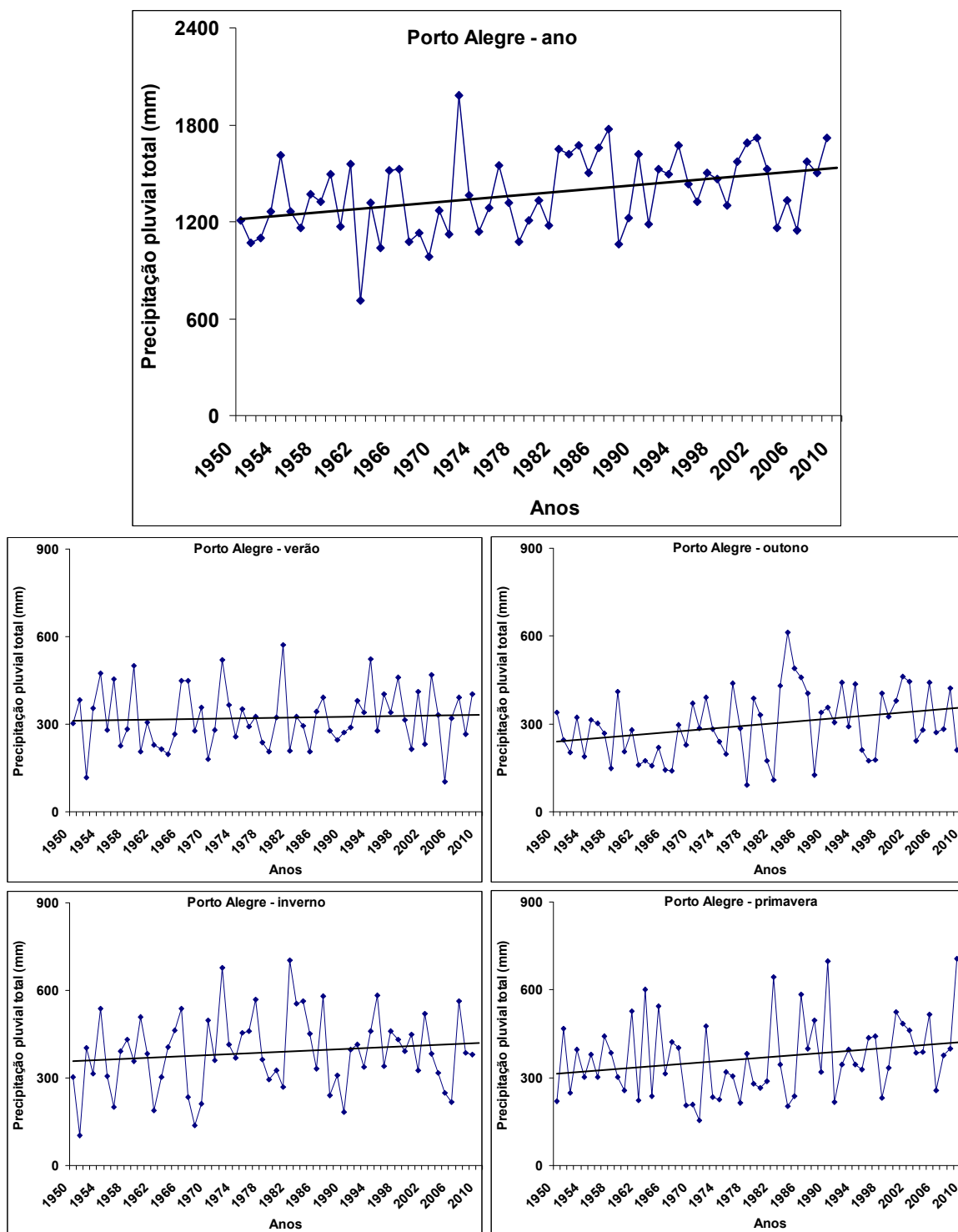
APÊNDICE 6. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



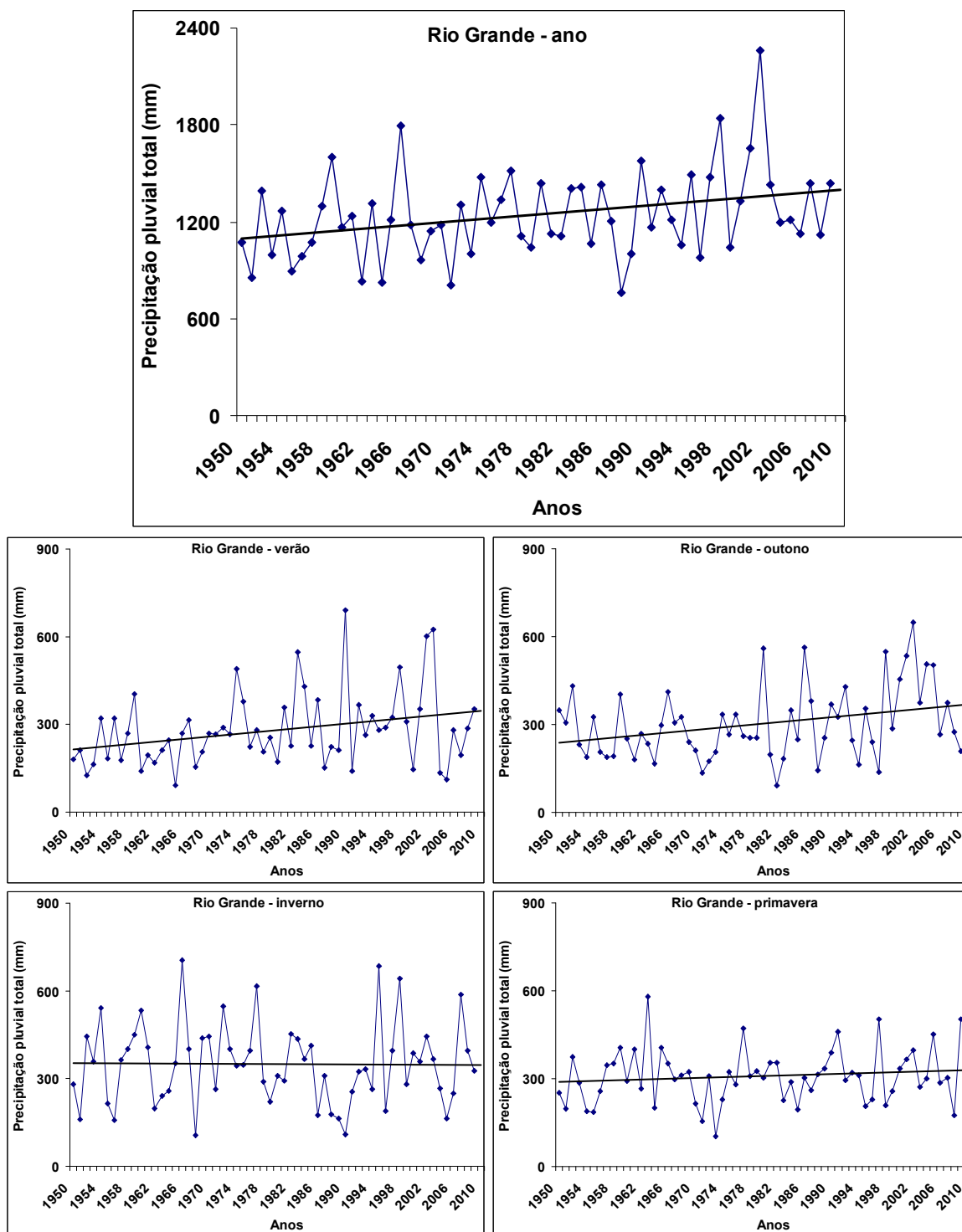
APÊNDICE 7. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



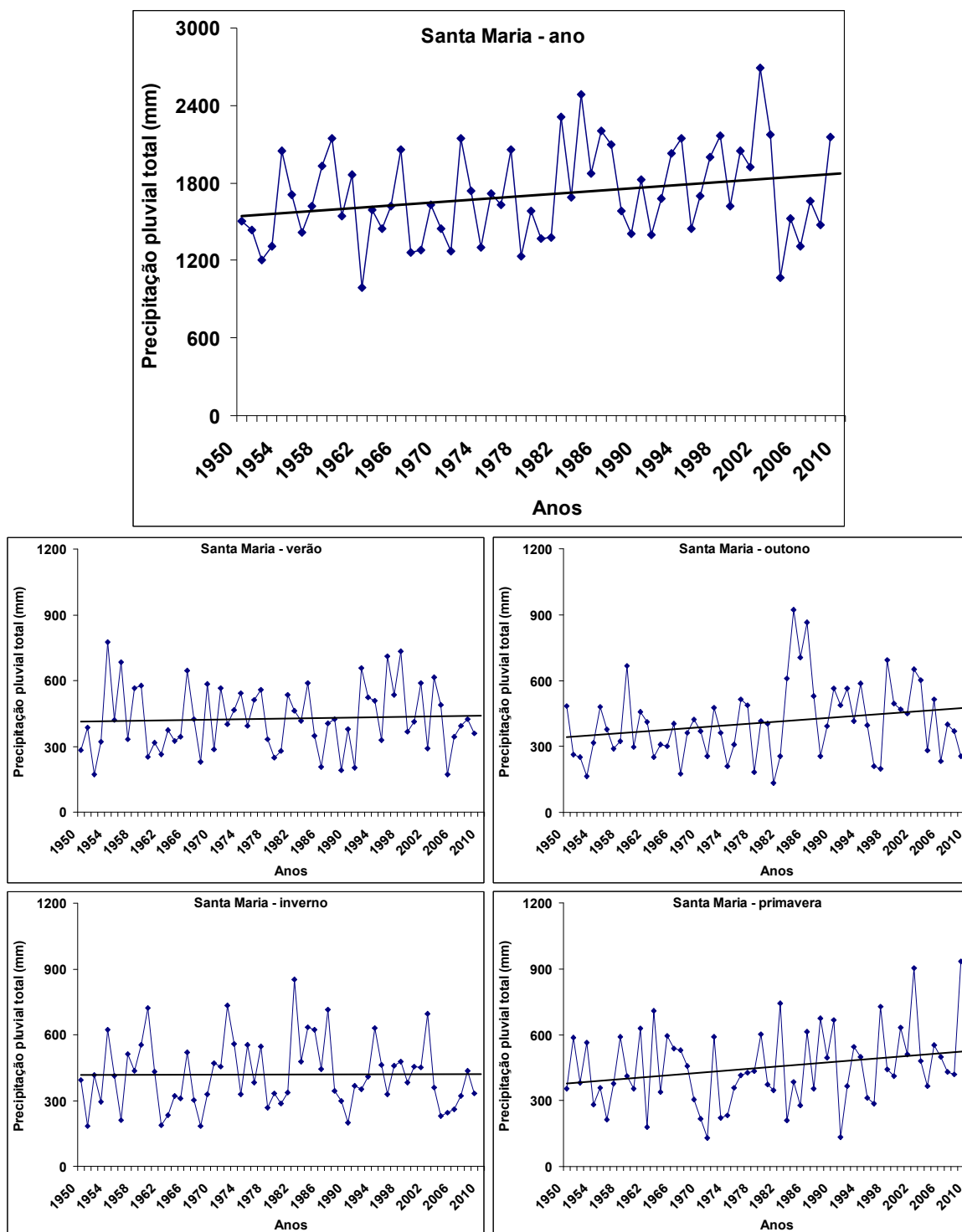
APÊNDICE 8. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



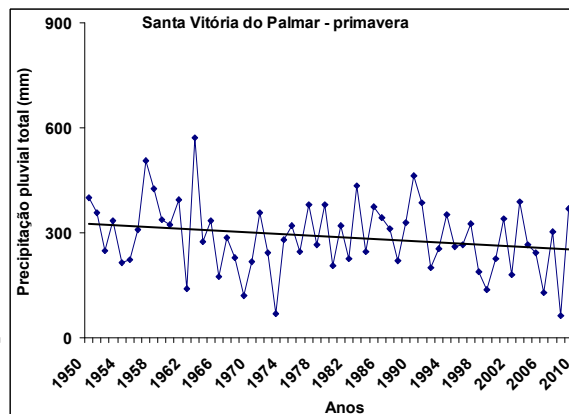
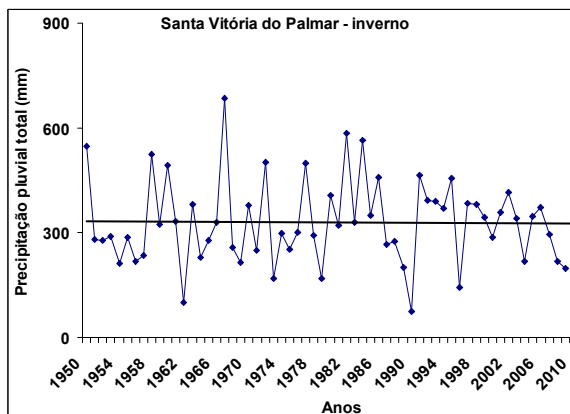
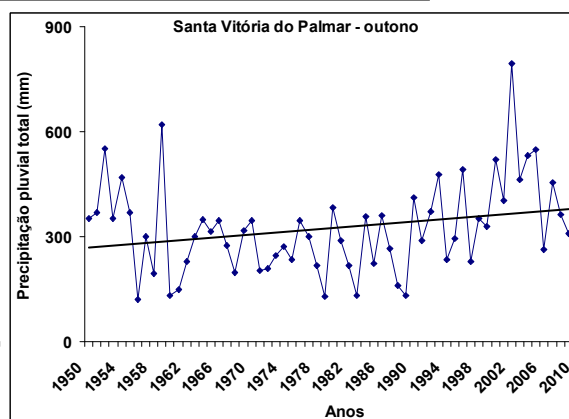
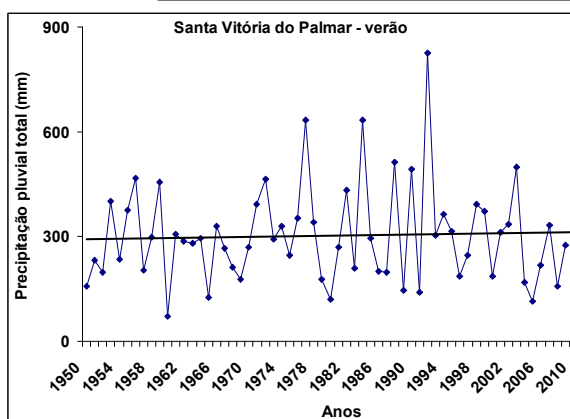
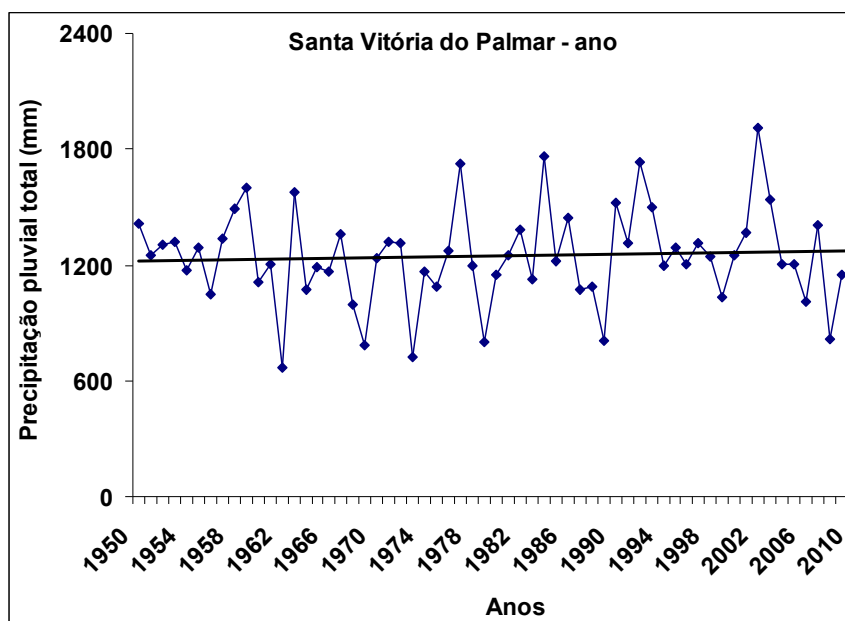
APÊNDICE 9. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



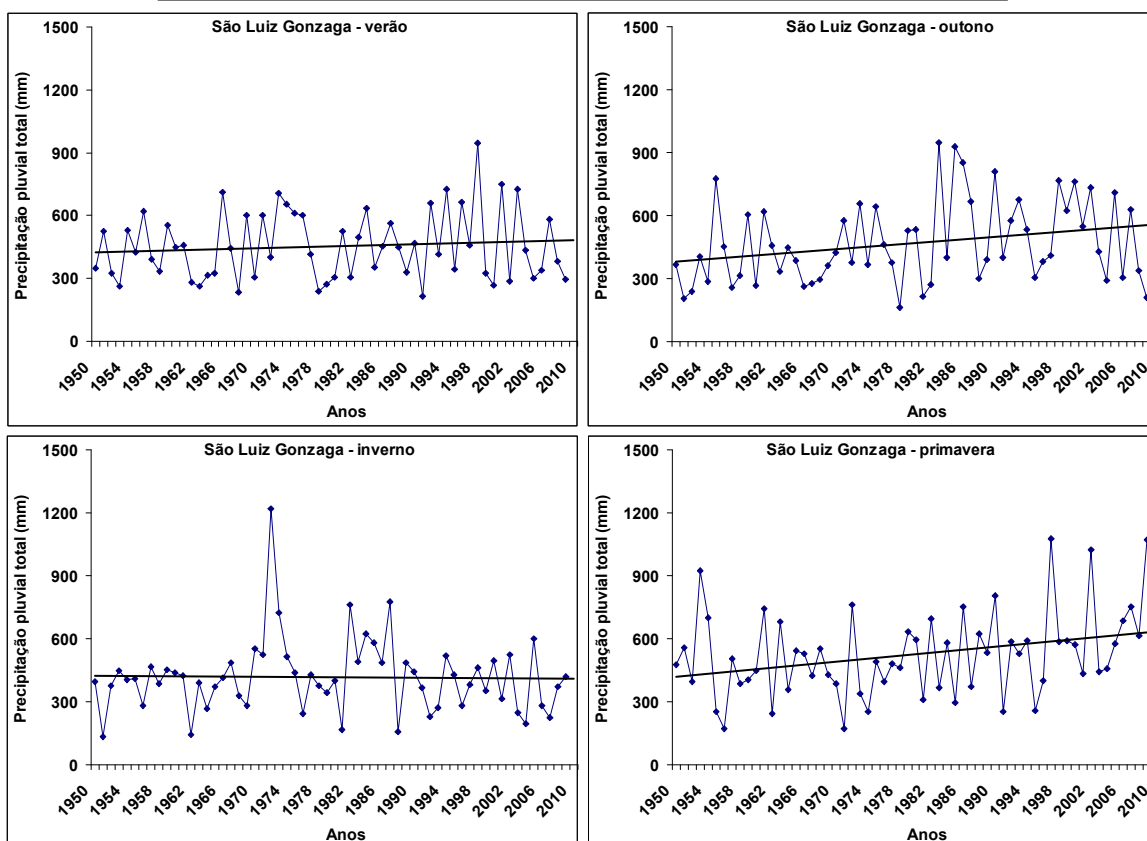
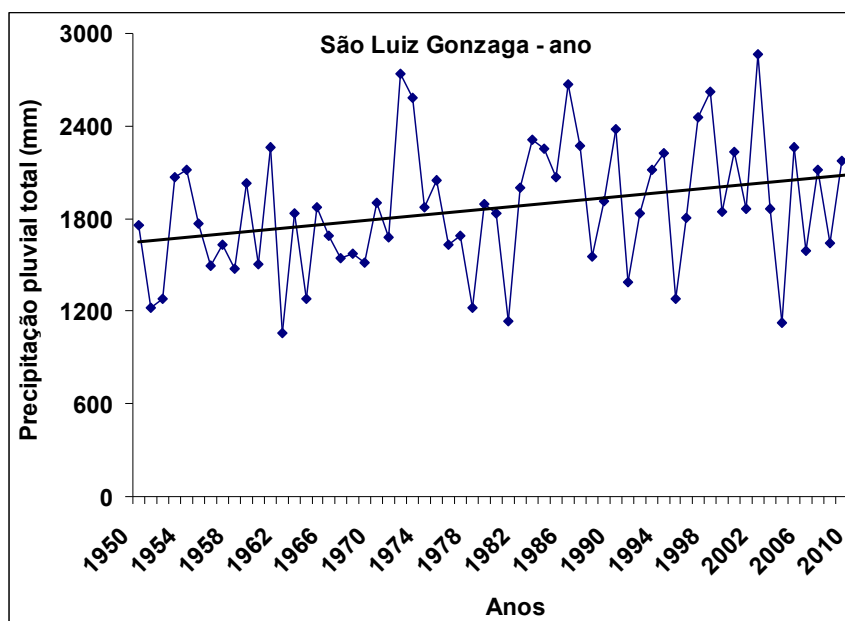
APÊNDICE 10. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



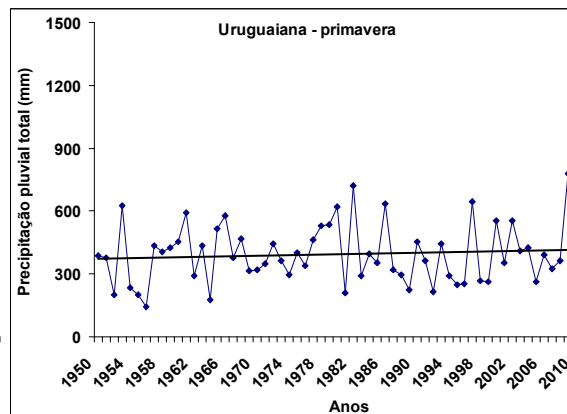
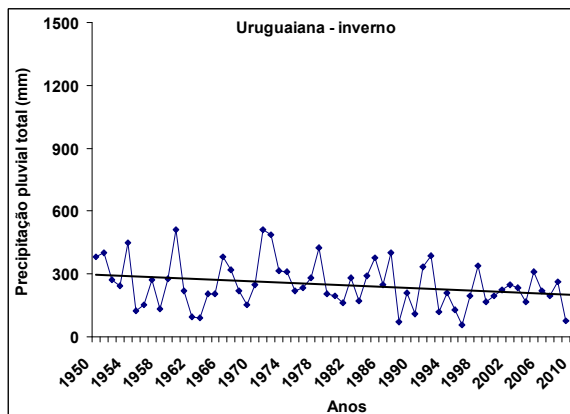
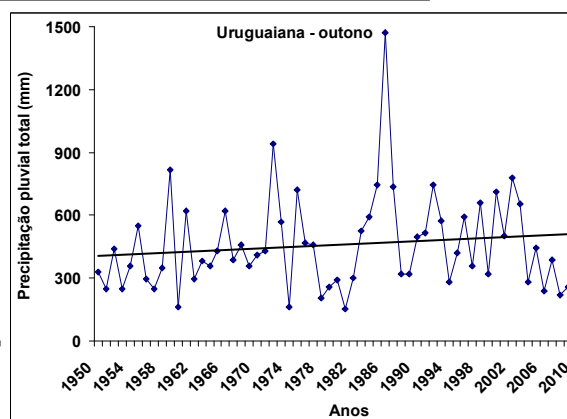
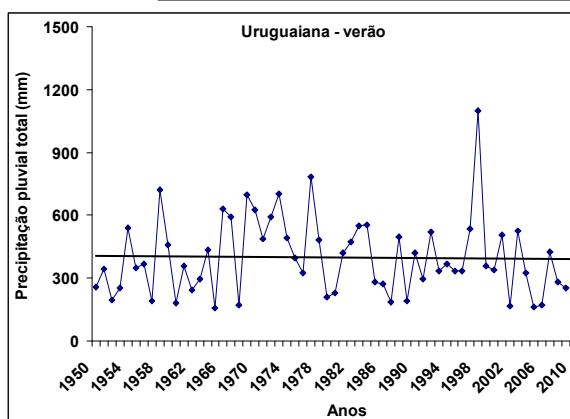
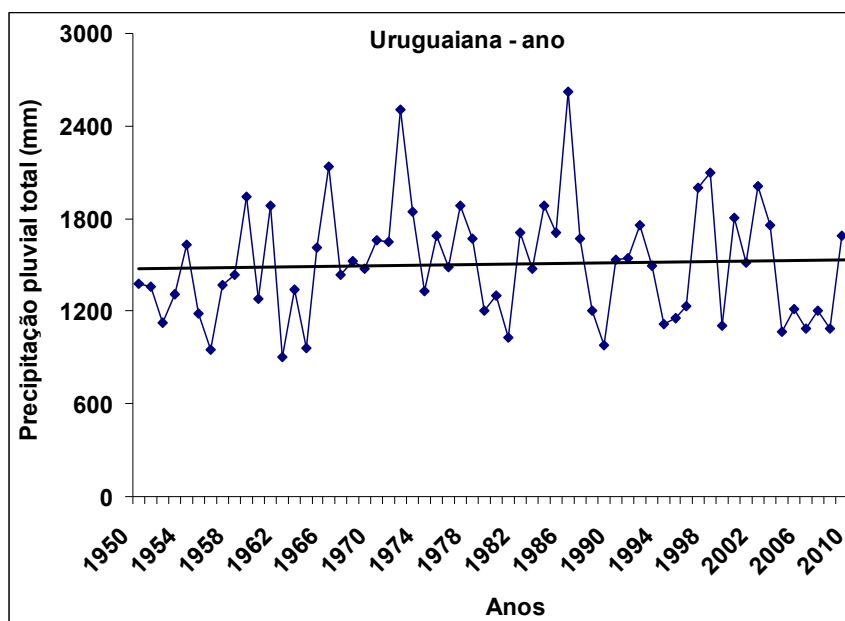
APÊNDICE 11. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



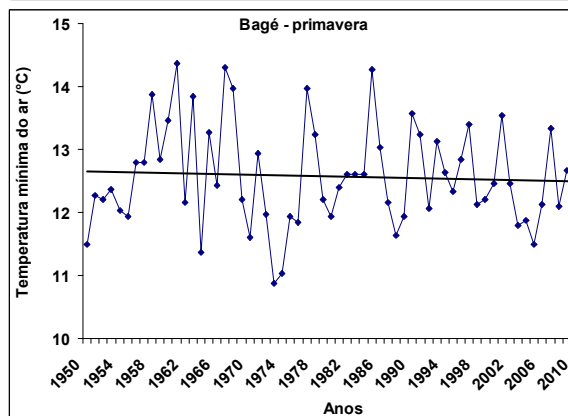
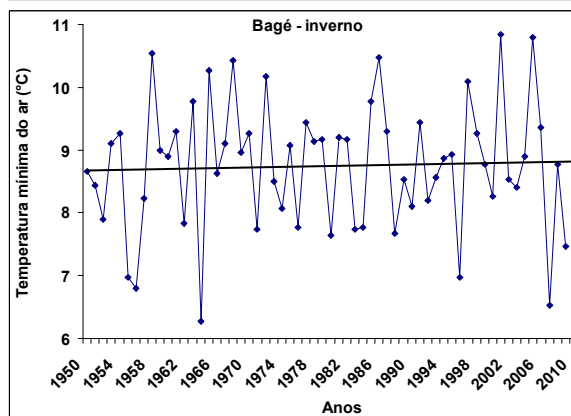
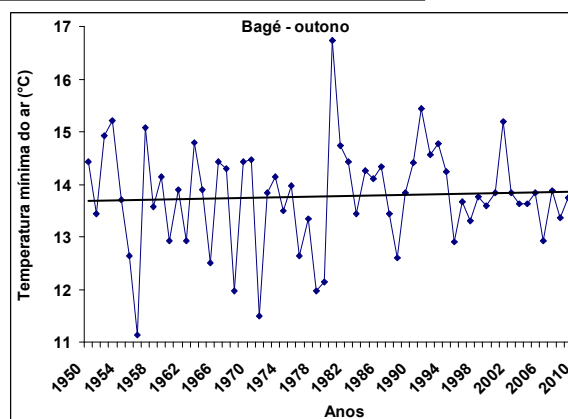
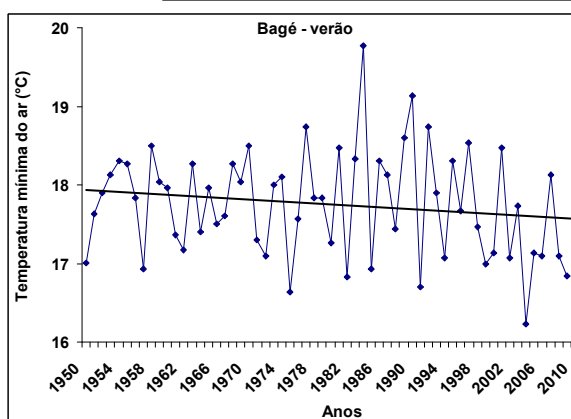
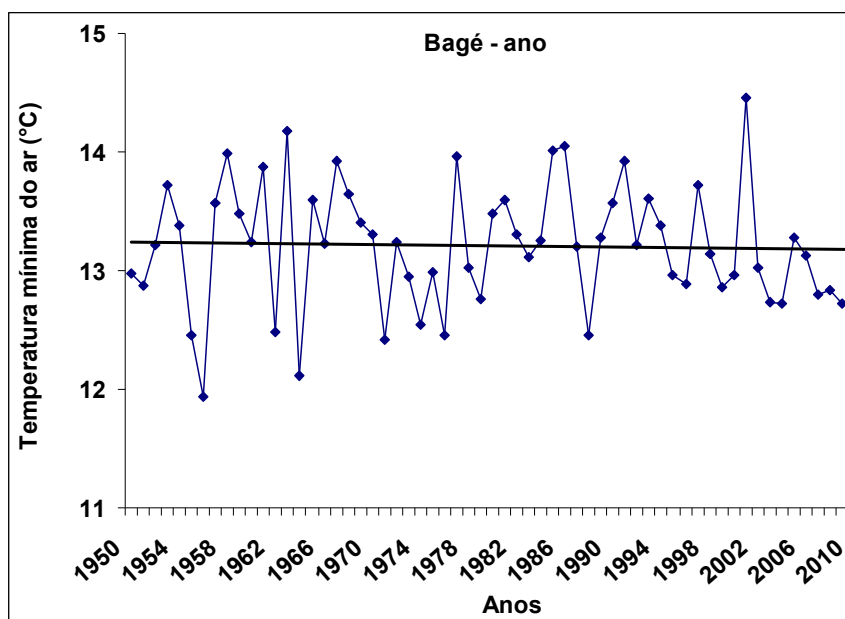
APÊNDICE 12. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



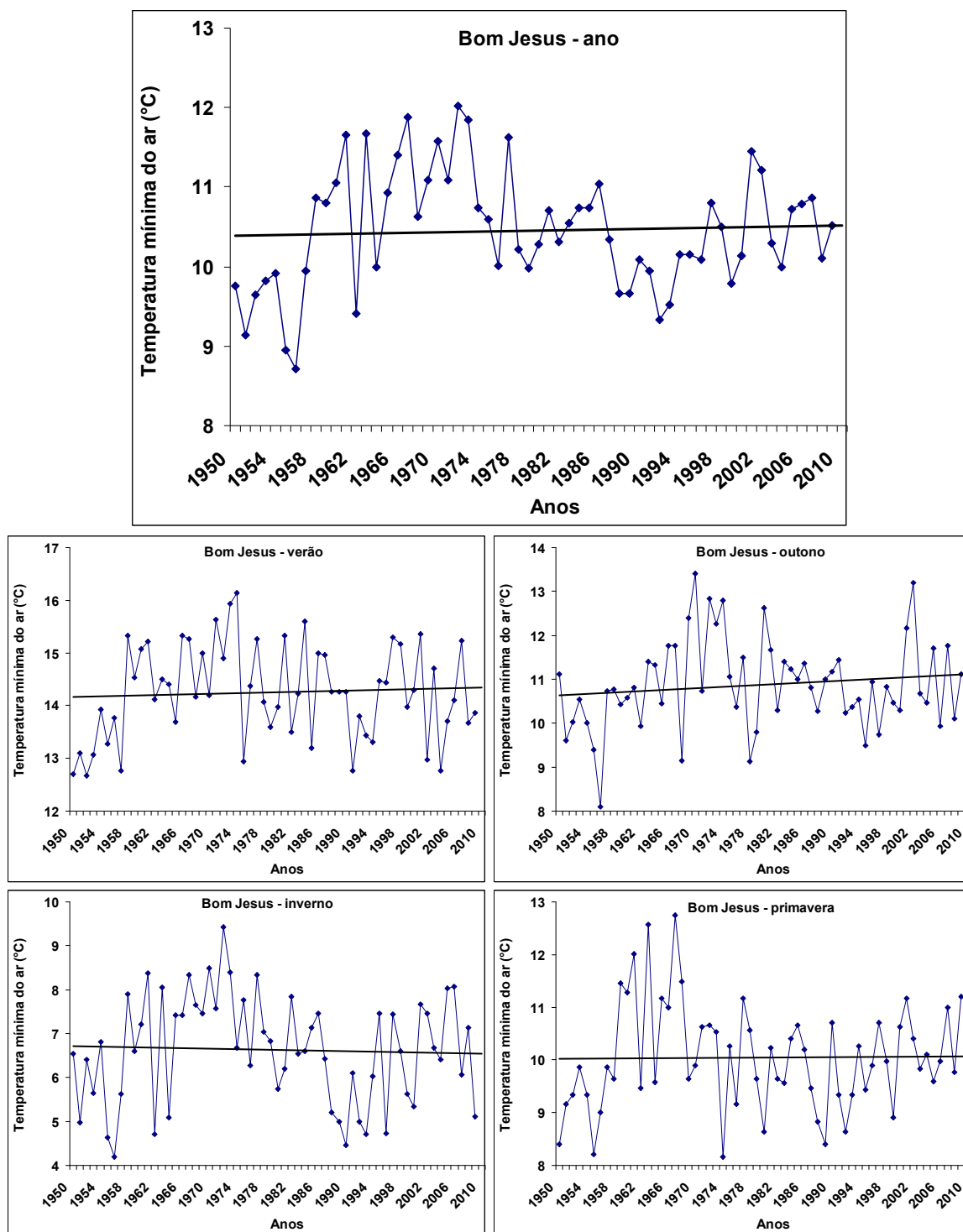
APÊNDICE 13. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



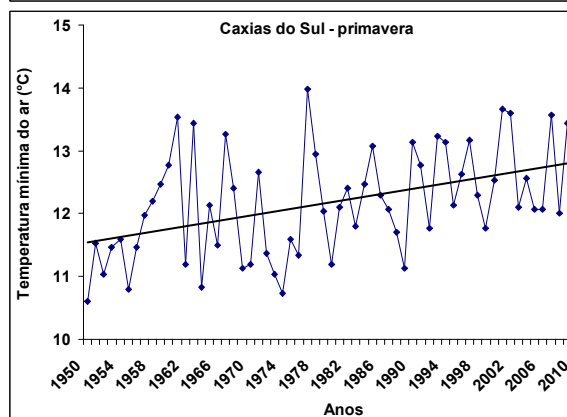
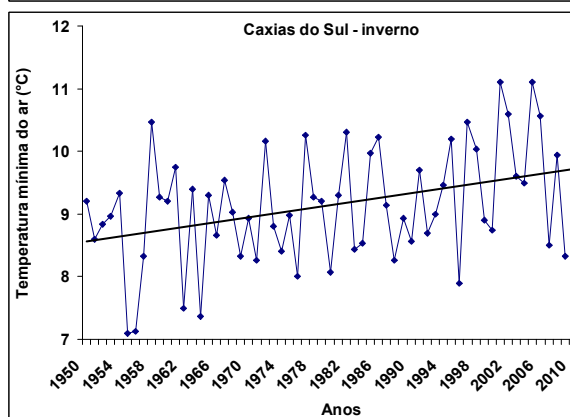
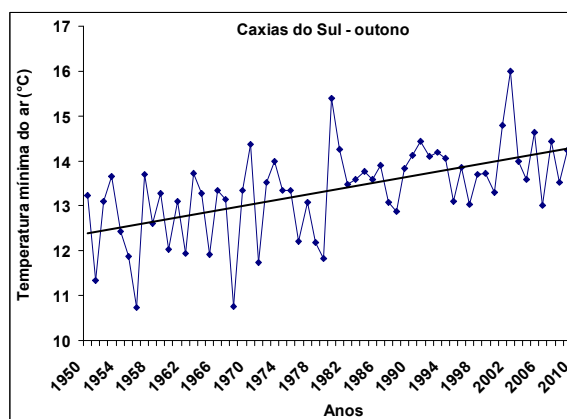
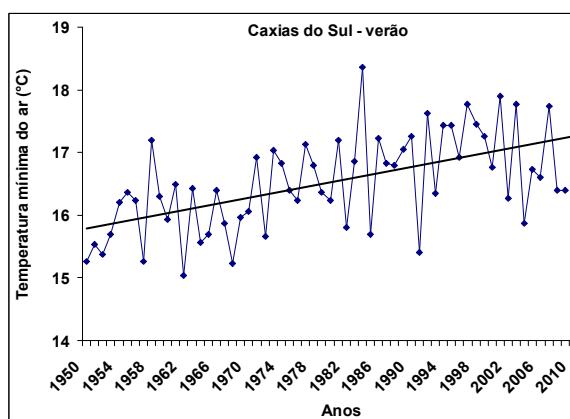
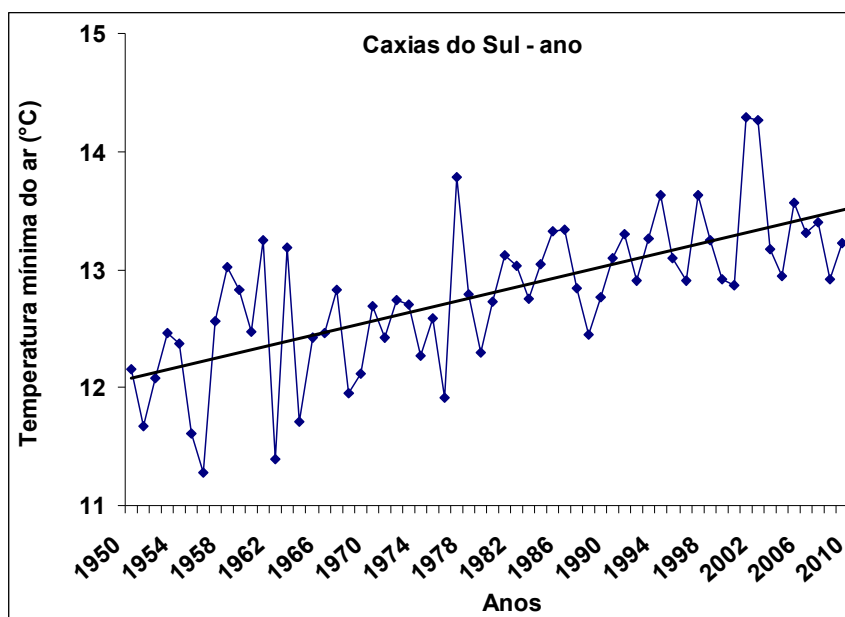
APÊNDICE 14. Tendência linear da precipitação pluviométrica anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



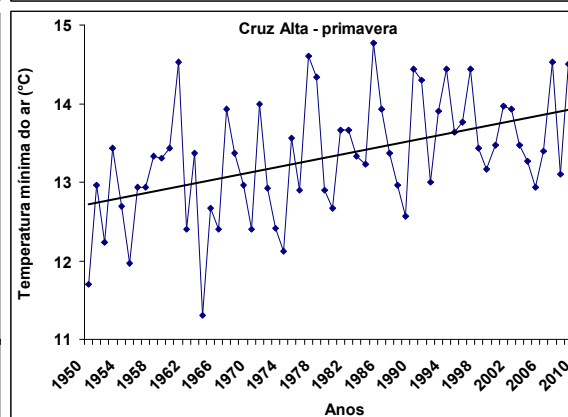
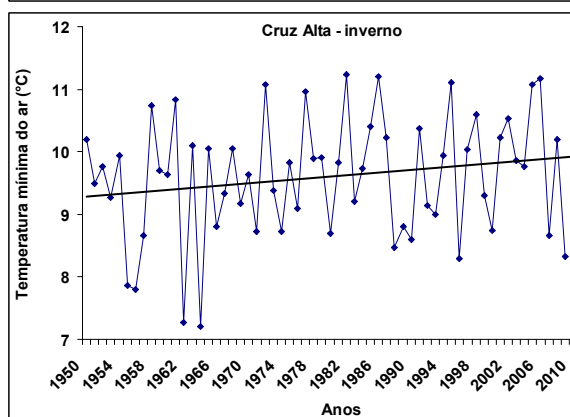
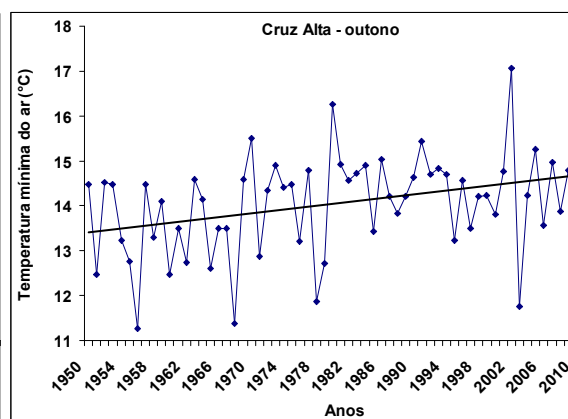
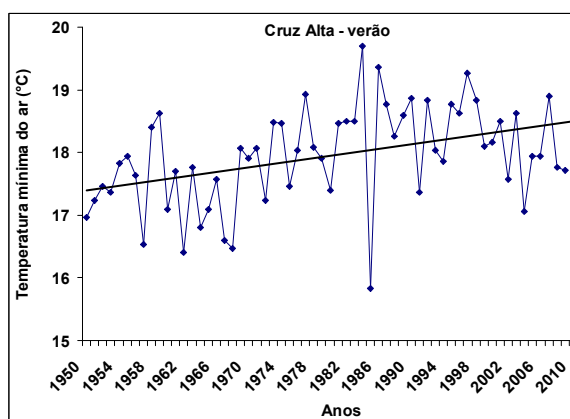
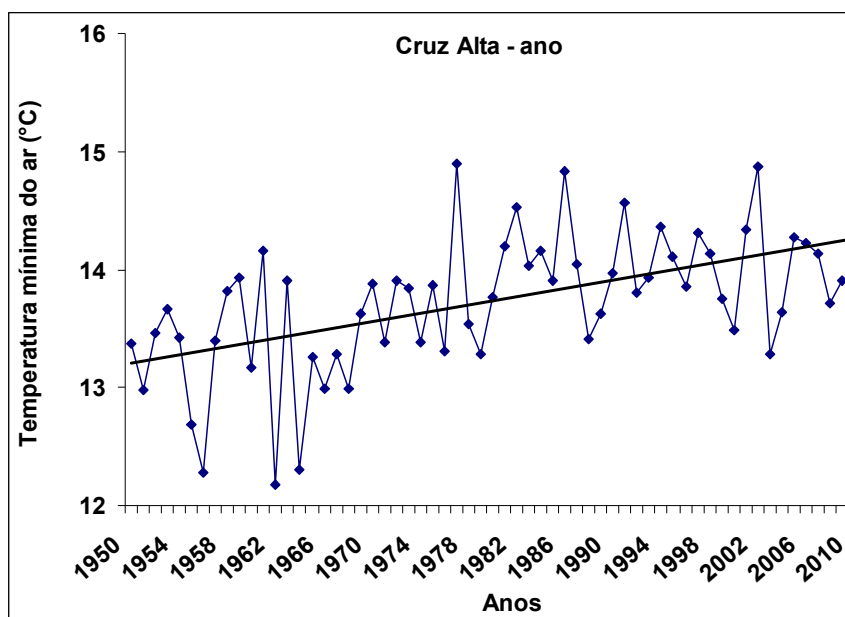
APÊNDICE 15. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



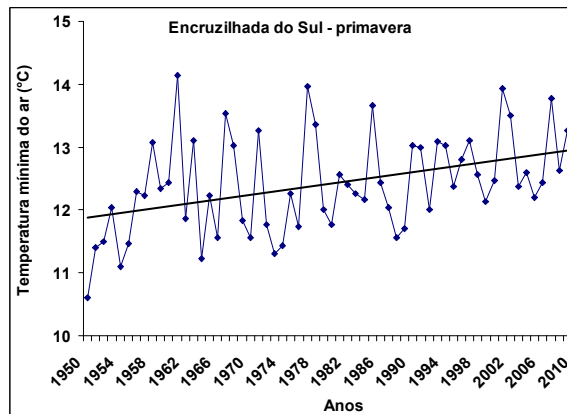
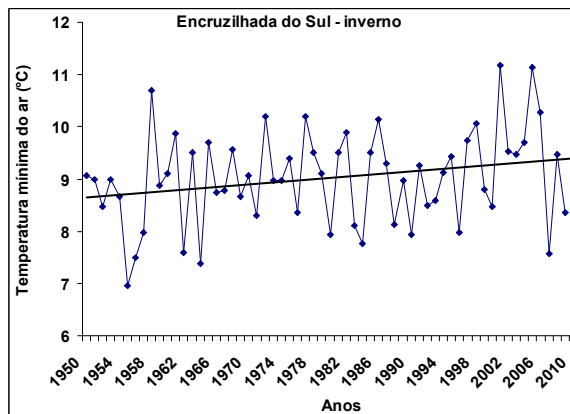
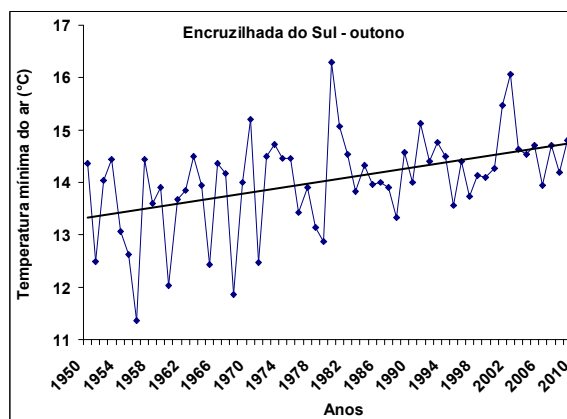
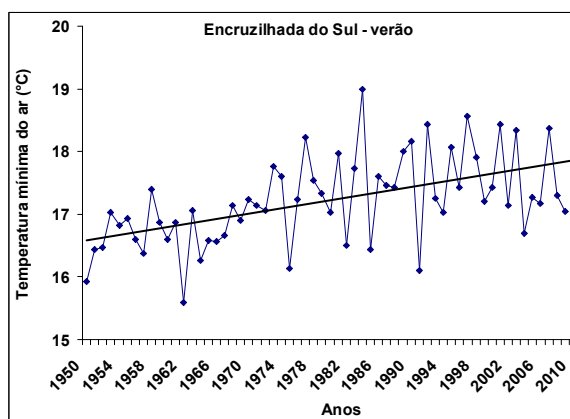
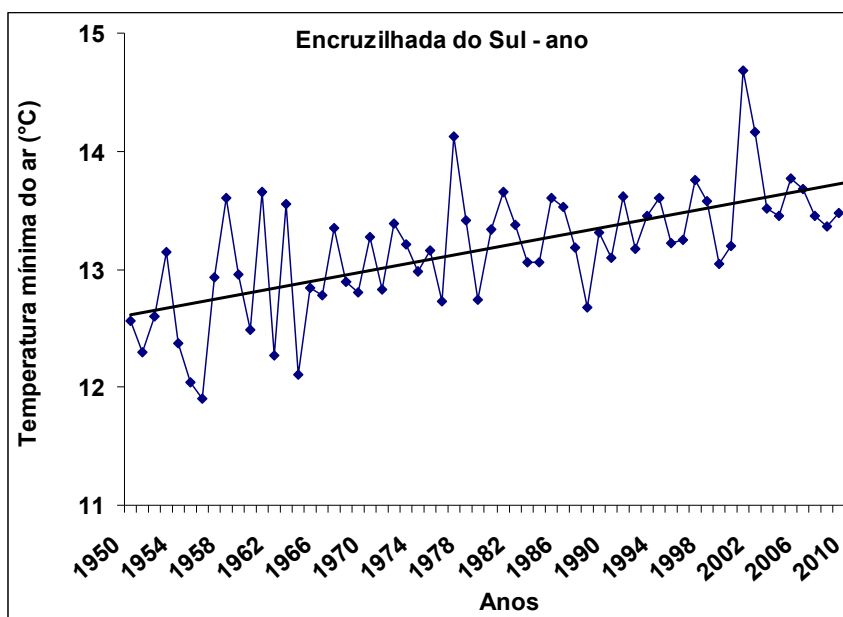
APÊNDICE 16. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



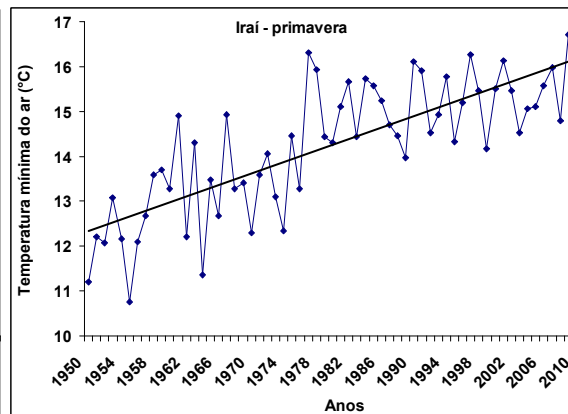
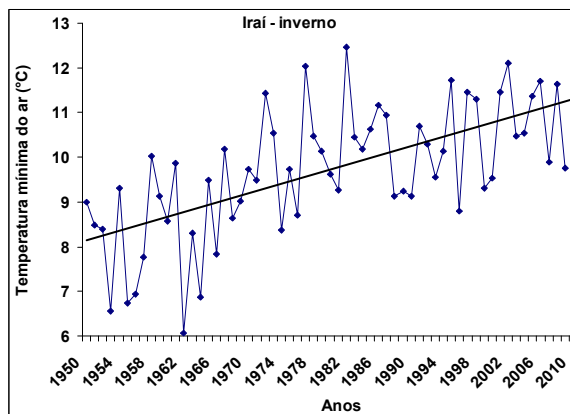
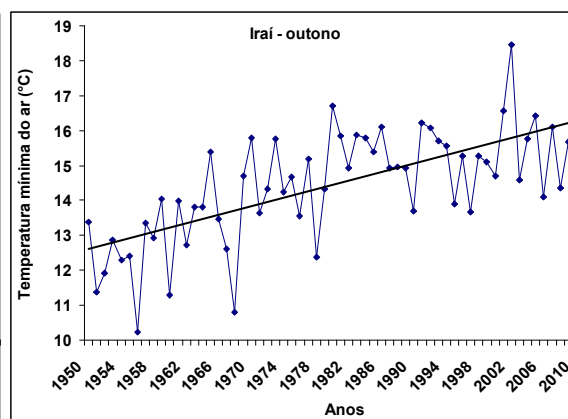
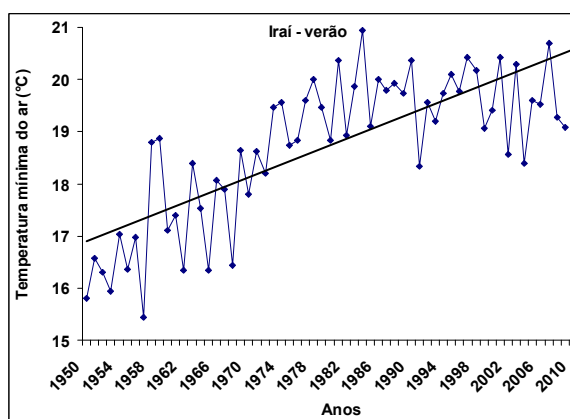
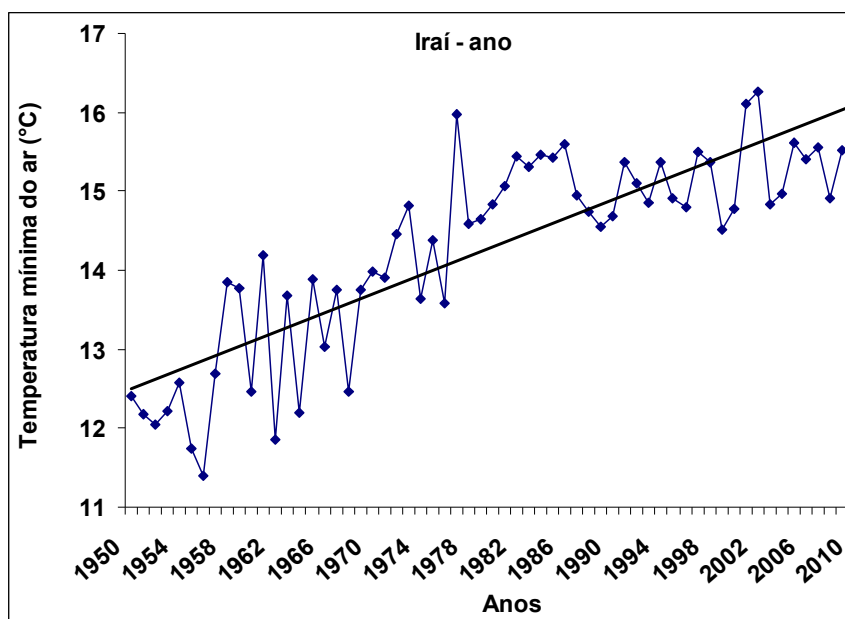
APÊNDICE 17. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



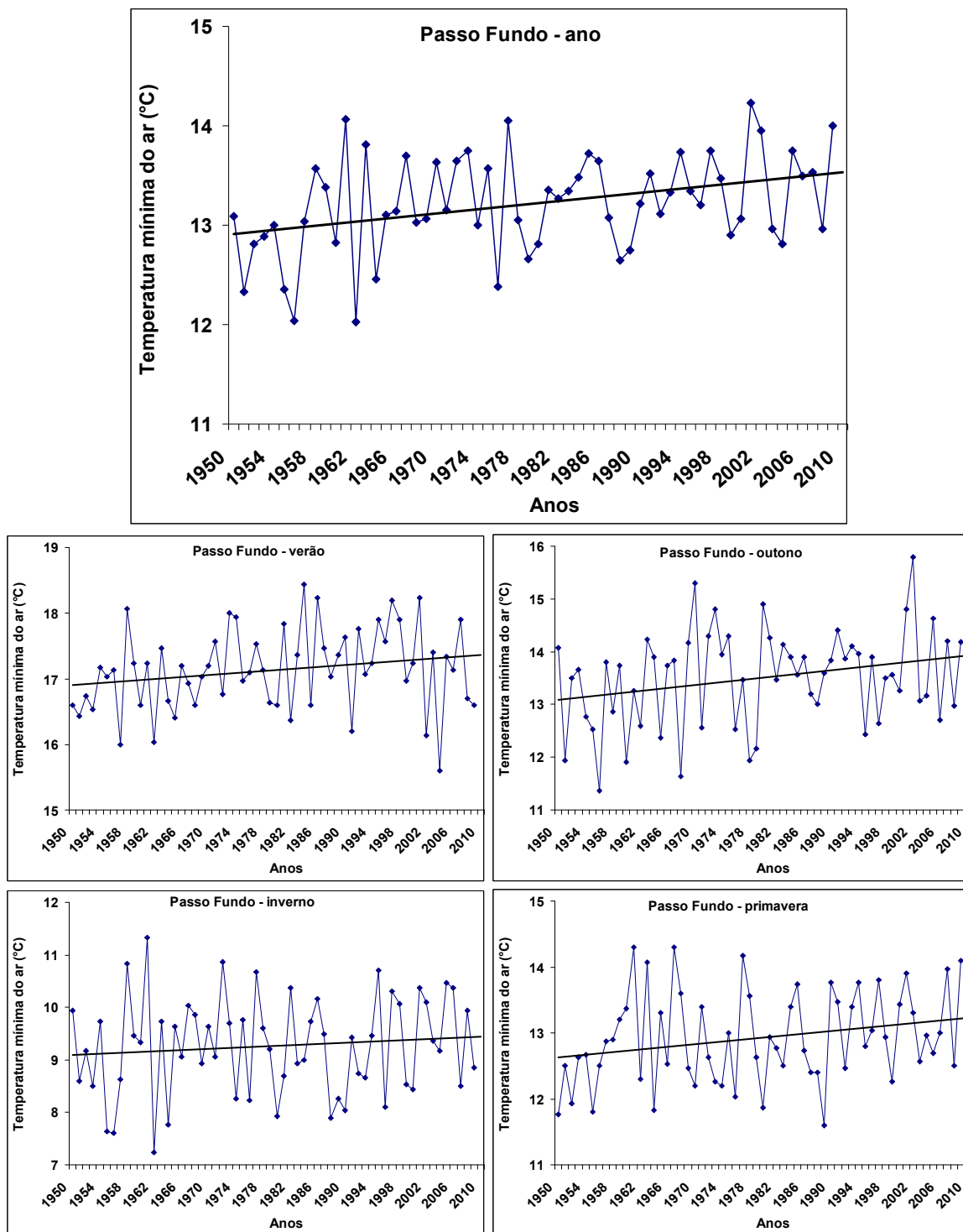
APÊNDICE 18. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



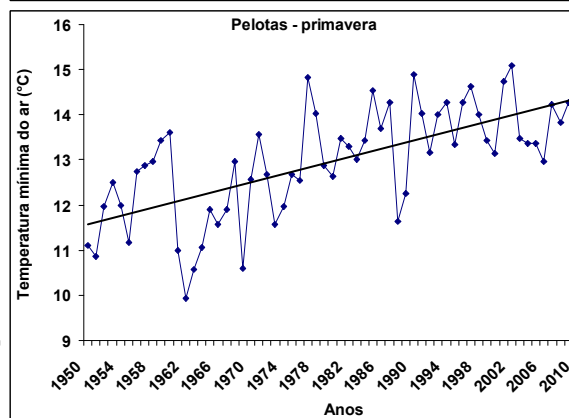
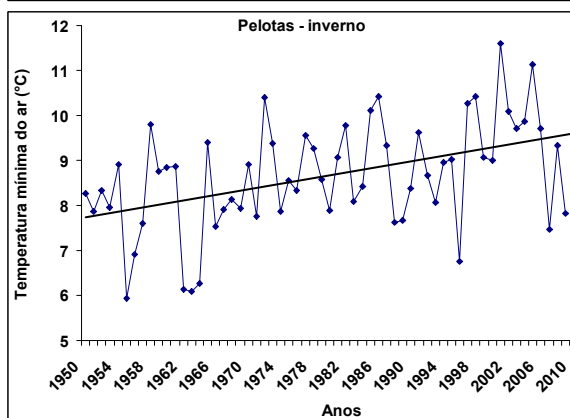
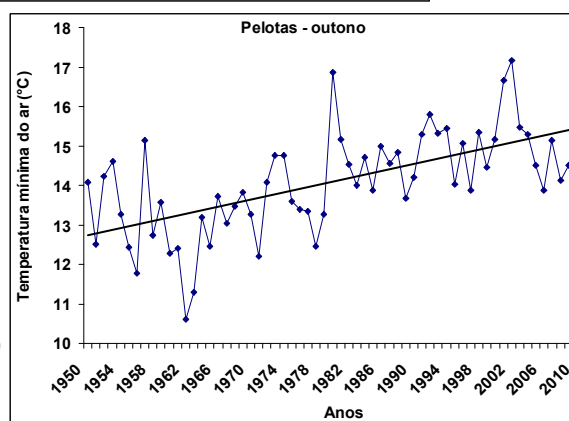
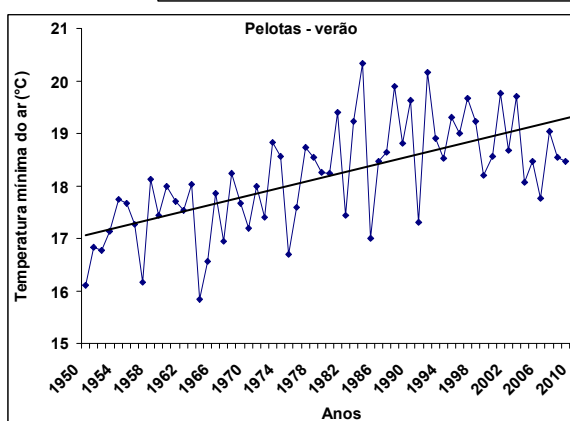
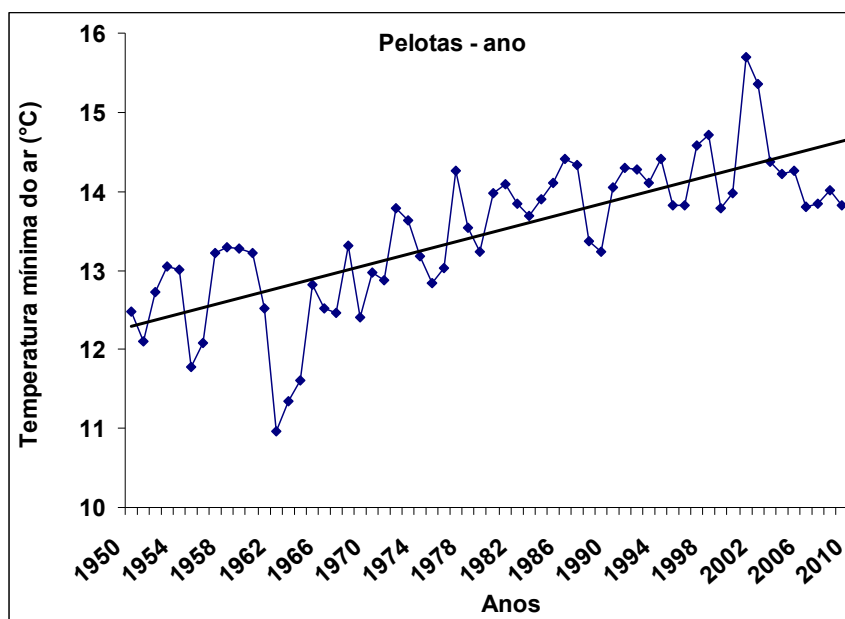
APÊNDICE 19. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



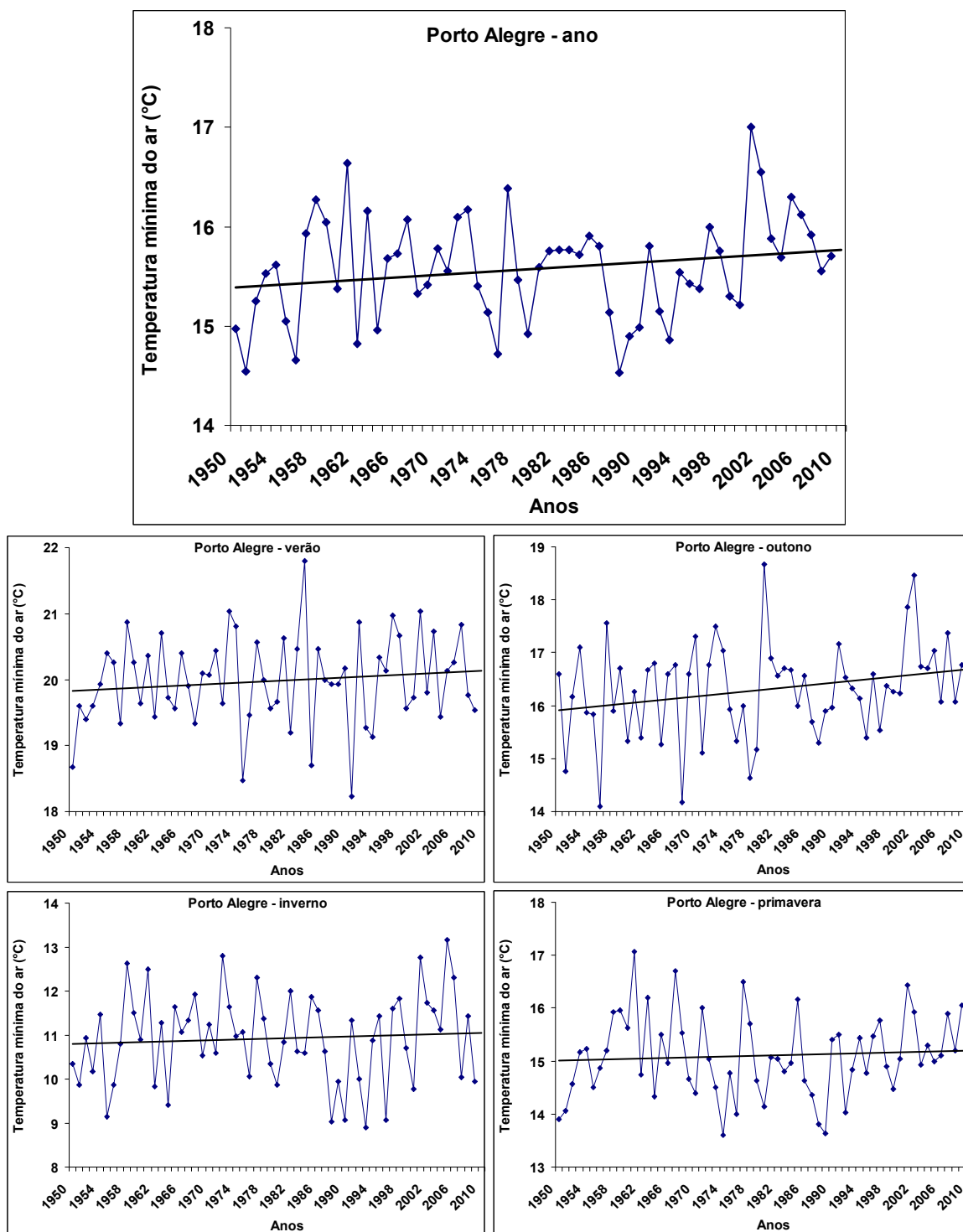
APÊNDICE 20. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



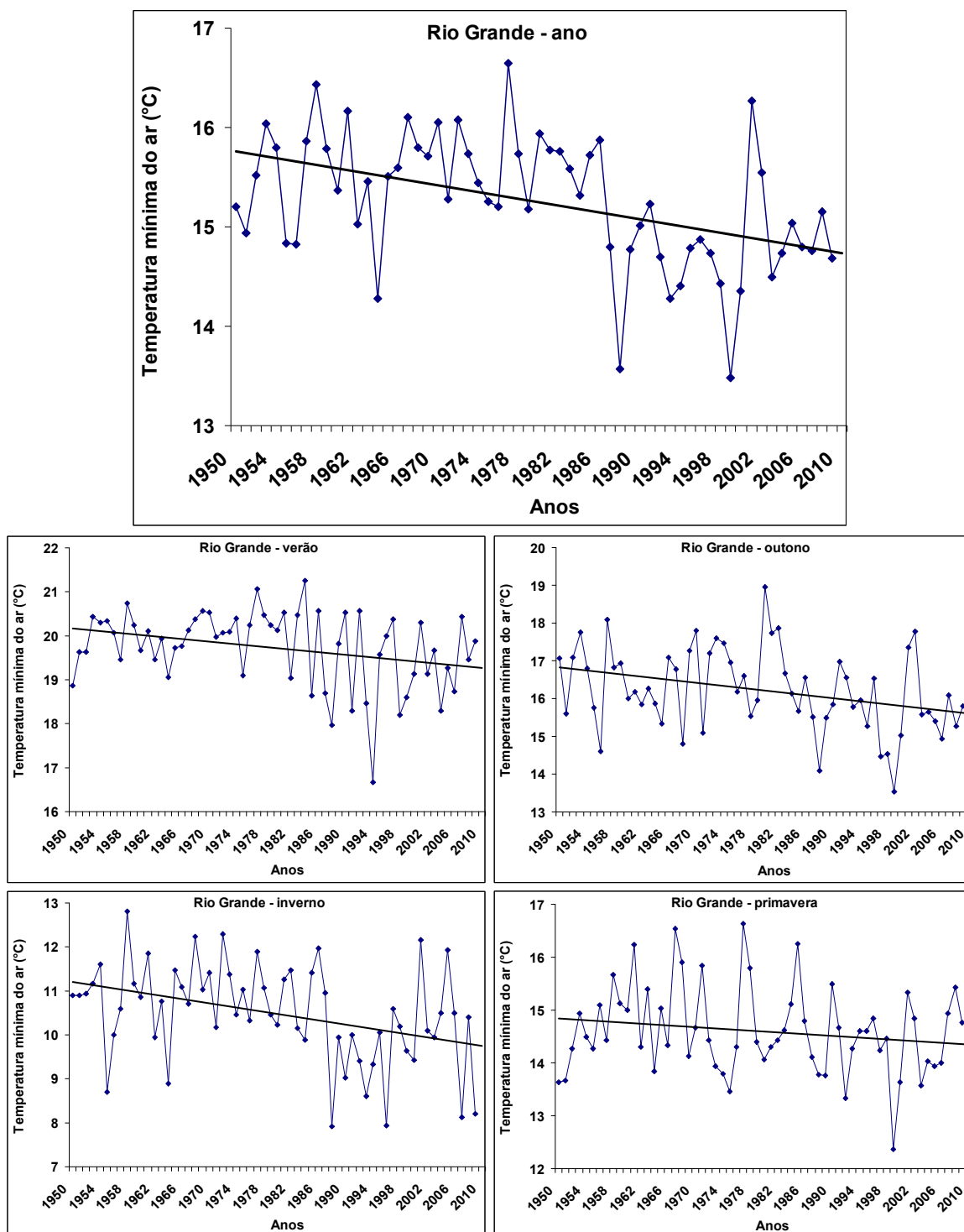
APÊNDICE 21. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



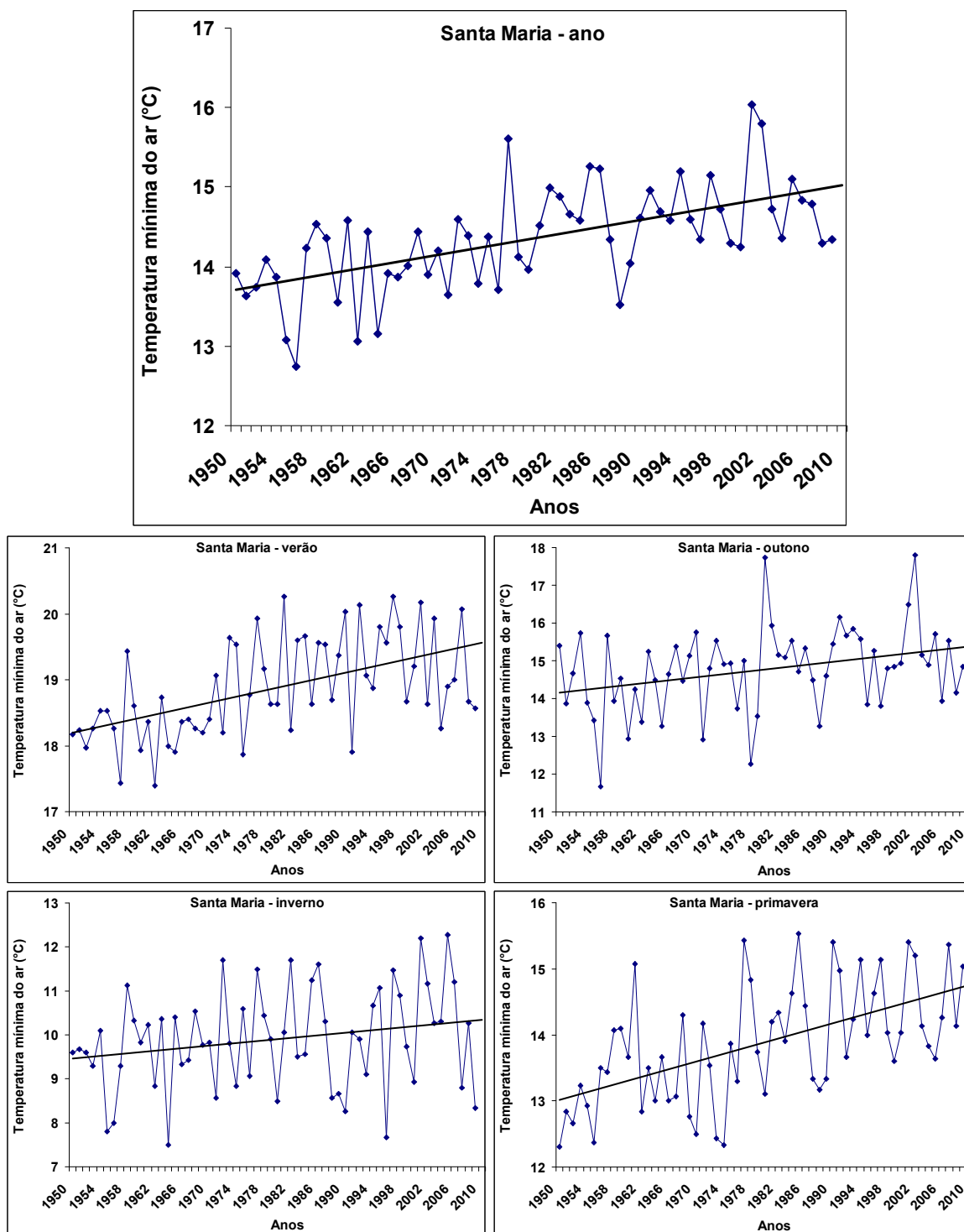
APÊNDICE 22. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



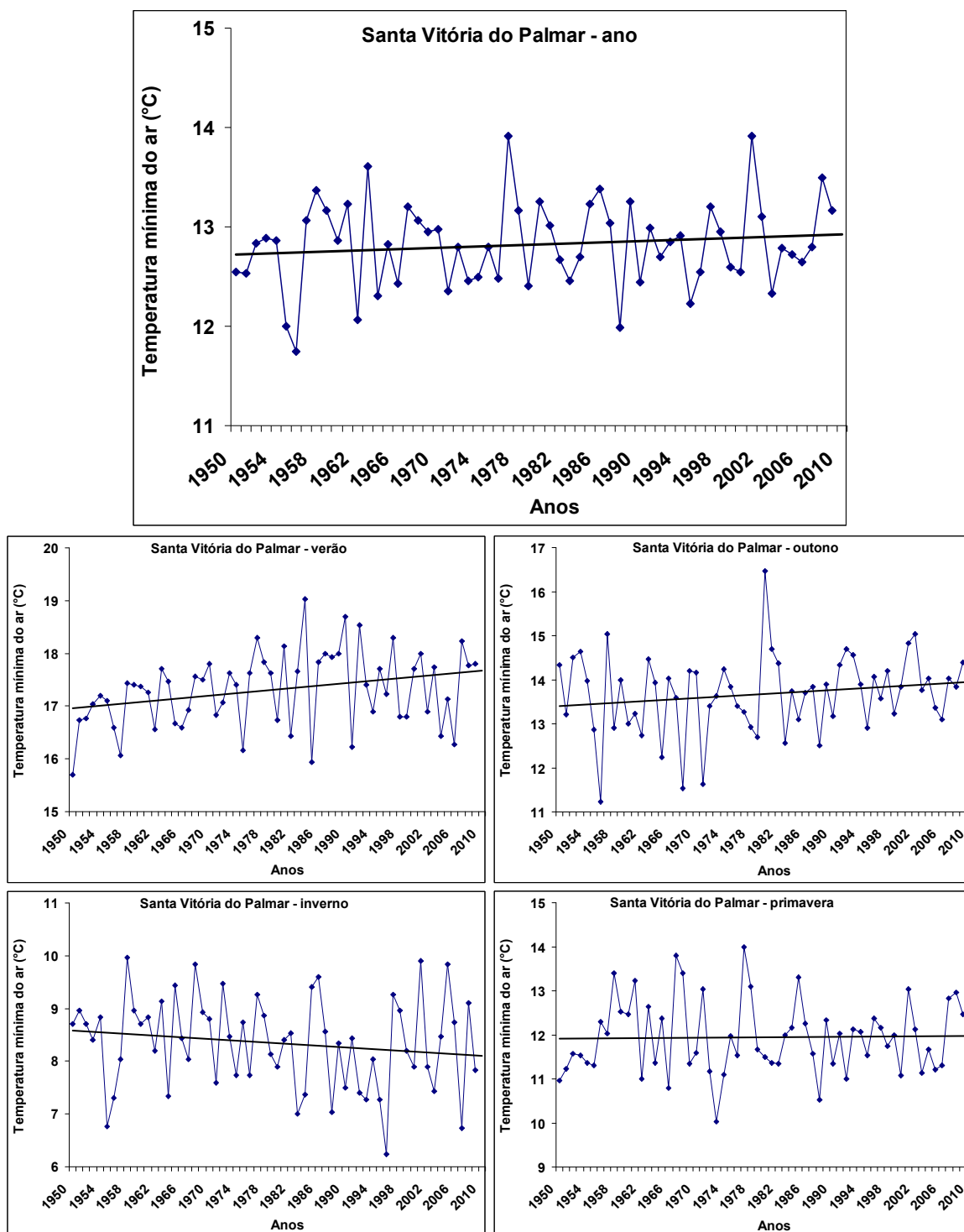
APÊNDICE 23. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



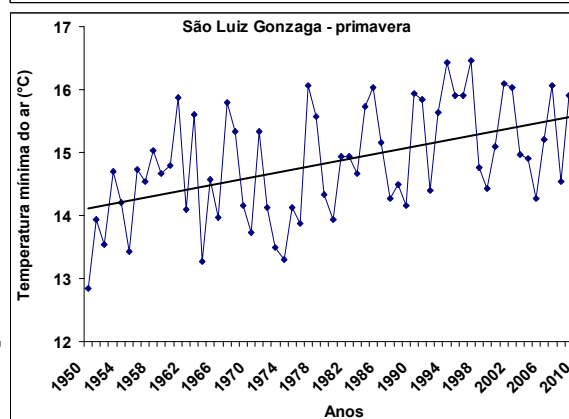
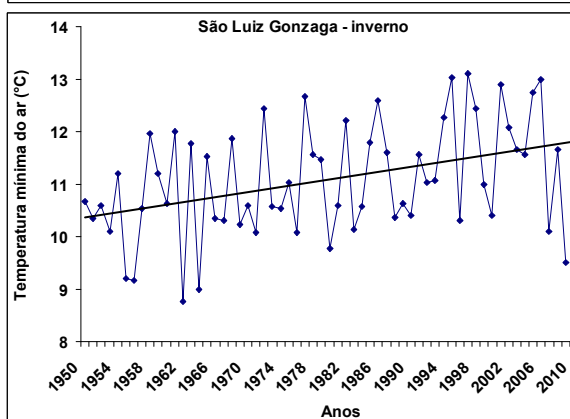
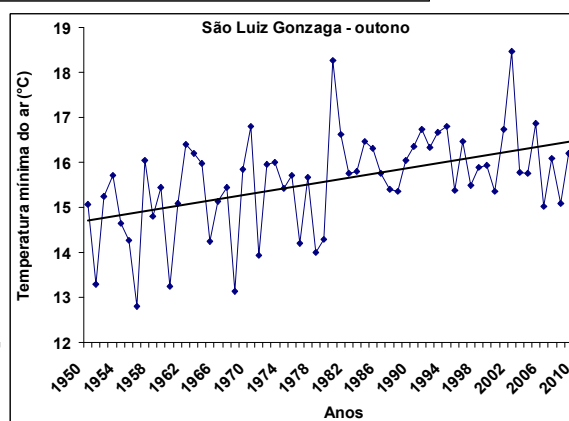
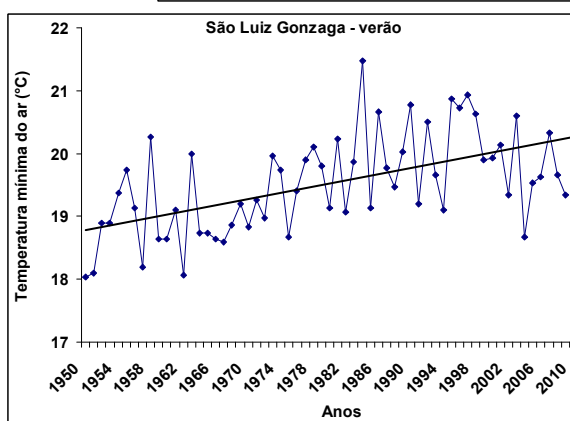
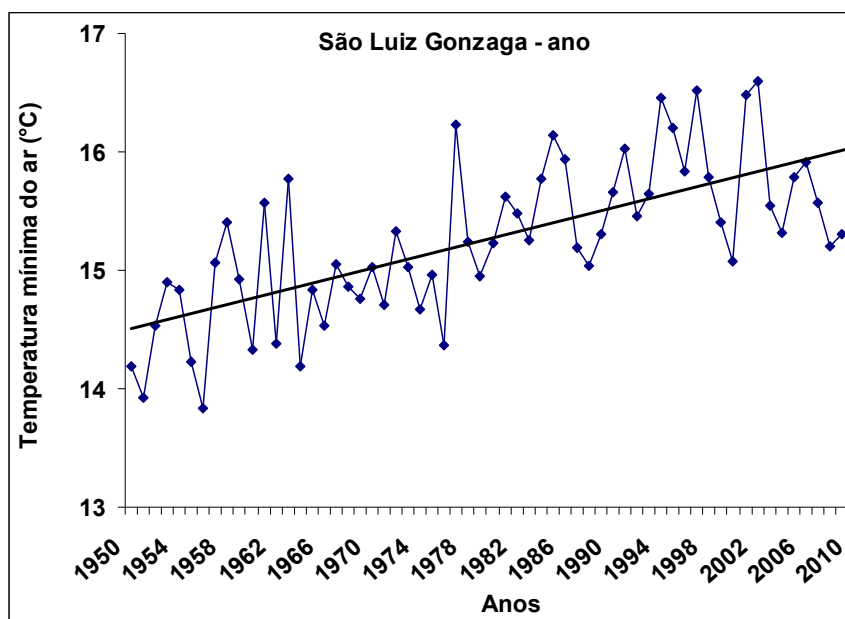
APÊNDICE 24. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



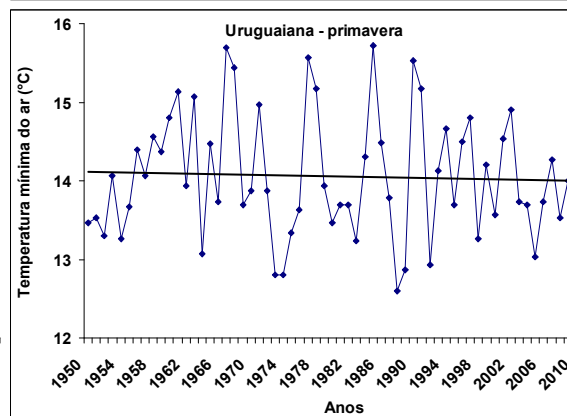
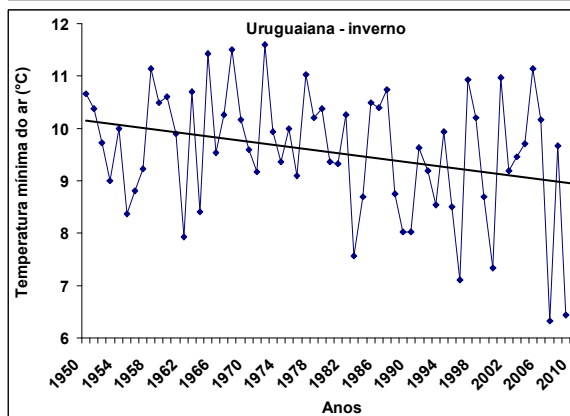
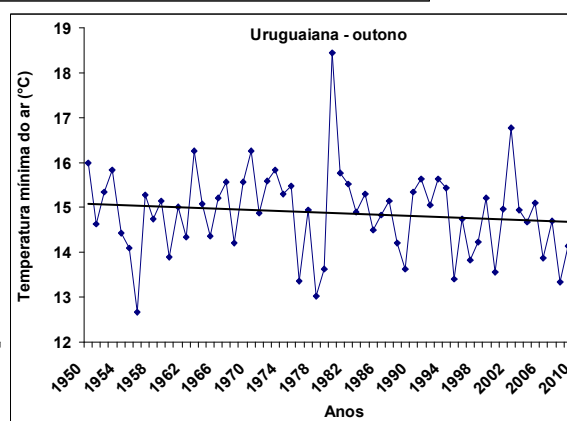
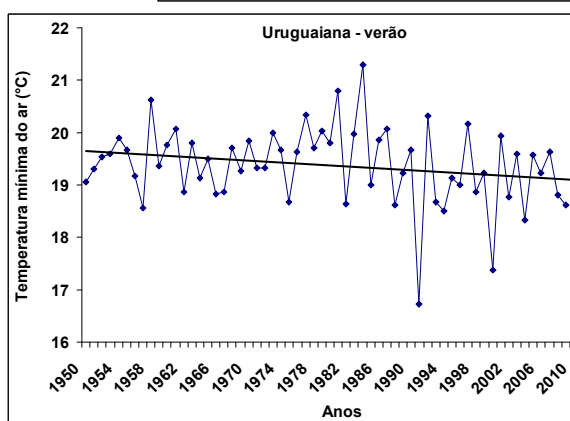
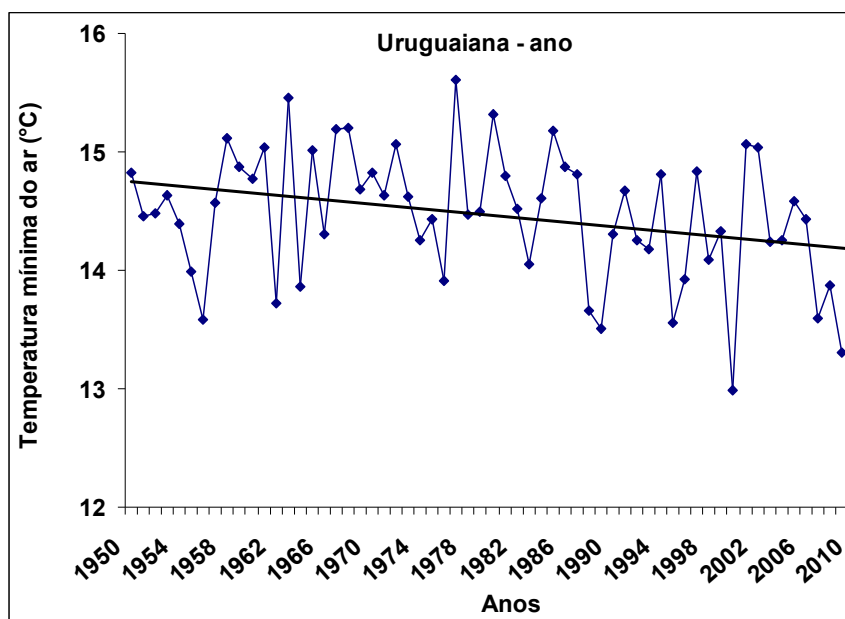
APÊNDICE 25. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



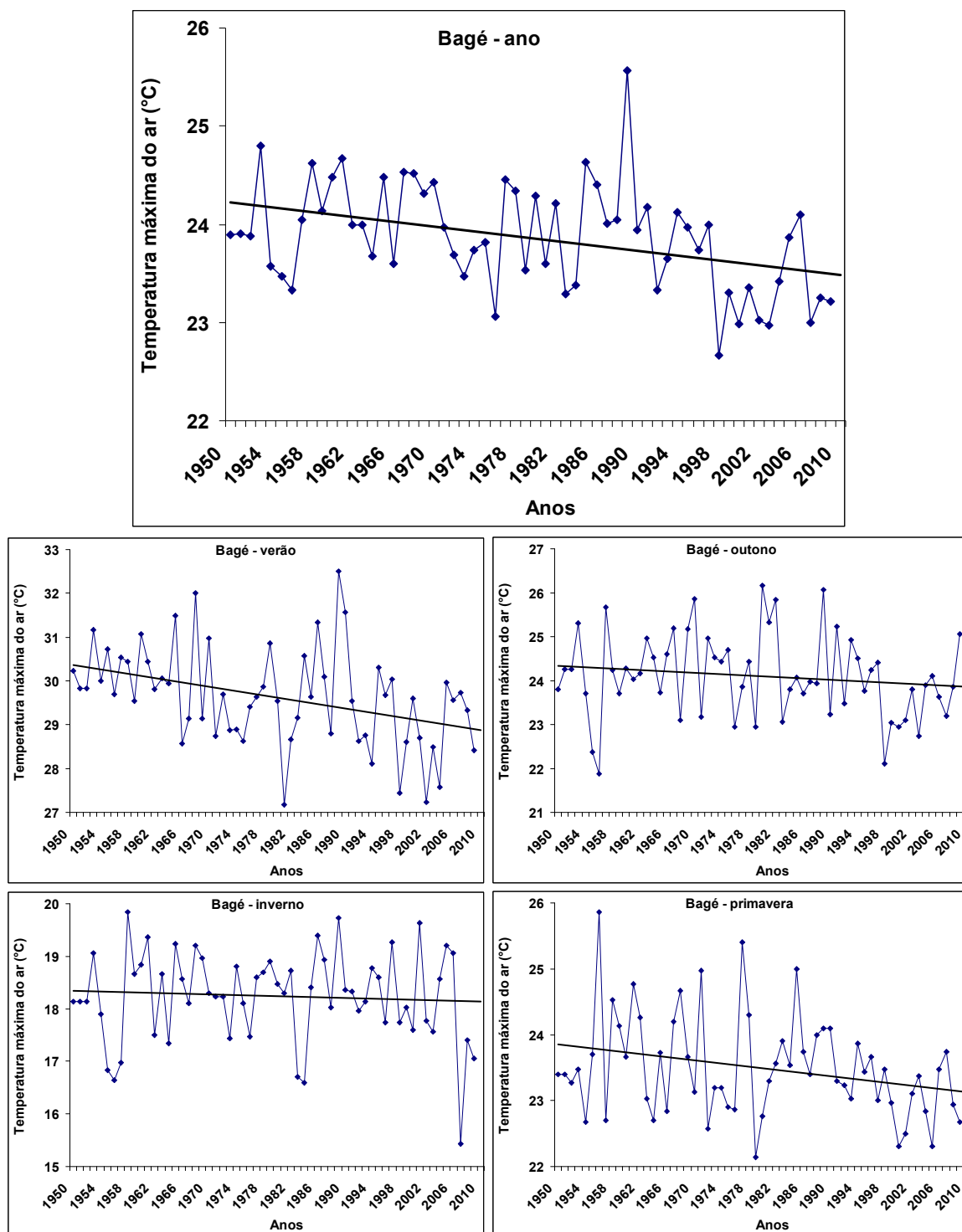
APÊNDICE 26. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



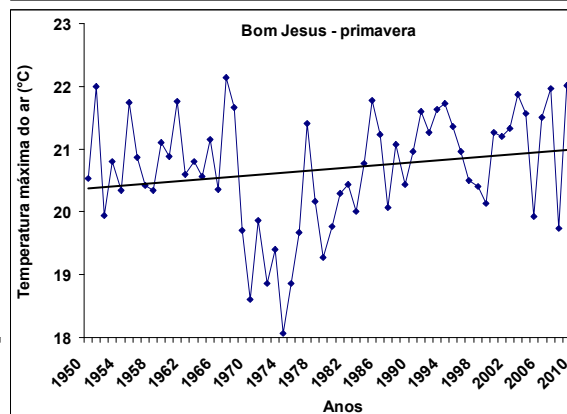
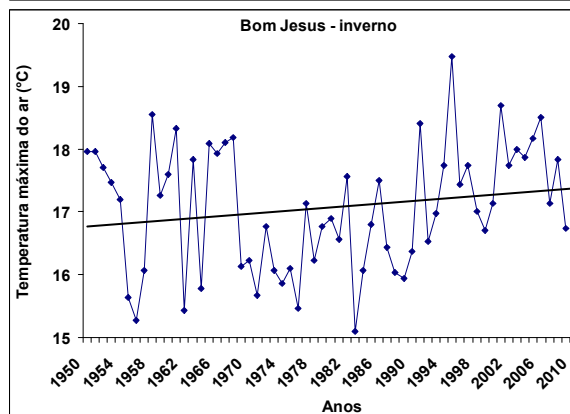
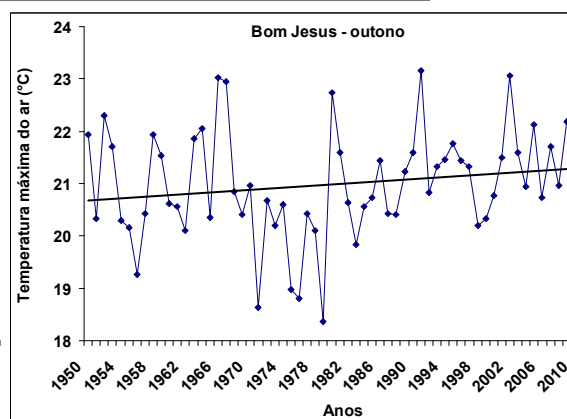
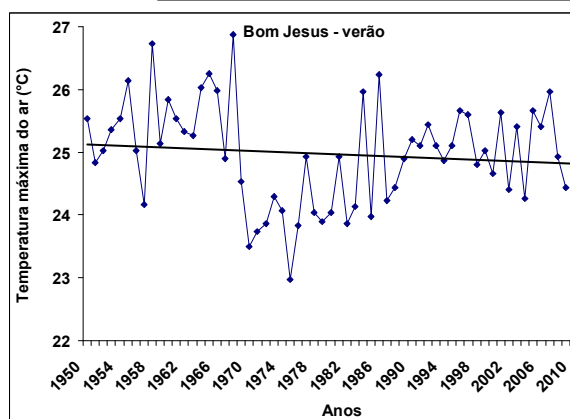
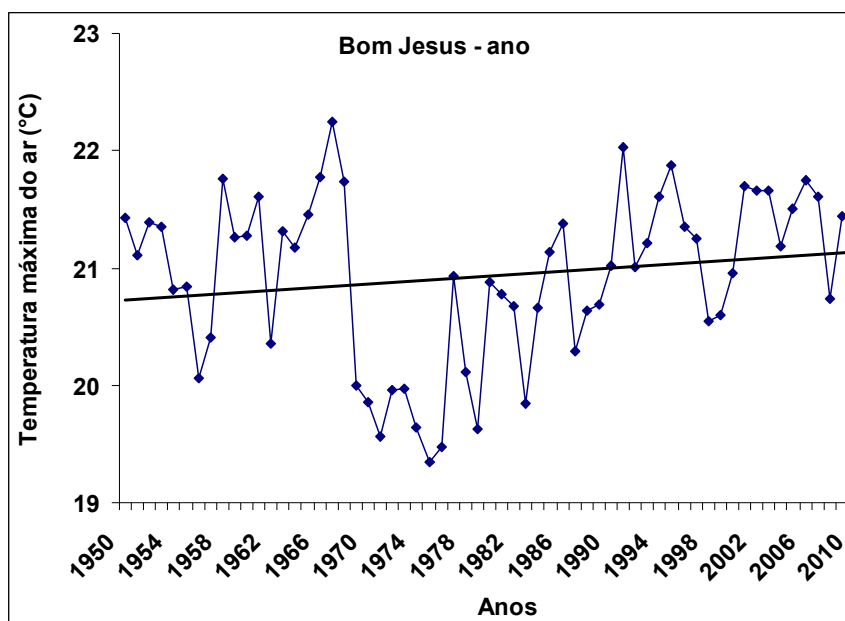
APÊNDICE 27. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



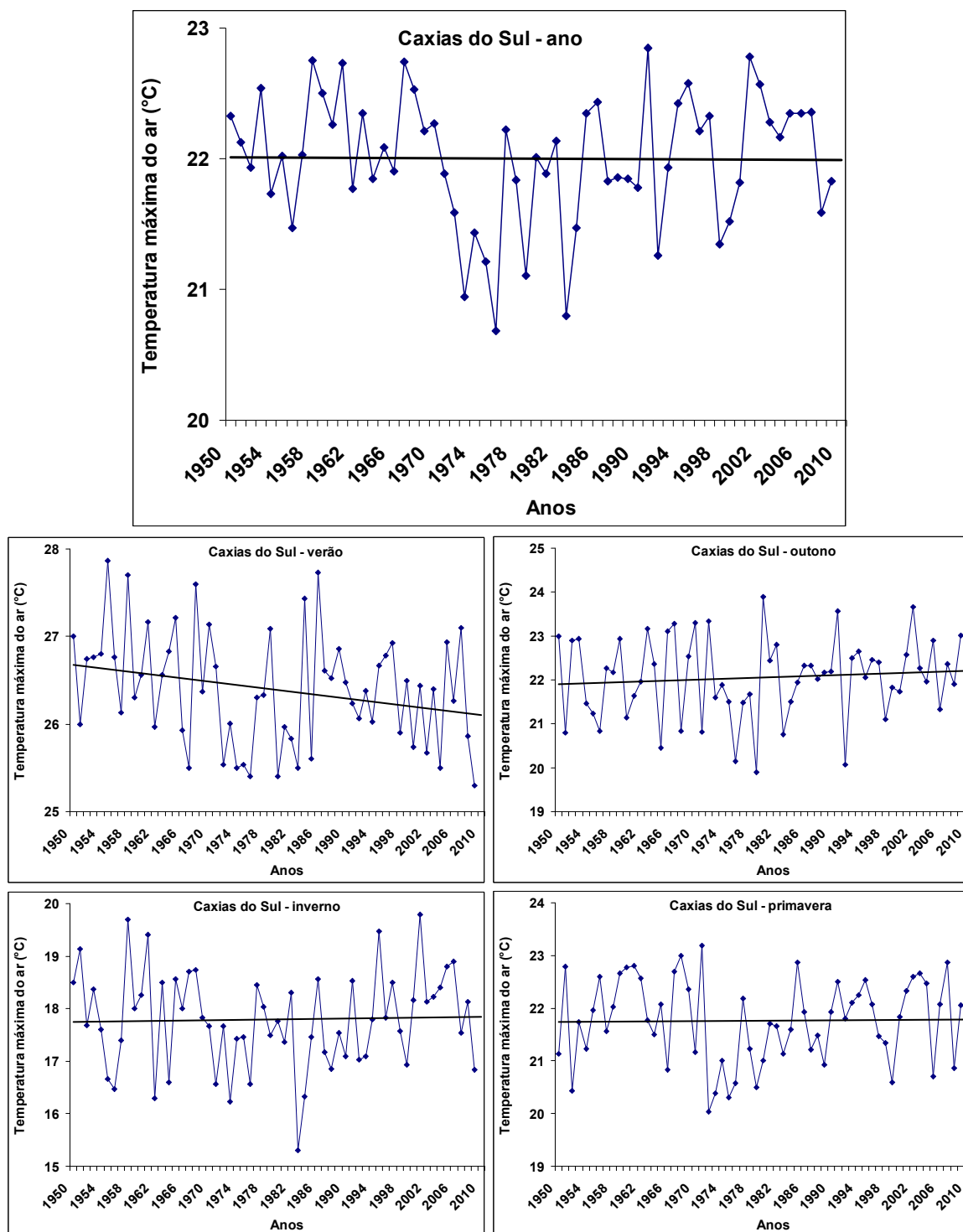
APÊNDICE 28. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



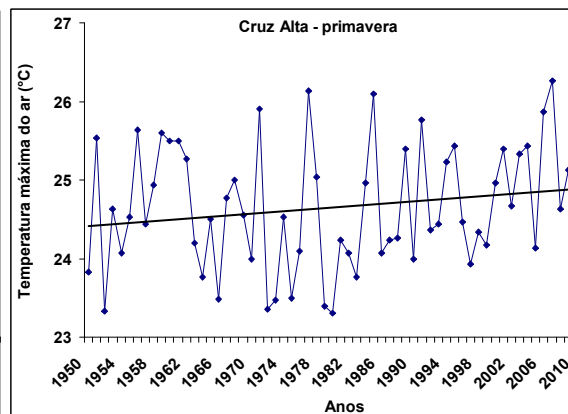
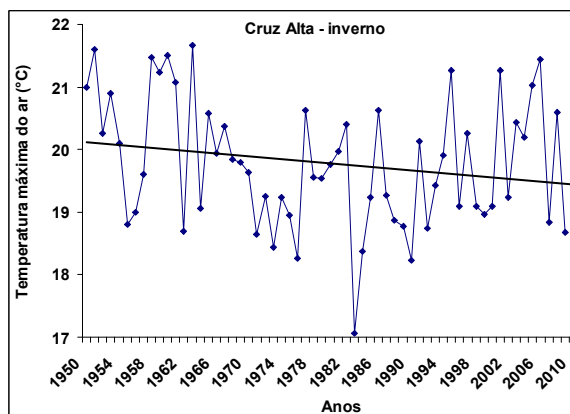
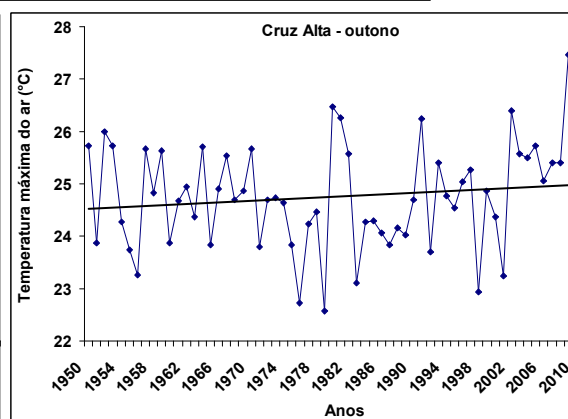
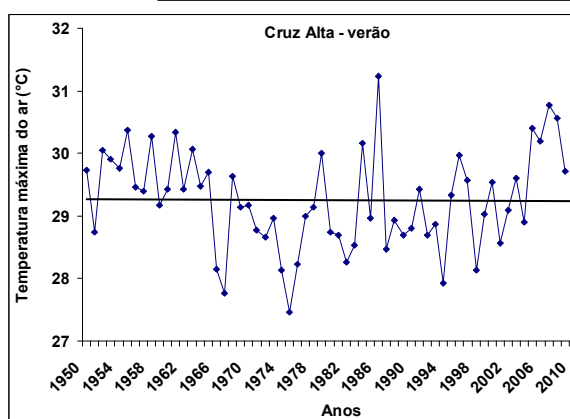
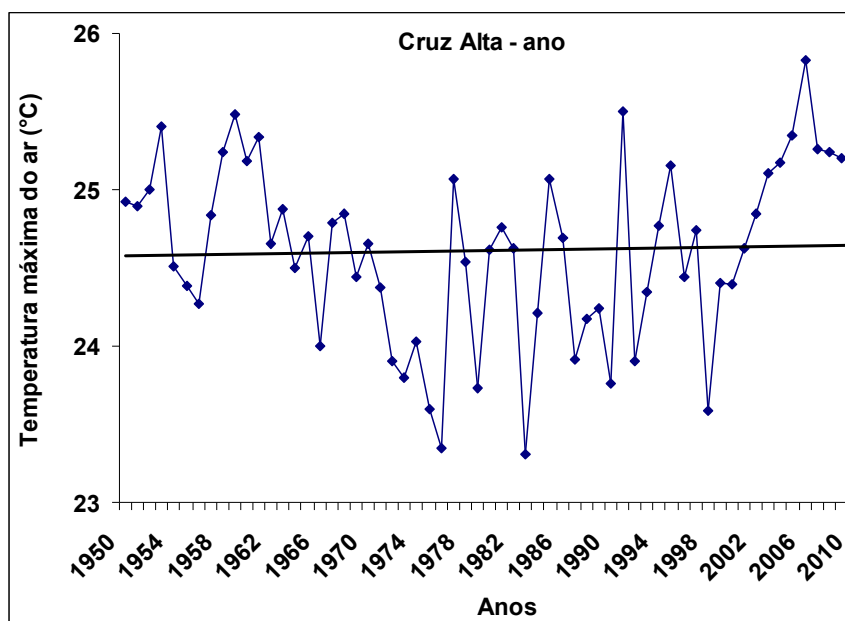
APÊNDICE 29. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



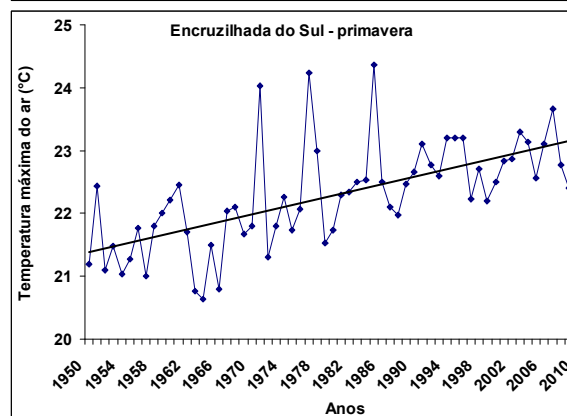
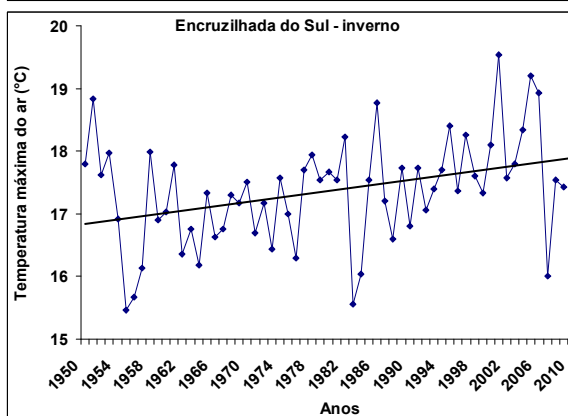
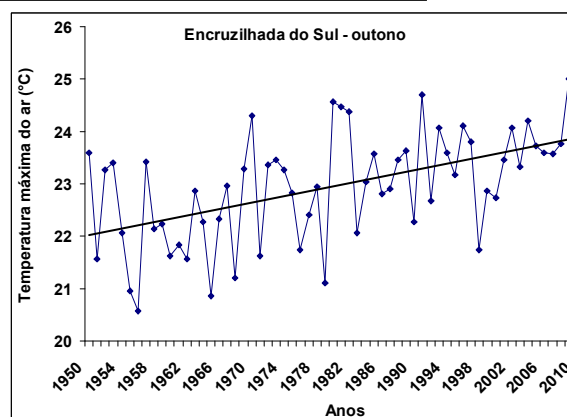
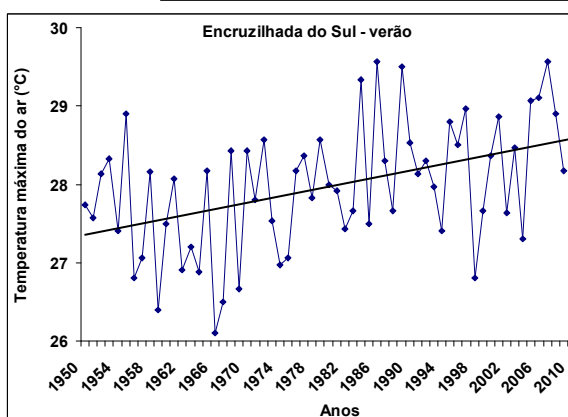
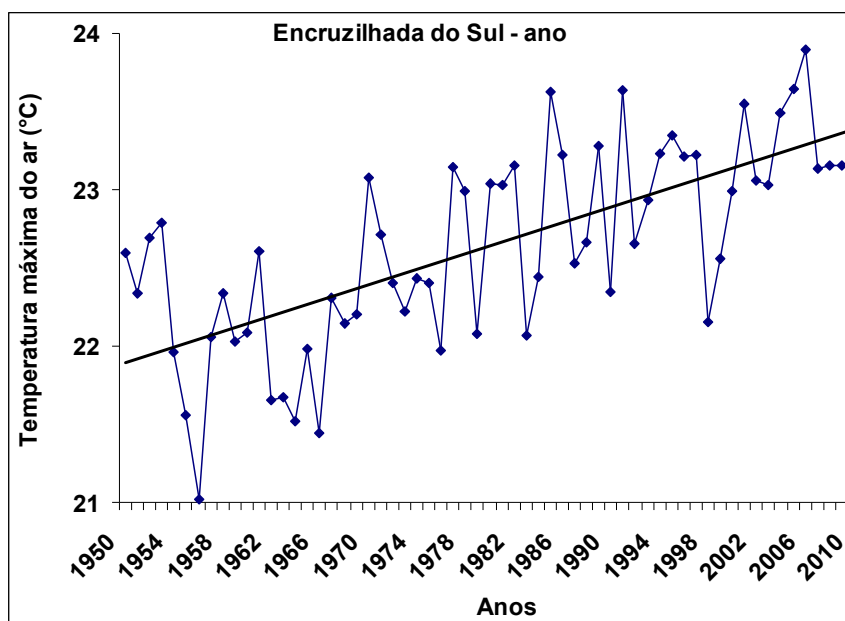
APÊNDICE 30. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



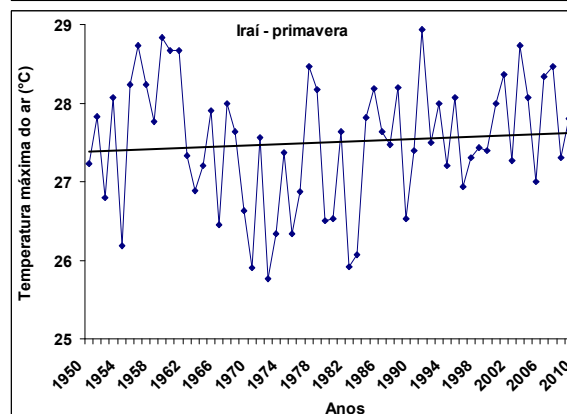
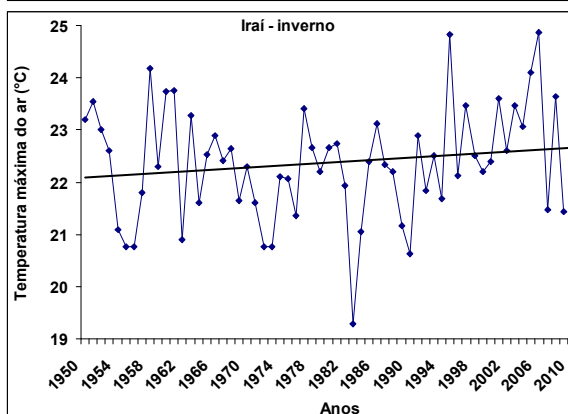
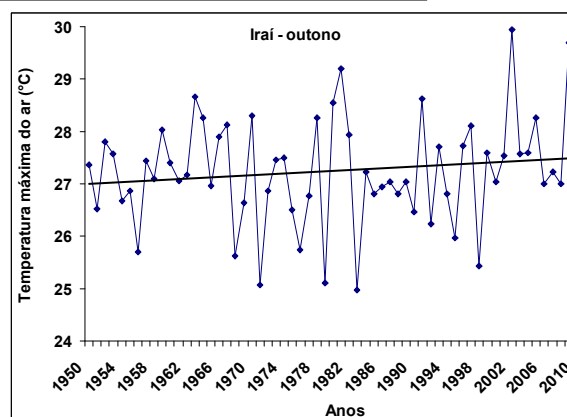
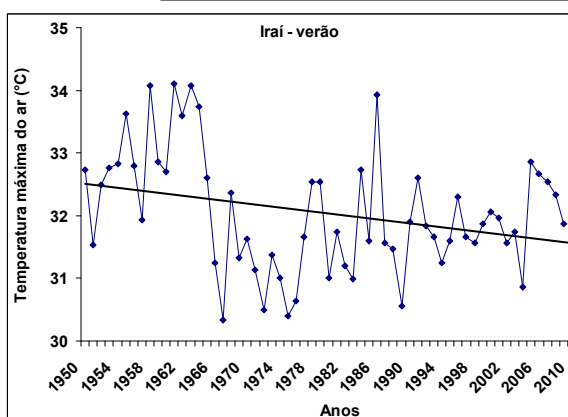
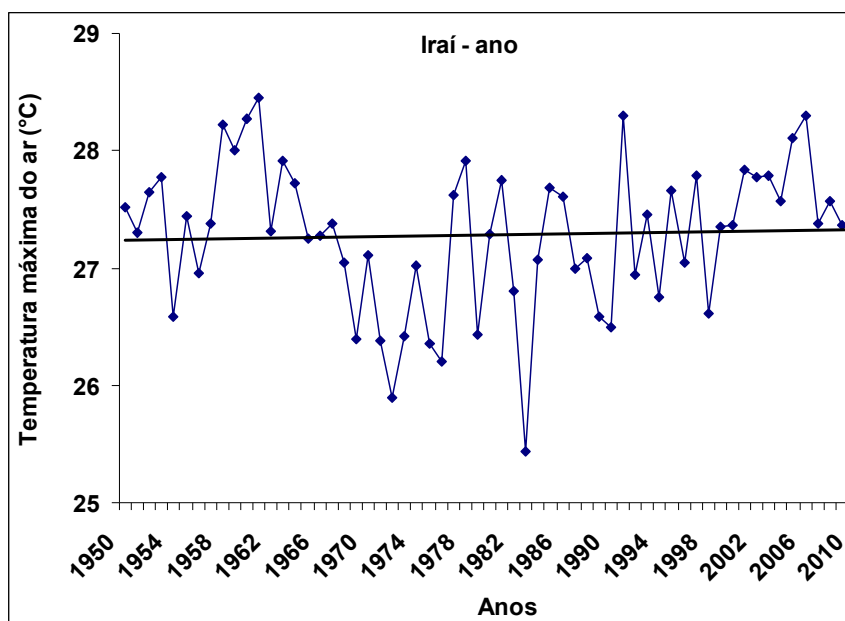
APÊNDICE 31. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



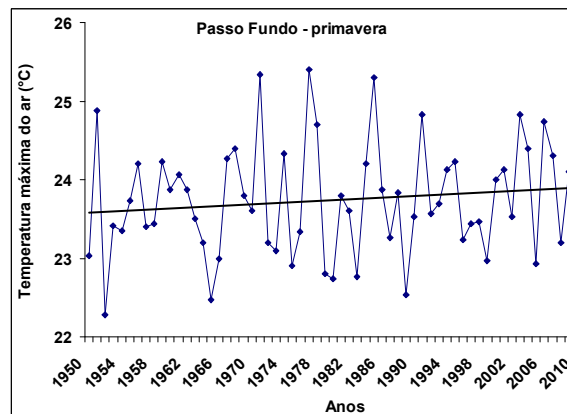
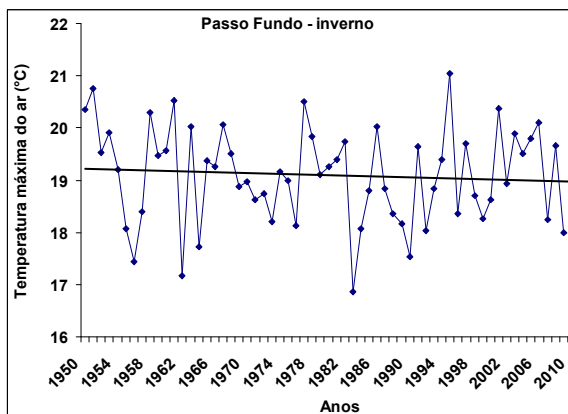
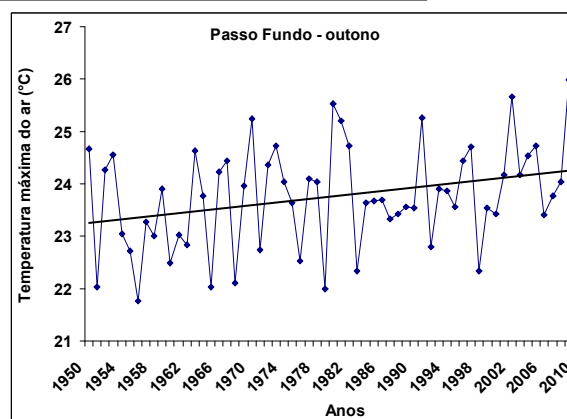
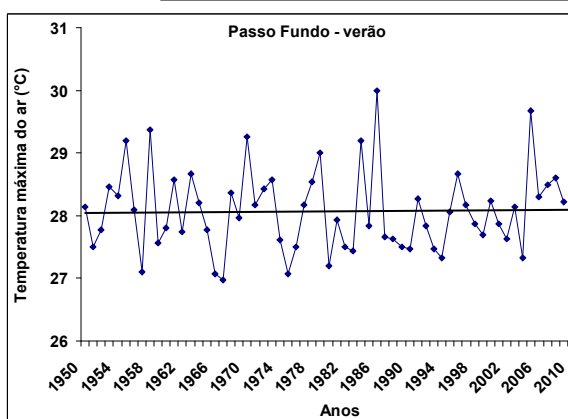
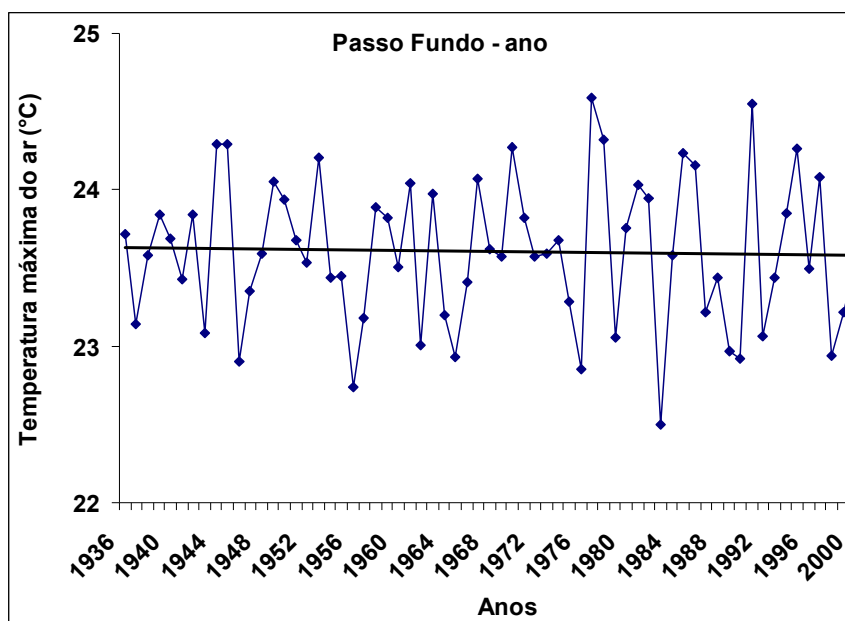
APÊNDICE 32. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



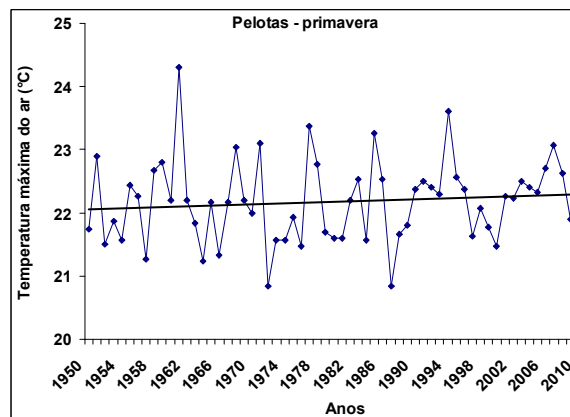
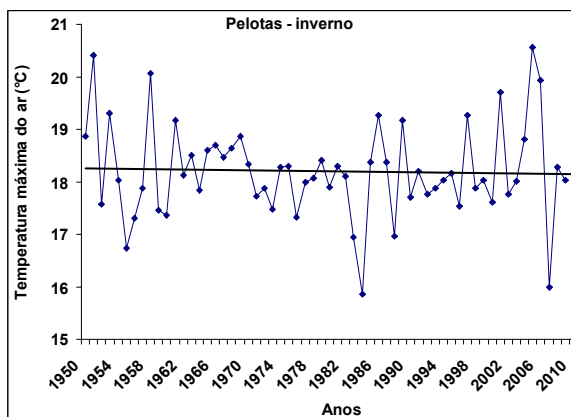
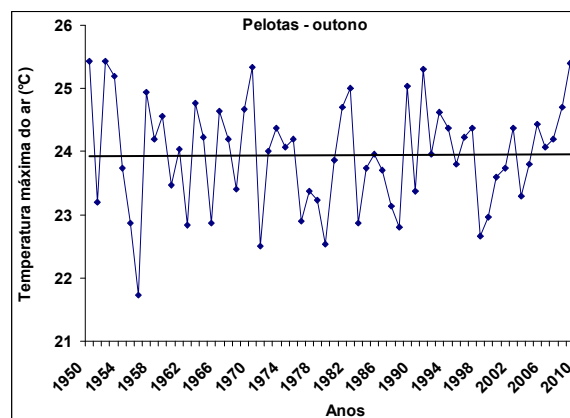
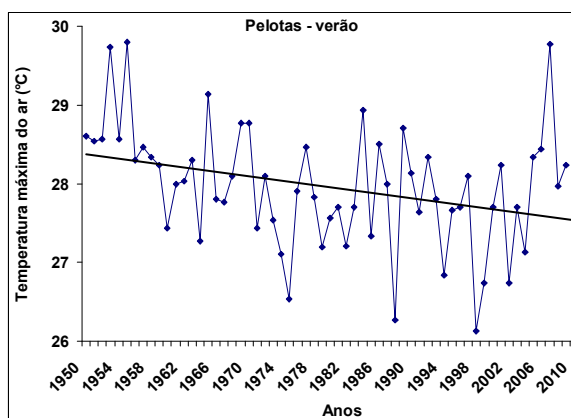
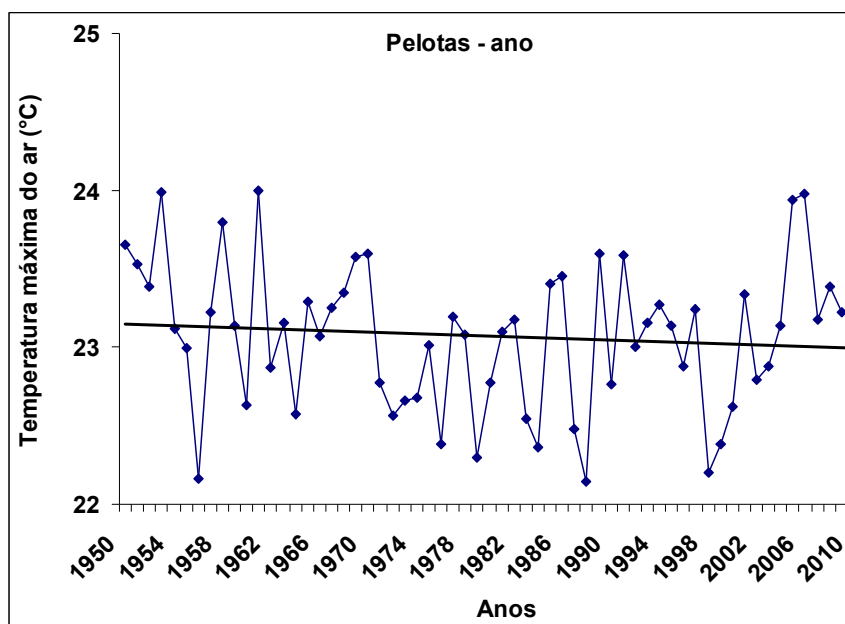
APÊNDICE 33. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



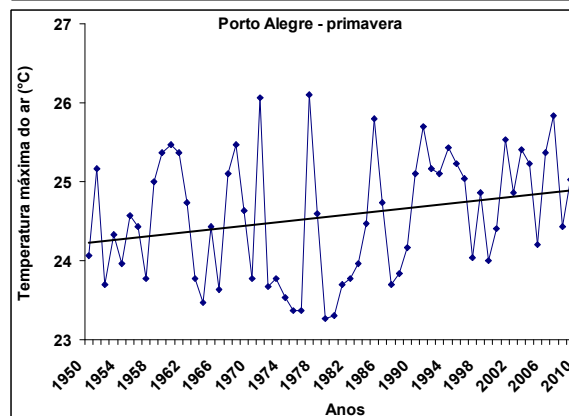
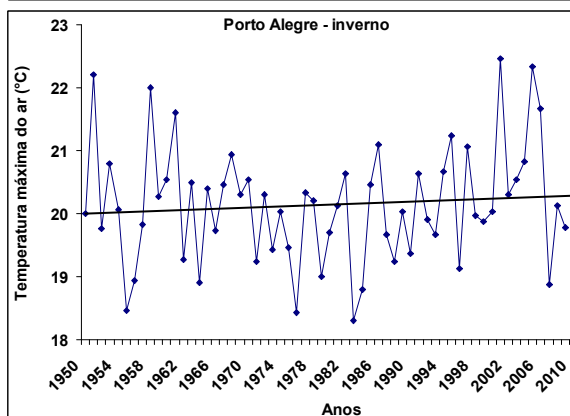
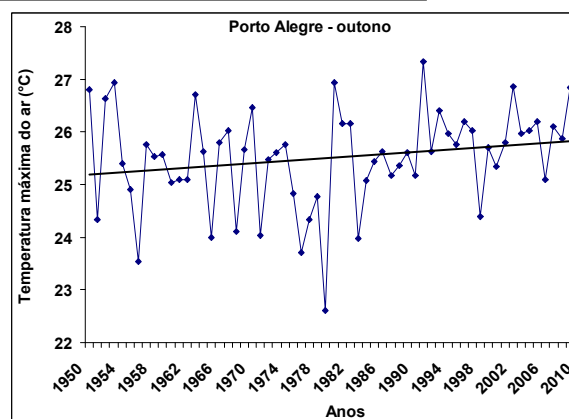
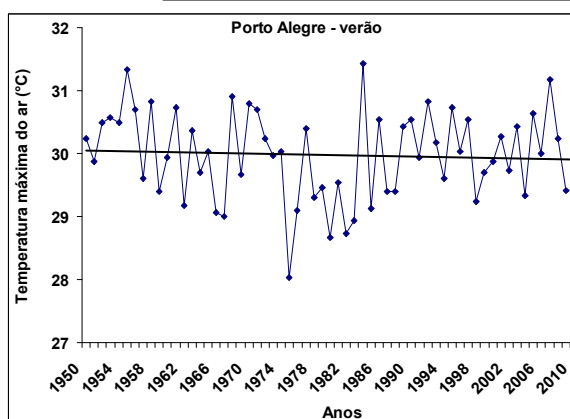
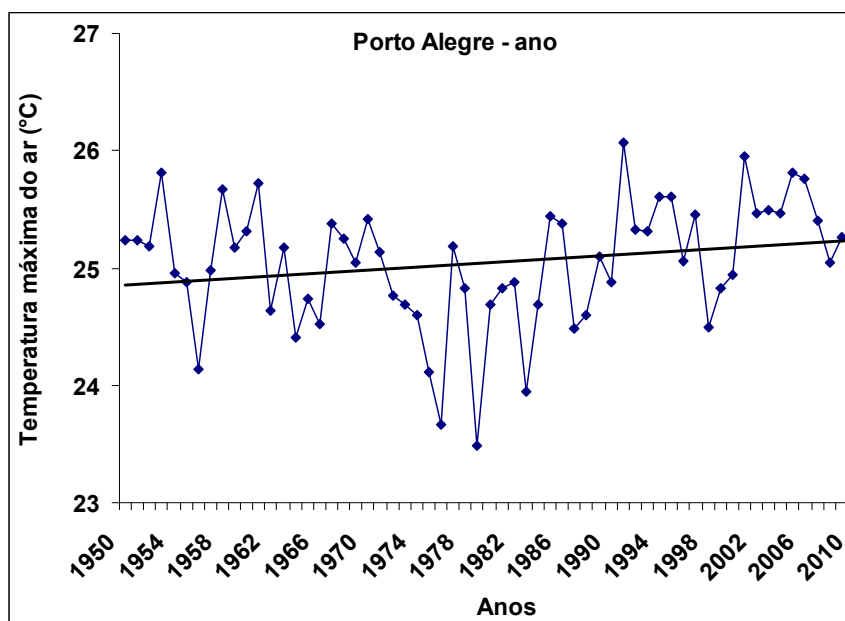
APÊNDICE 34. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



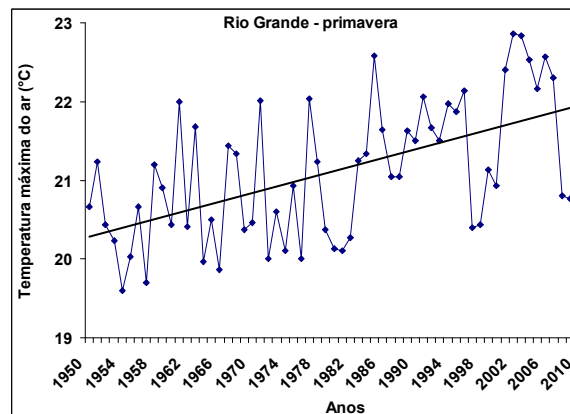
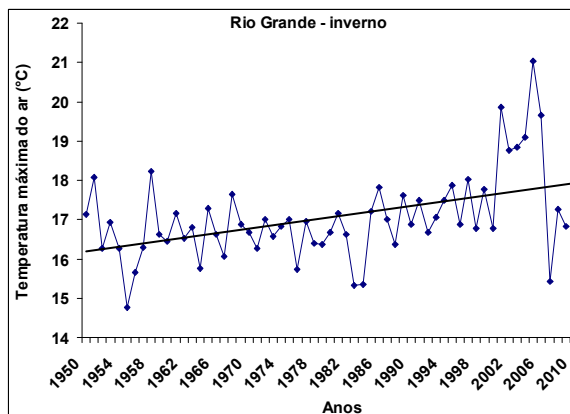
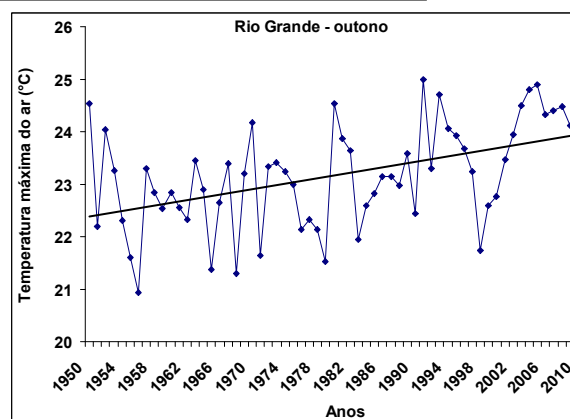
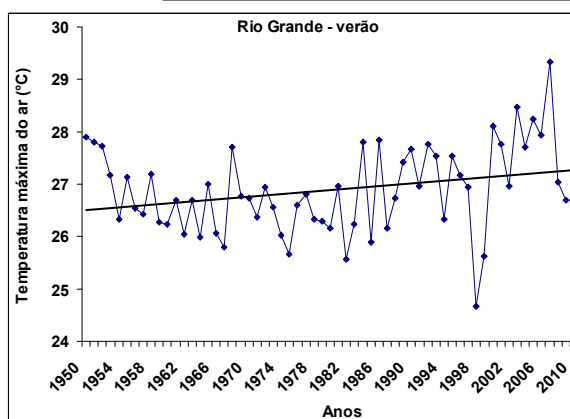
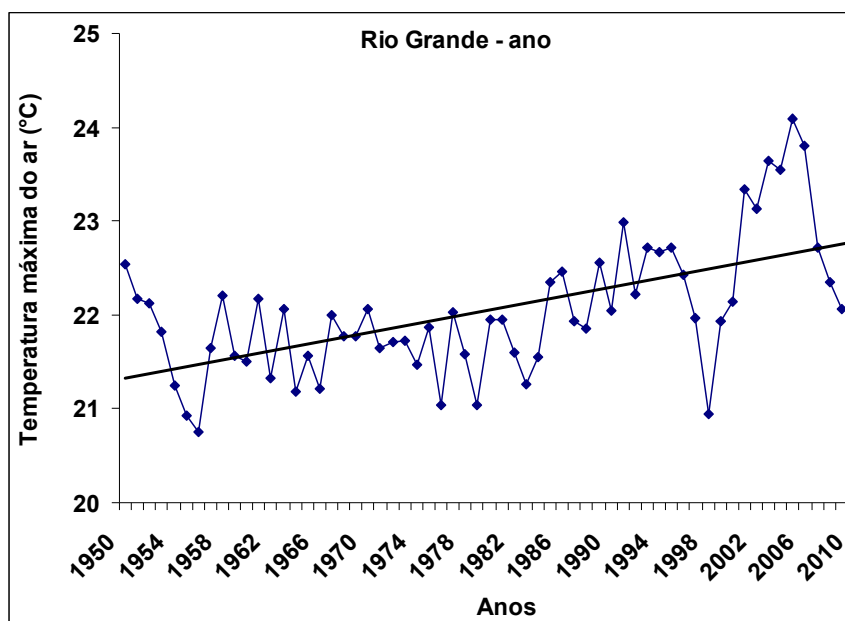
APÊNDICE 35. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



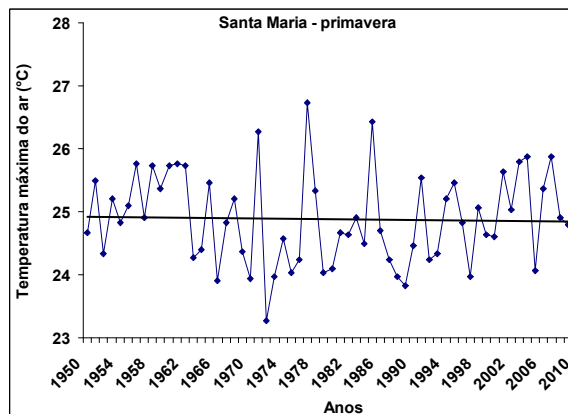
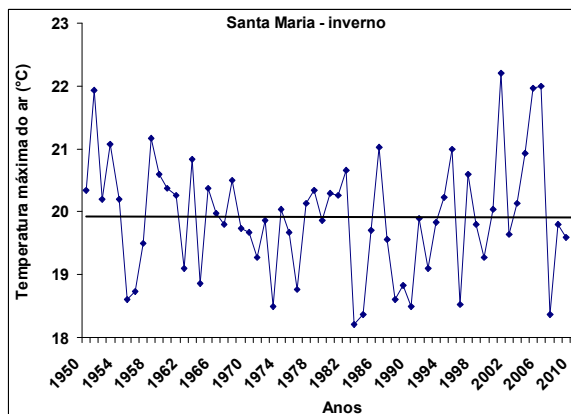
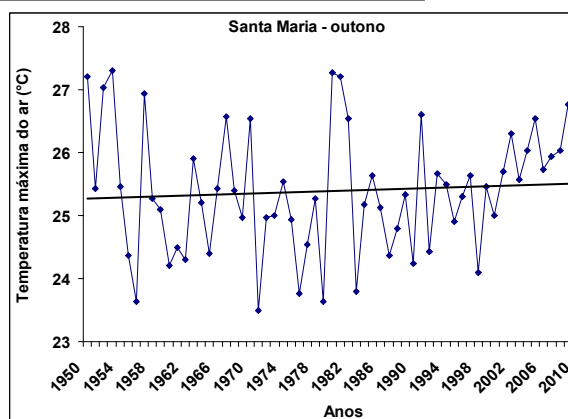
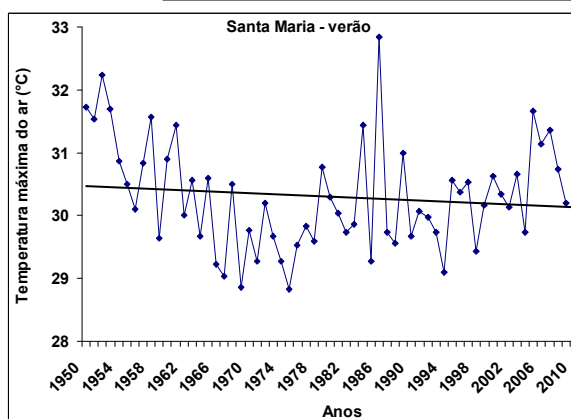
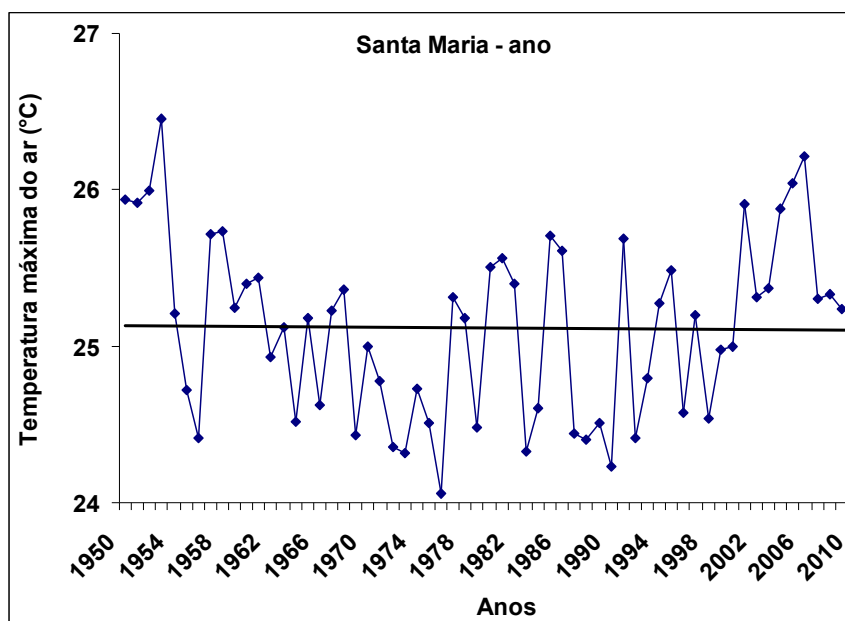
APÊNDICE 36. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



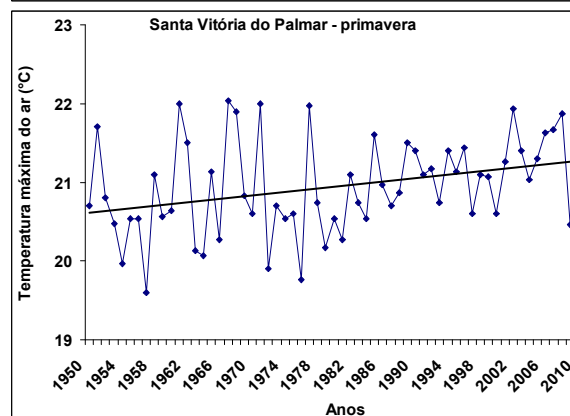
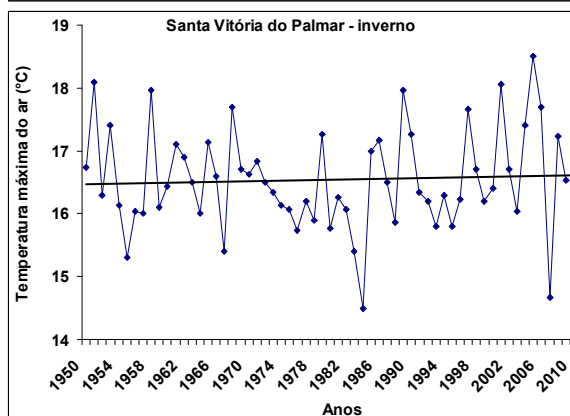
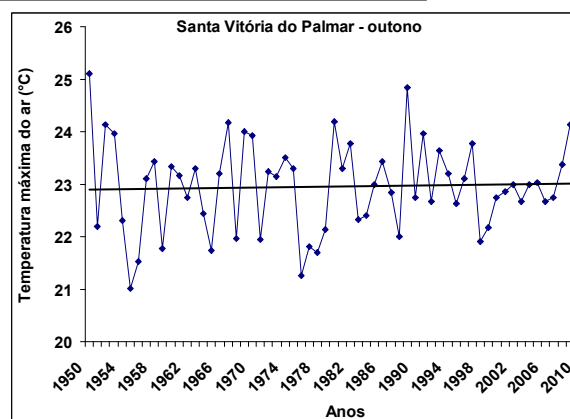
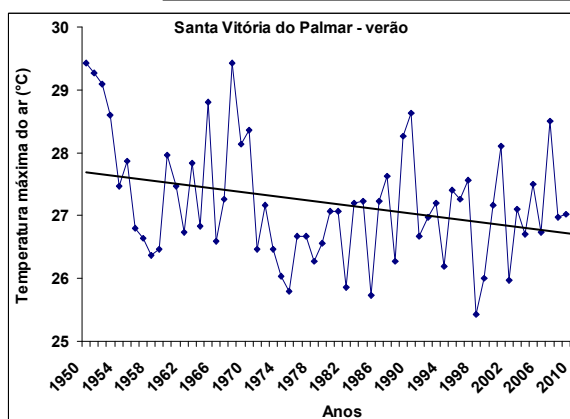
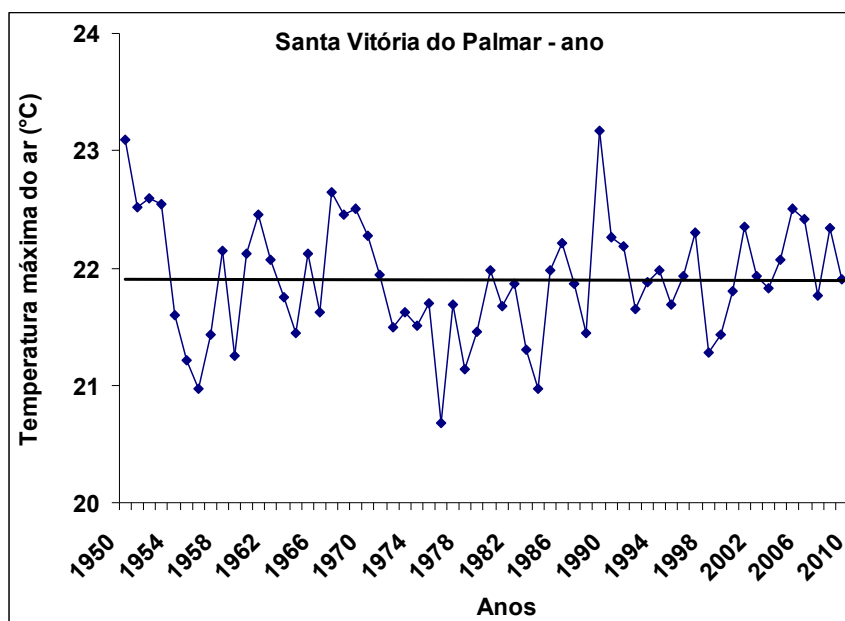
APÊNDICE 37. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



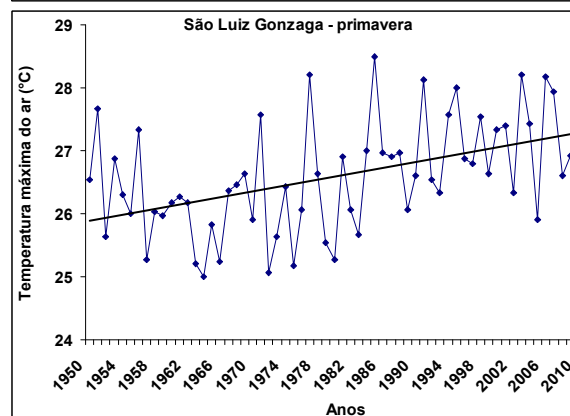
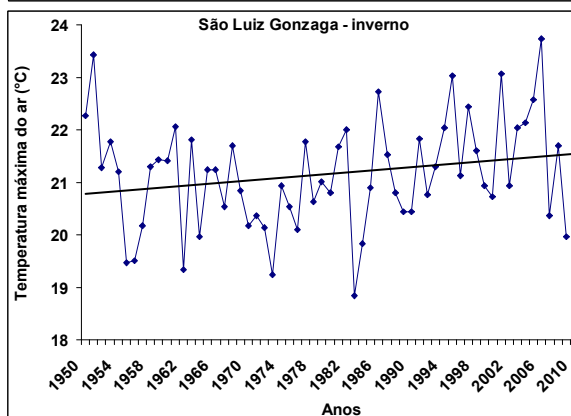
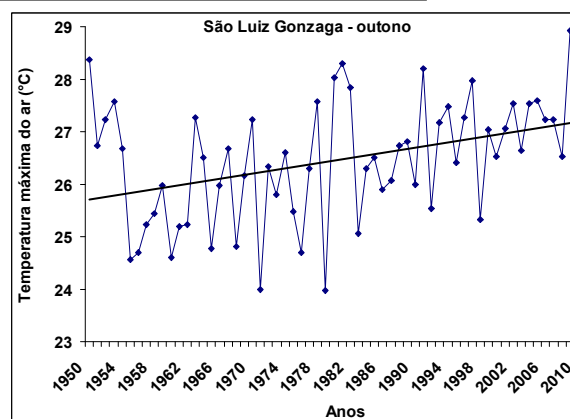
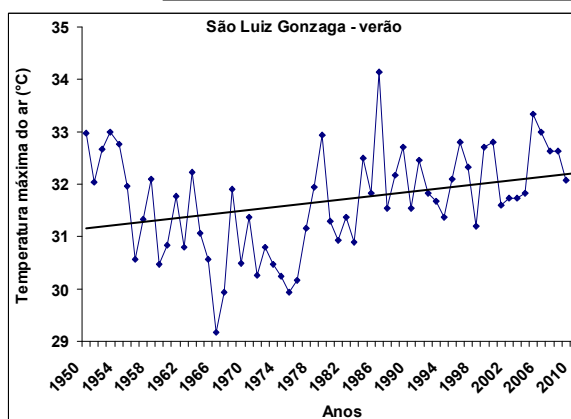
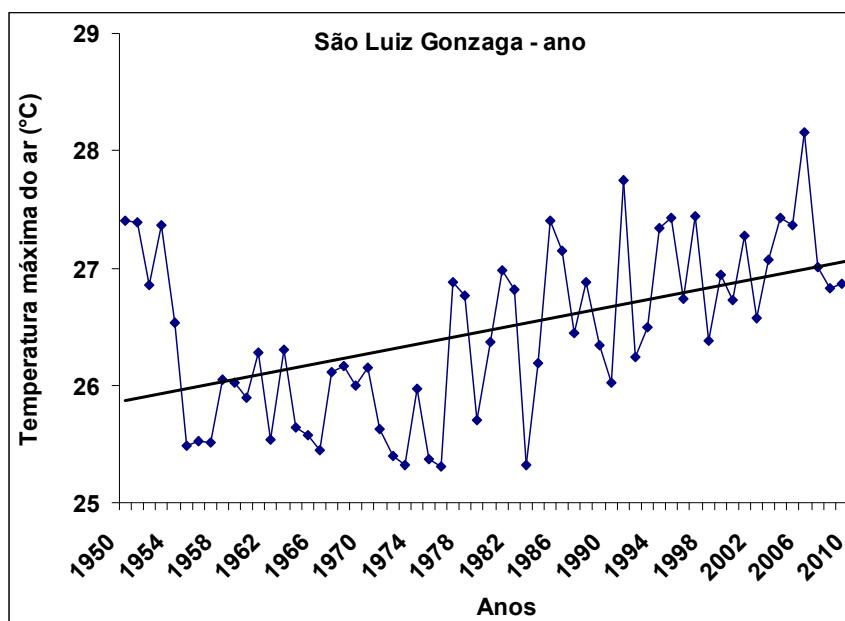
APÊNDICE 38. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



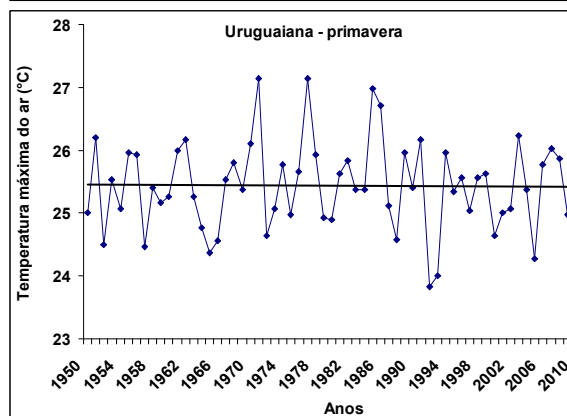
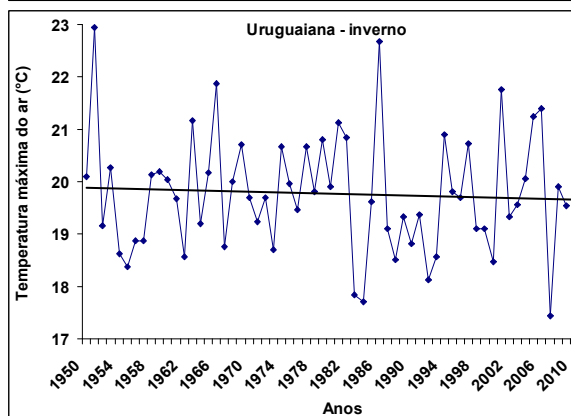
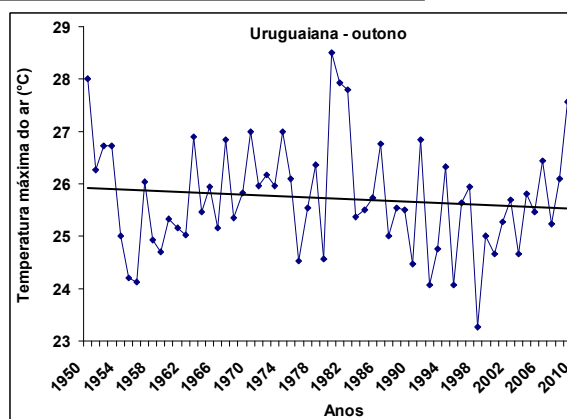
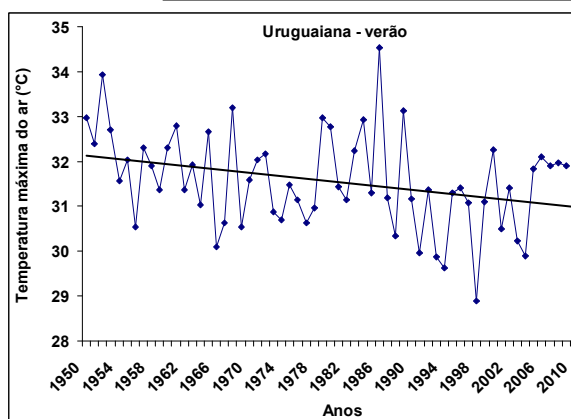
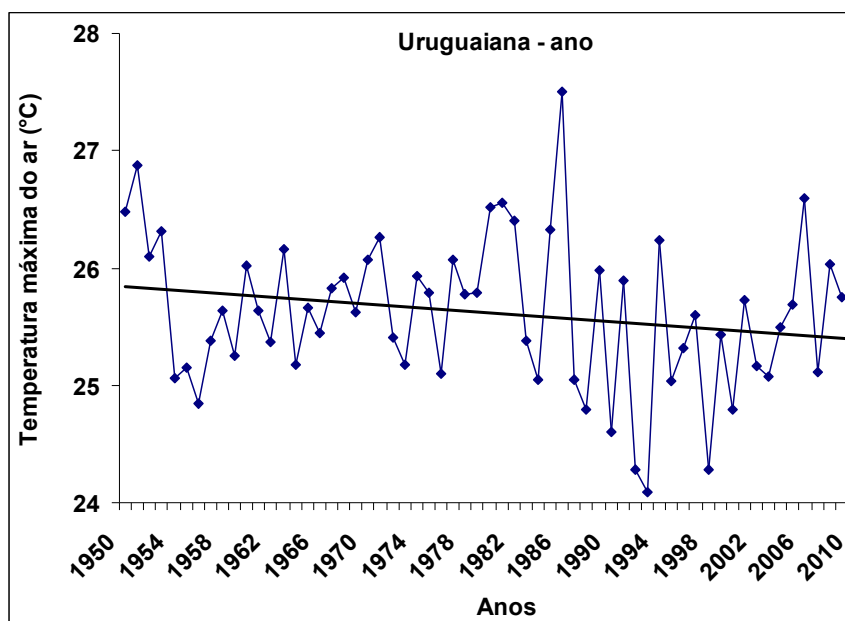
APÊNDICE 39. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



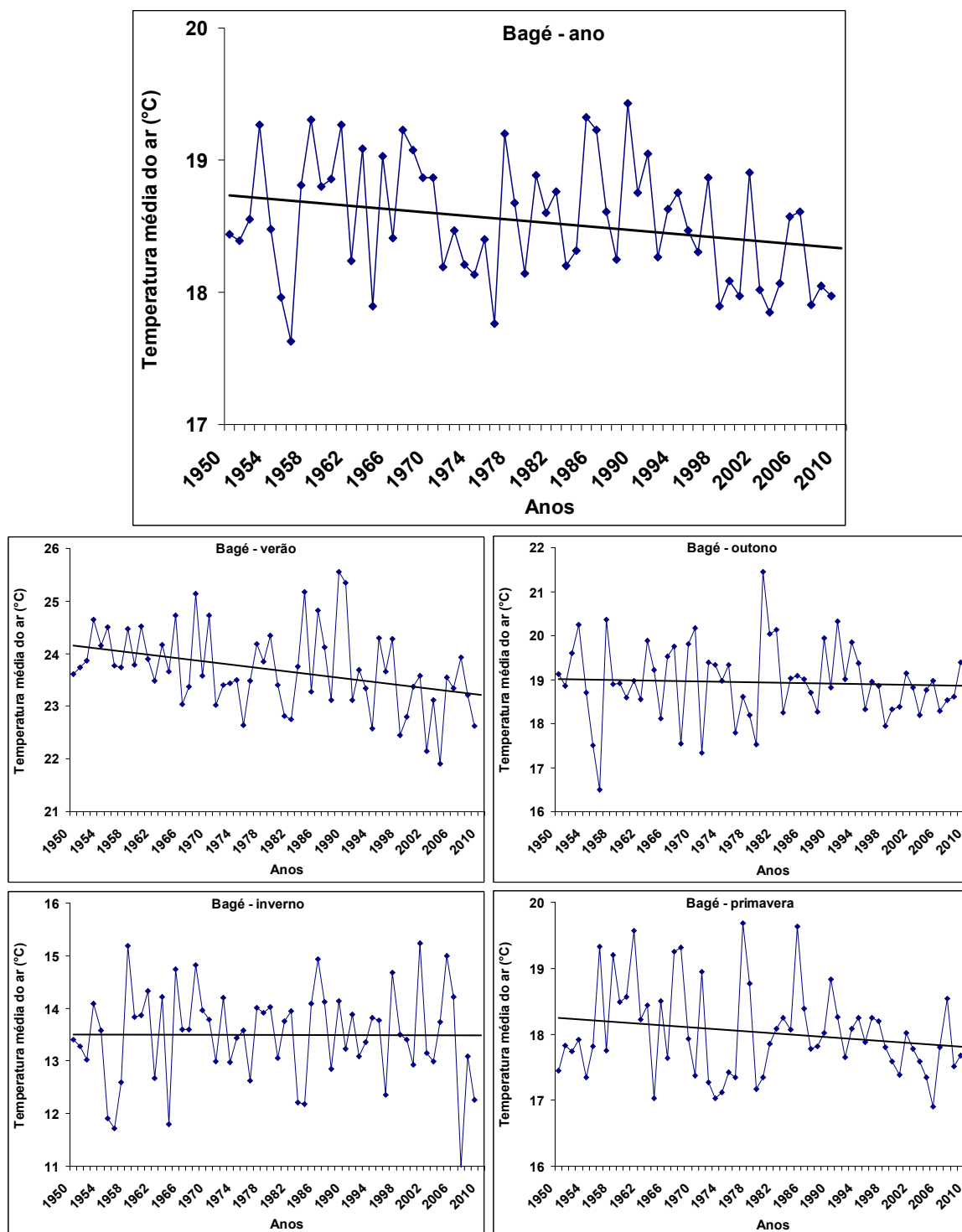
APÊNDICE 40. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



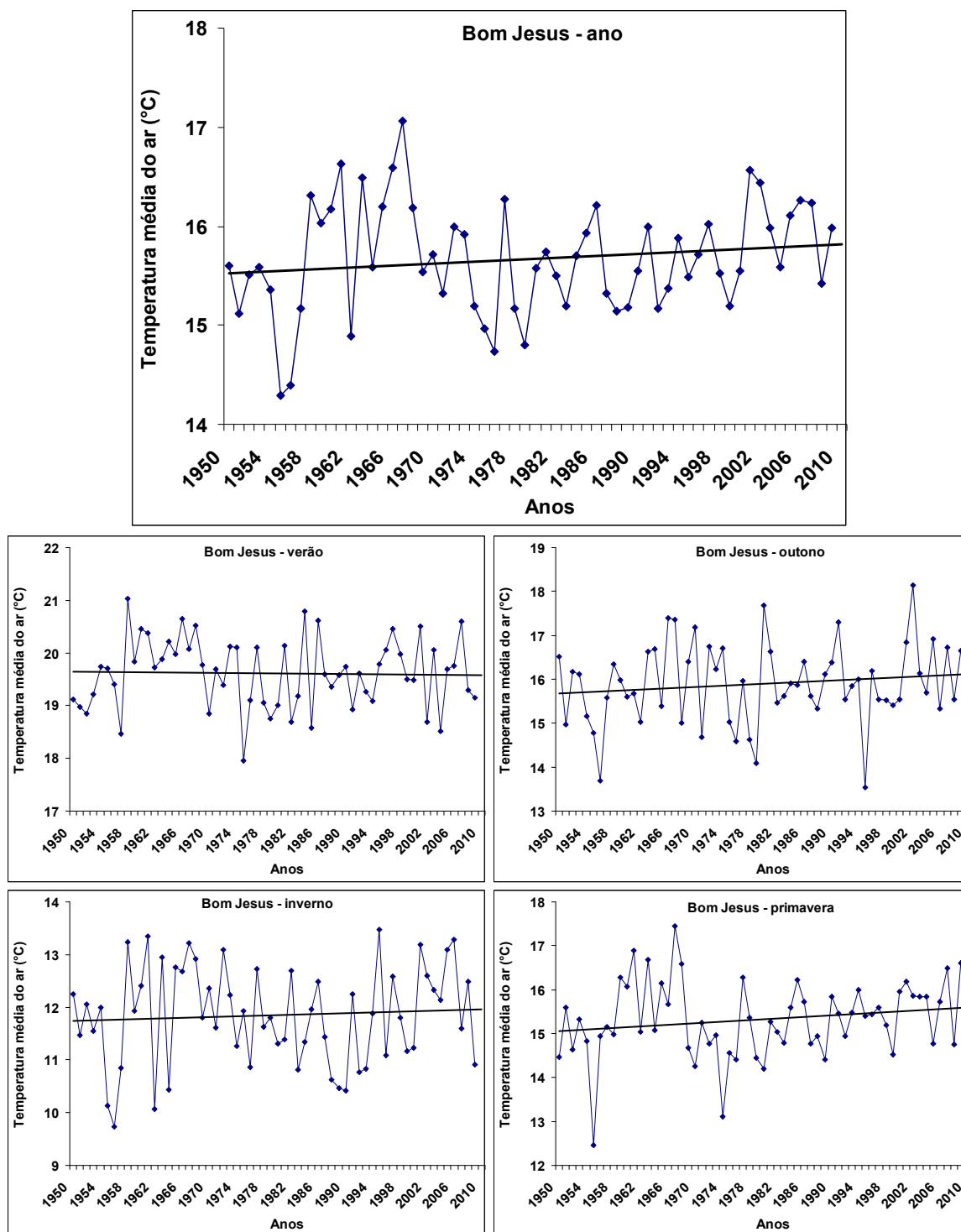
APÊNDICE 41. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



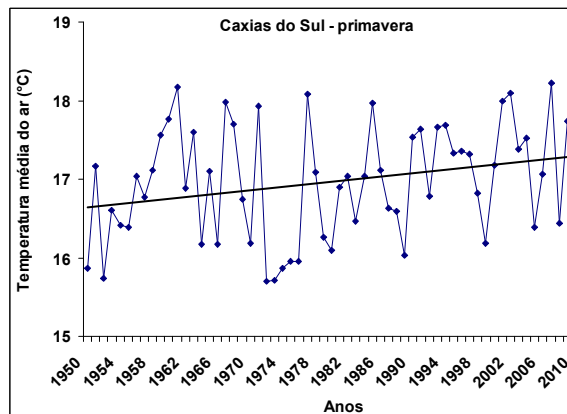
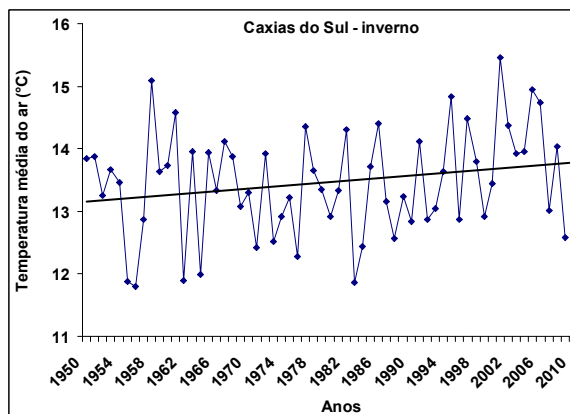
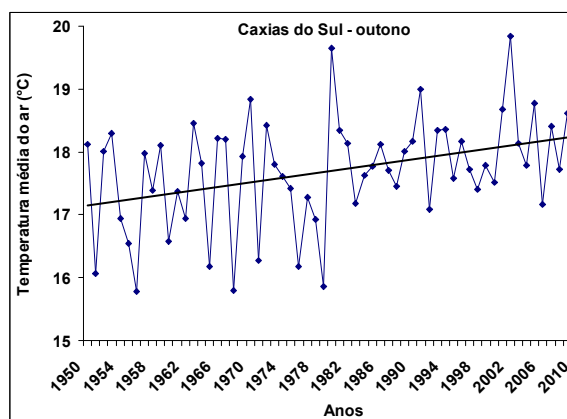
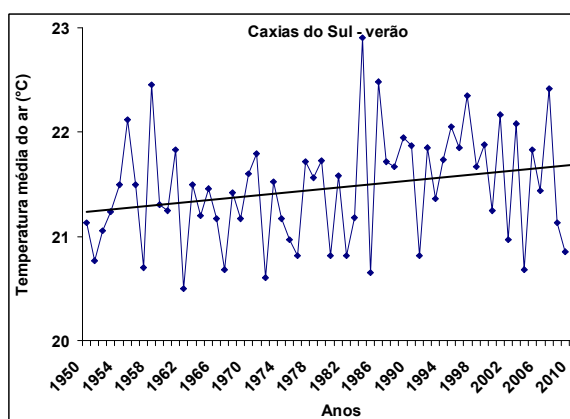
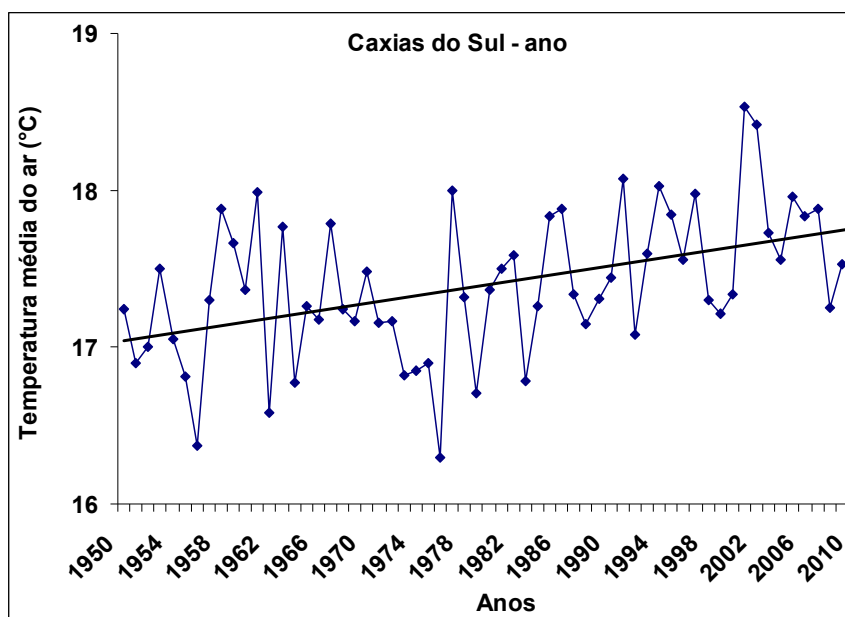
APÊNDICE 42. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



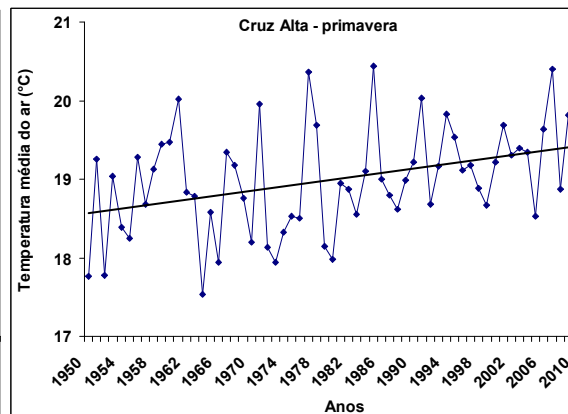
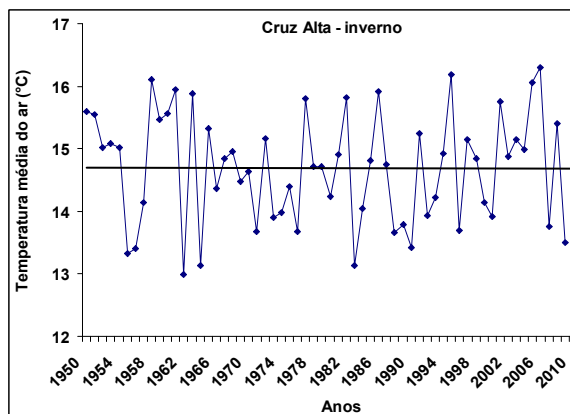
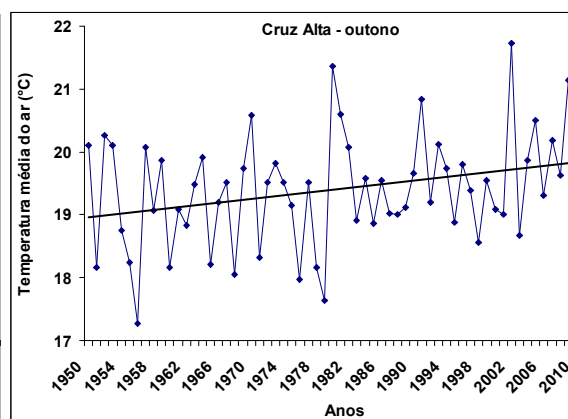
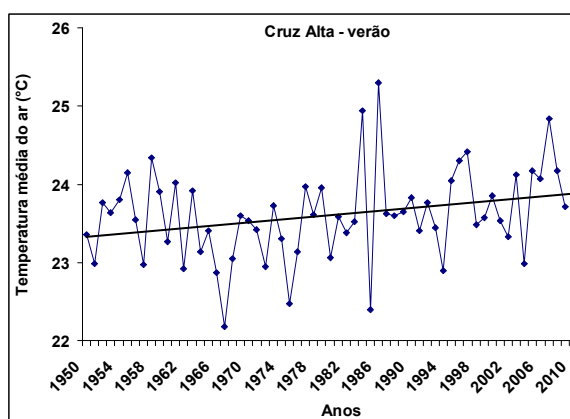
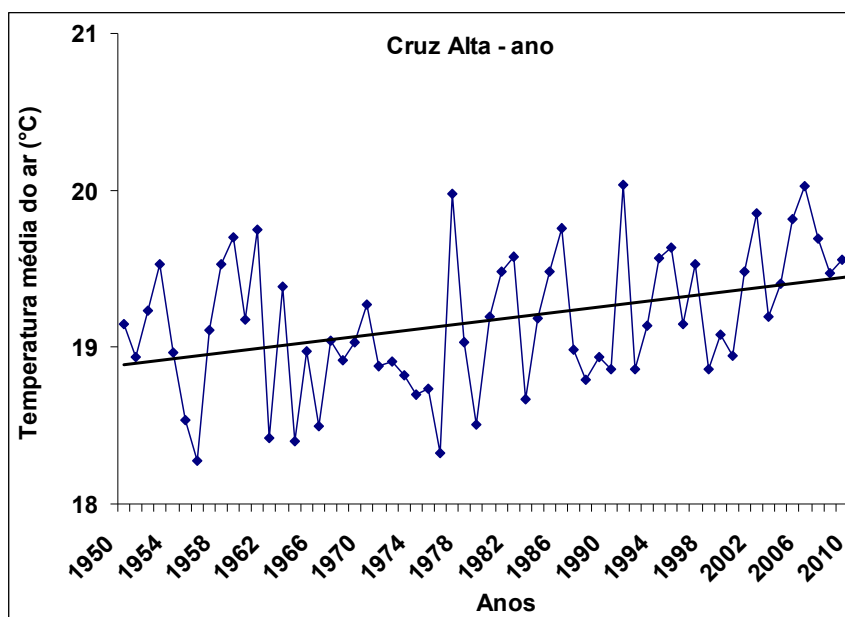
APÊNDICE 43. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



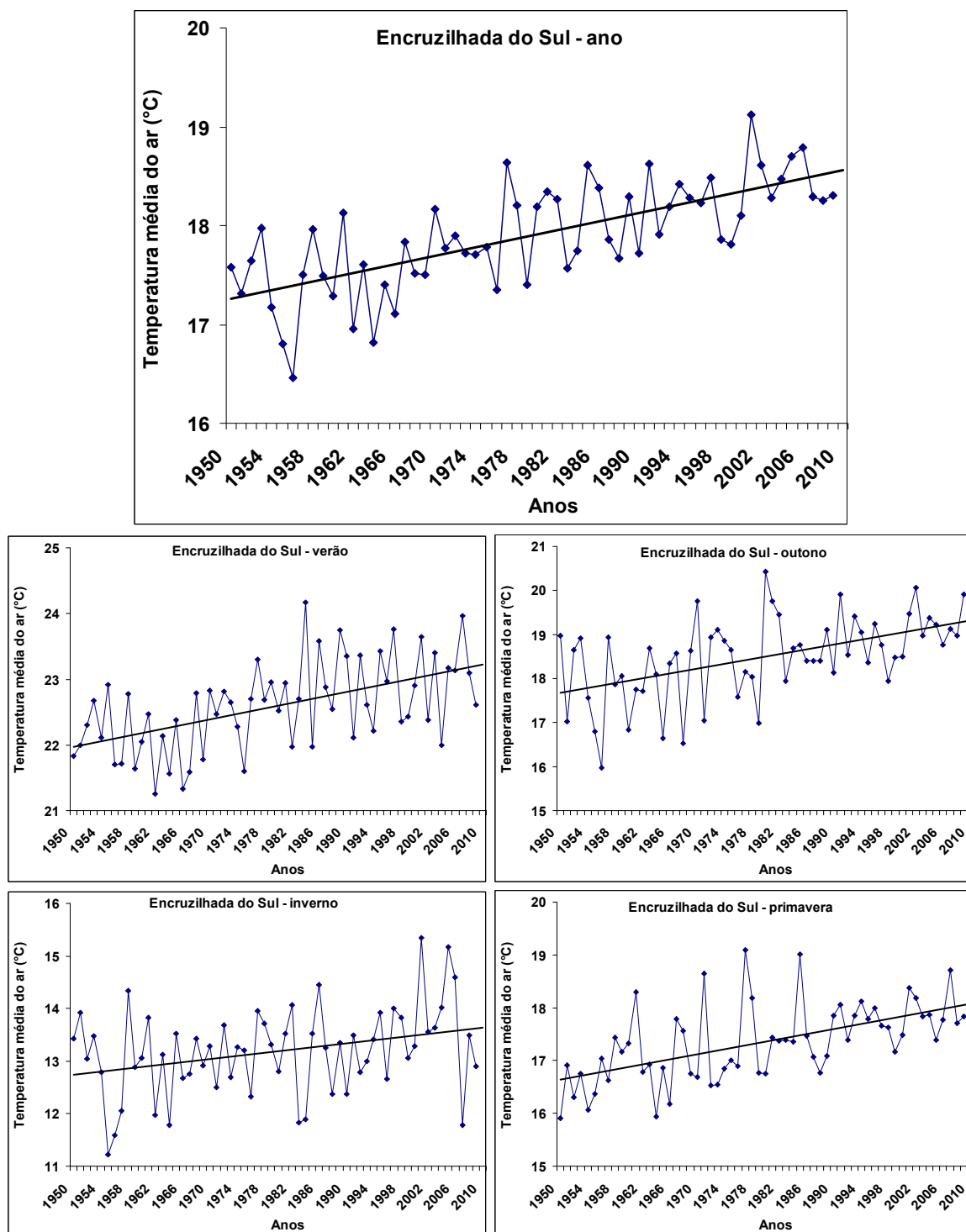
APÊNDICE 44. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



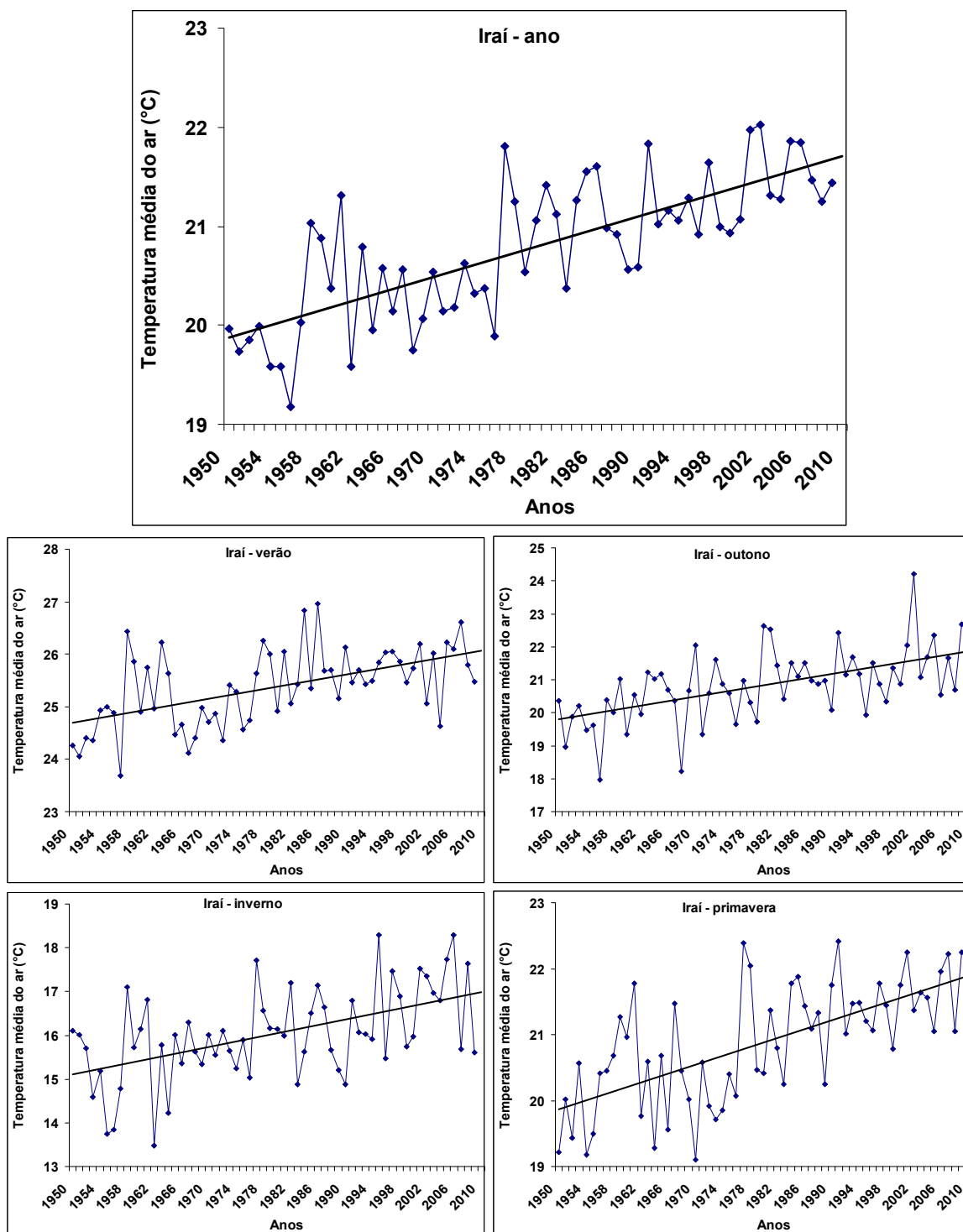
APÊNDICE 45. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



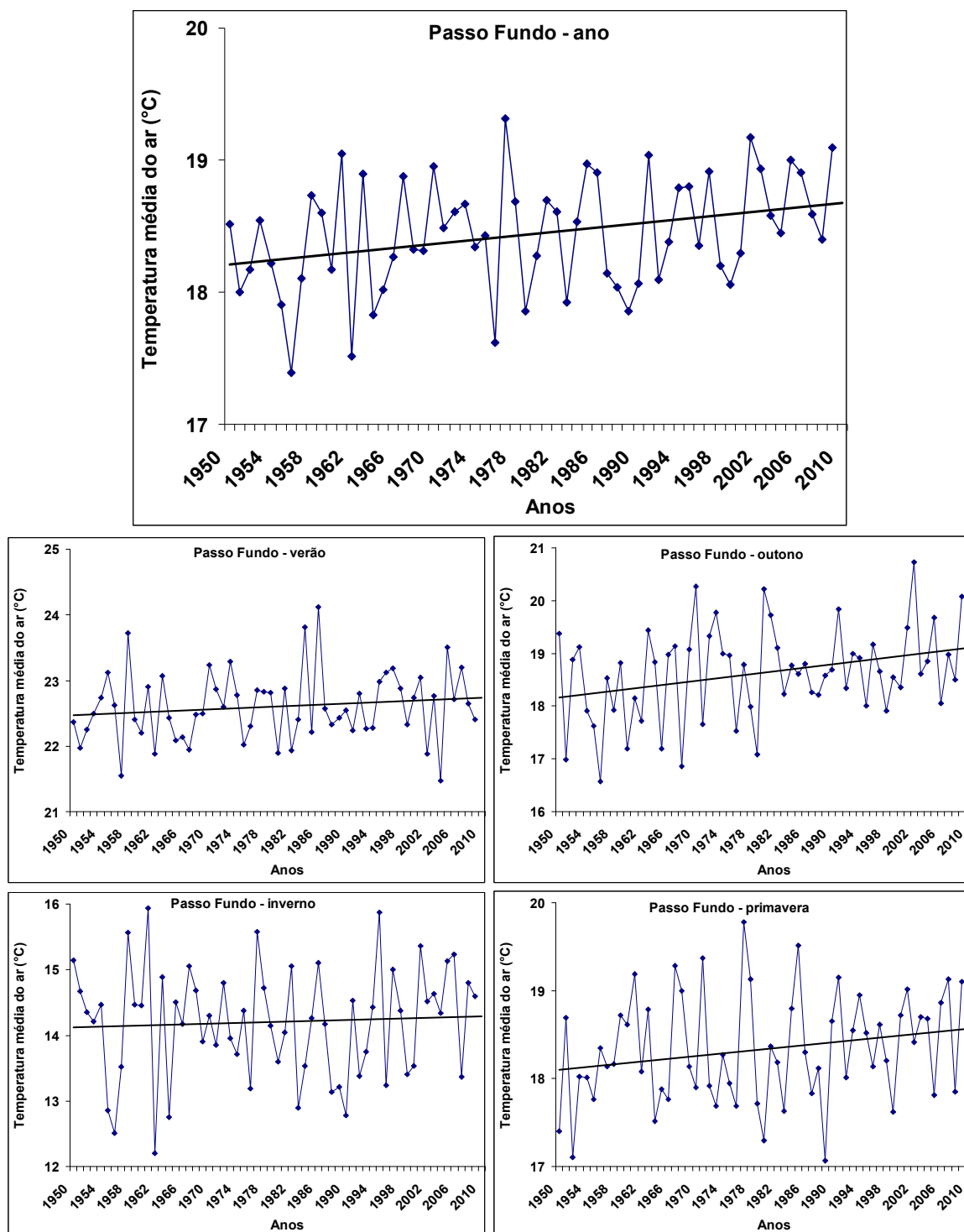
APÊNDICE 46. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



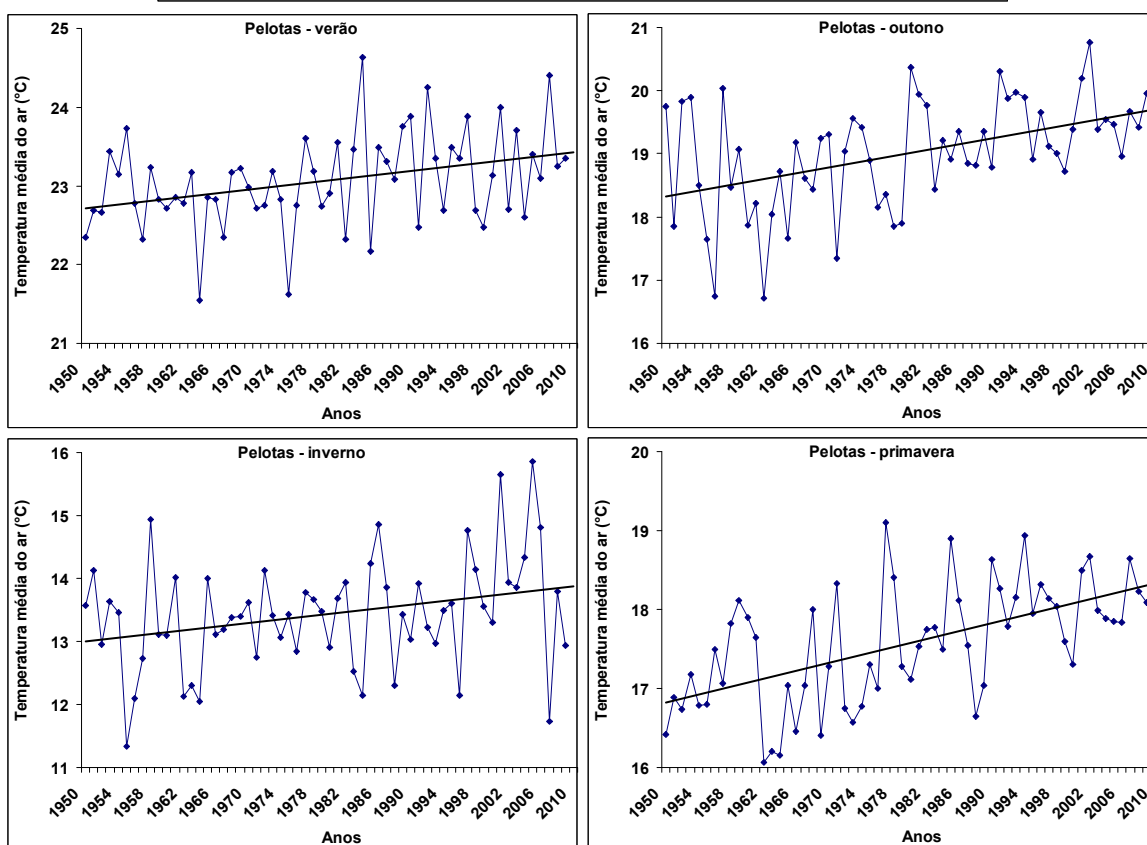
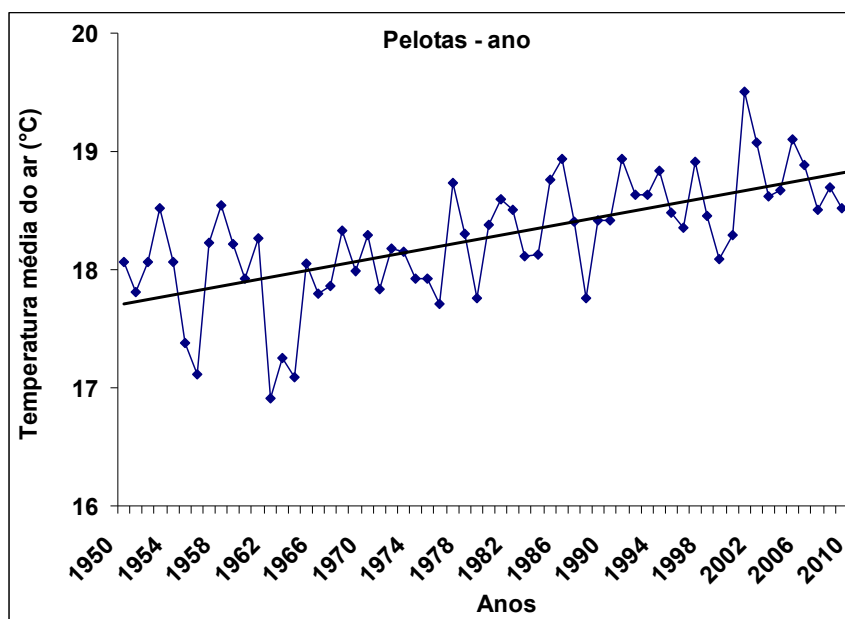
APÊNDICE 47. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



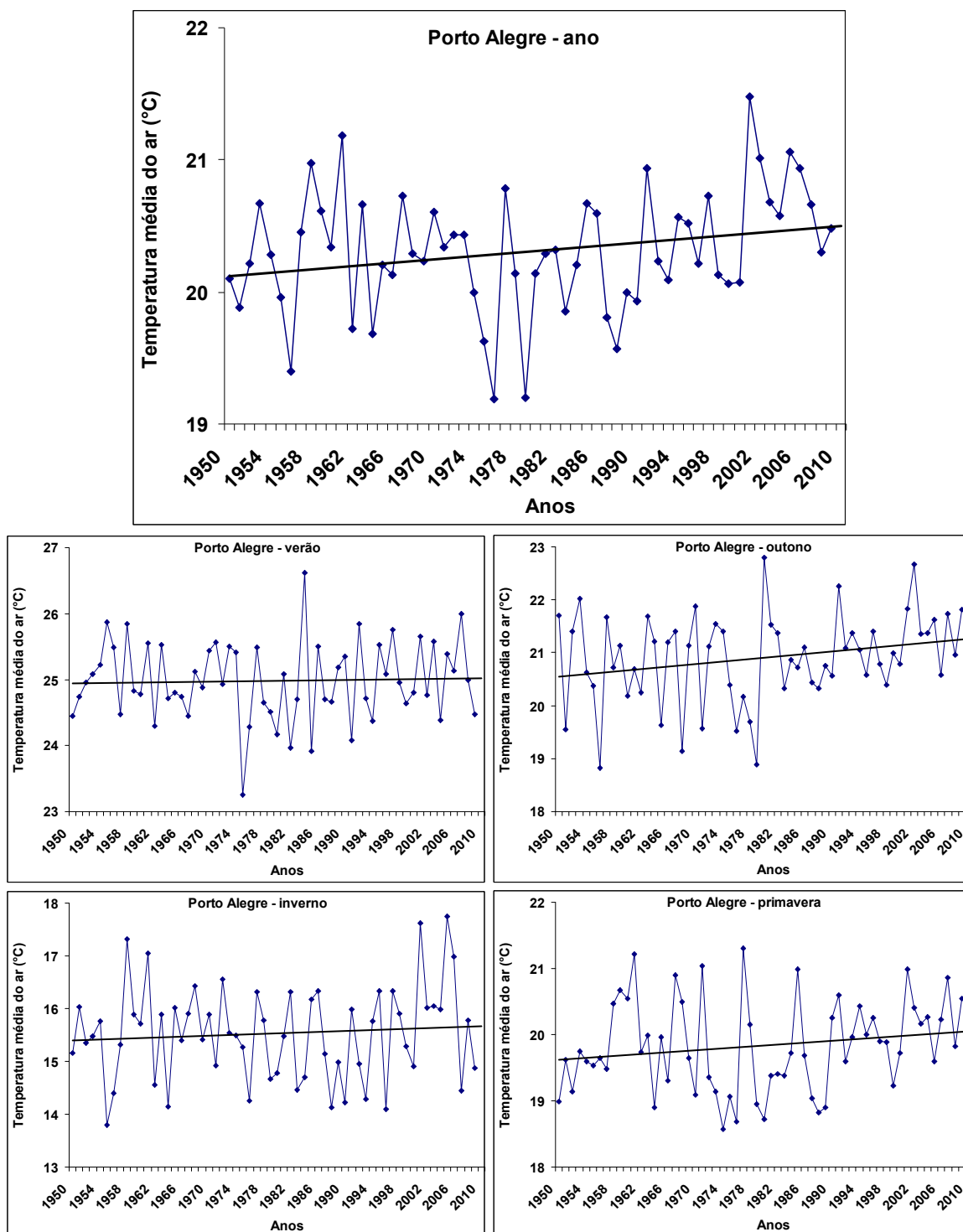
APÊNDICE 48. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



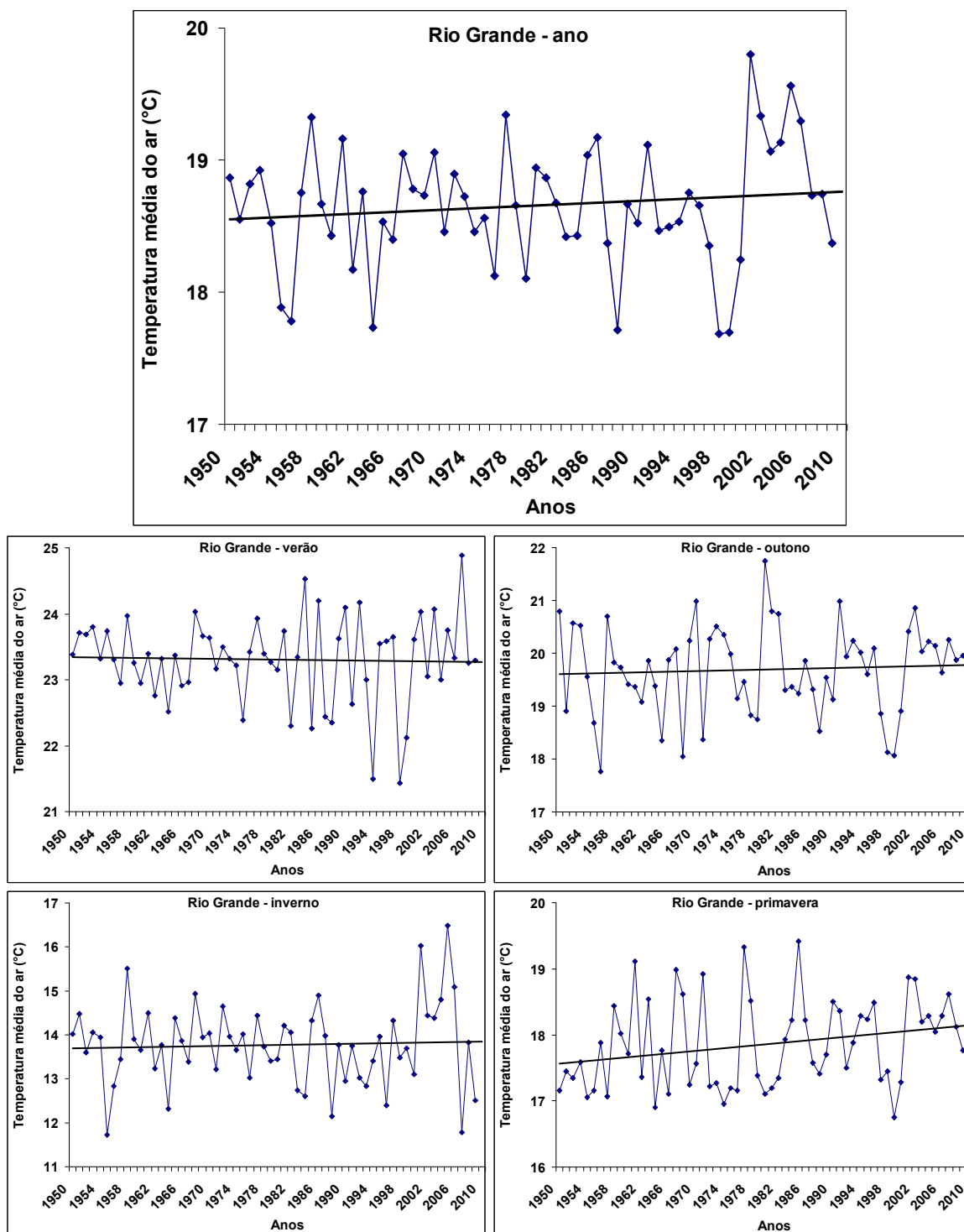
APÊNDICE 49. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



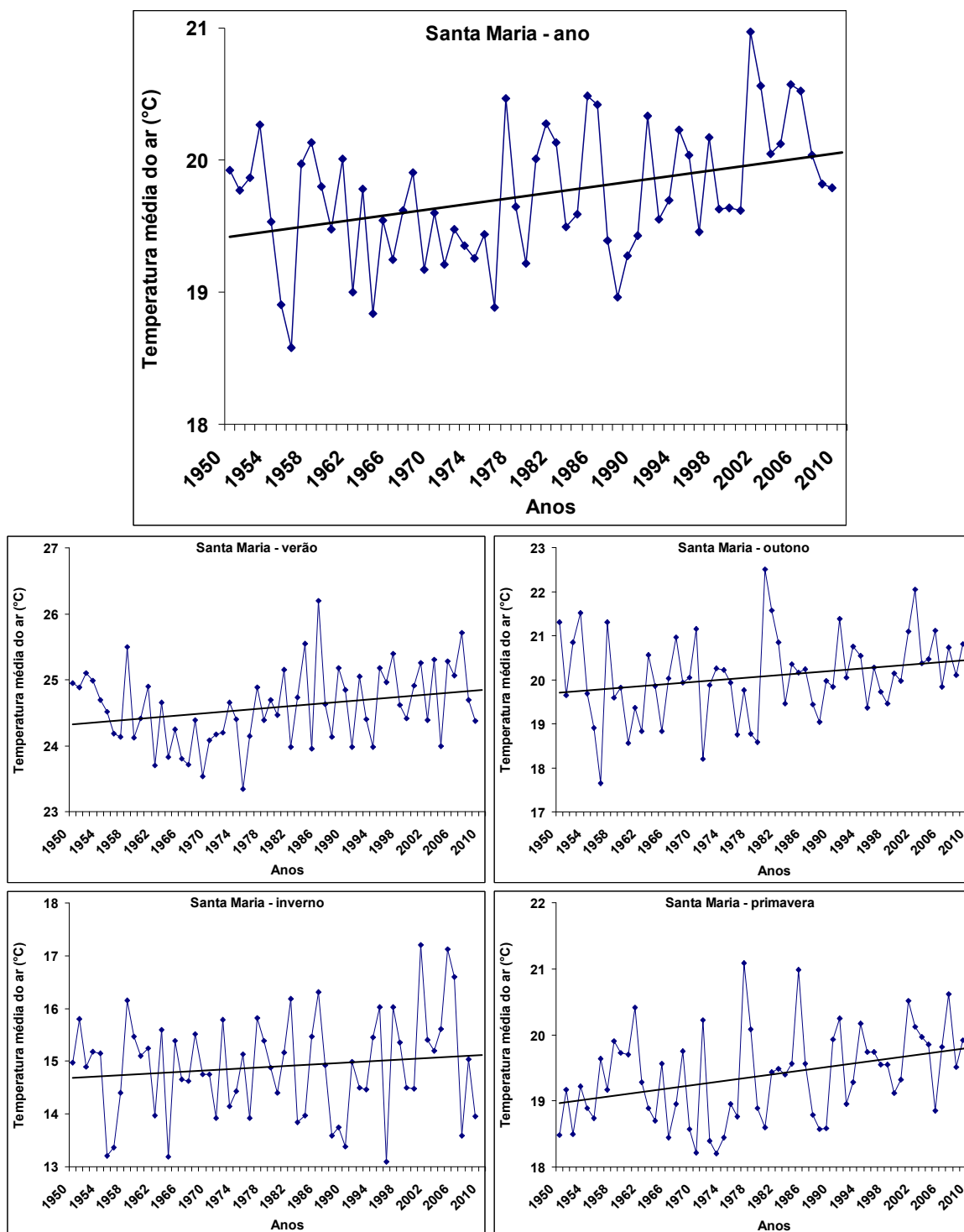
APÊNDICE 50. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



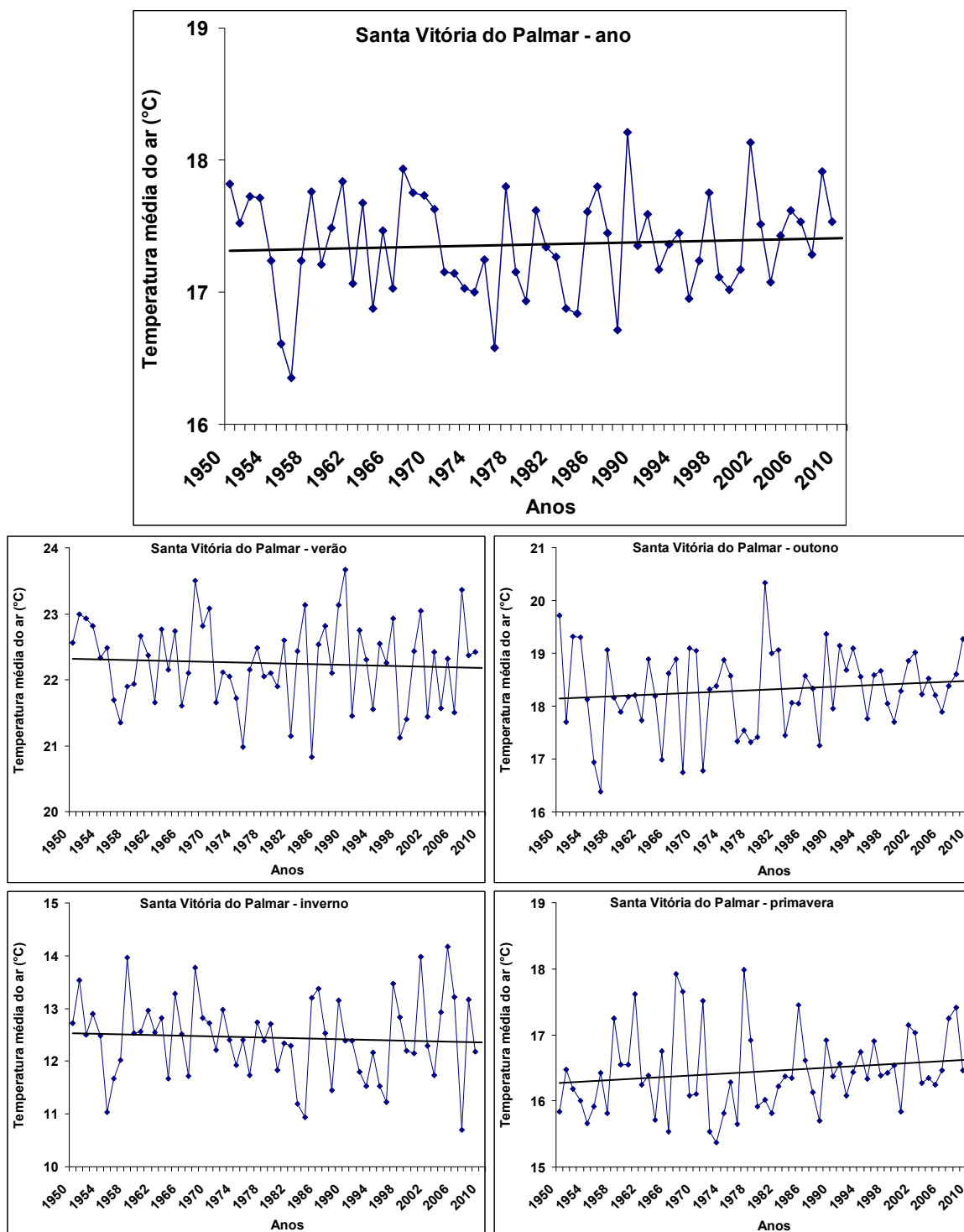
APÊNDICE 51. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



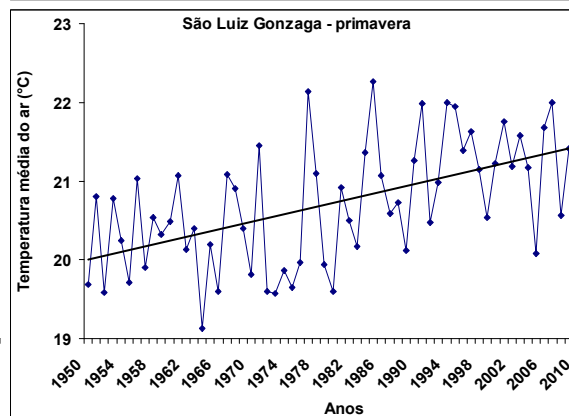
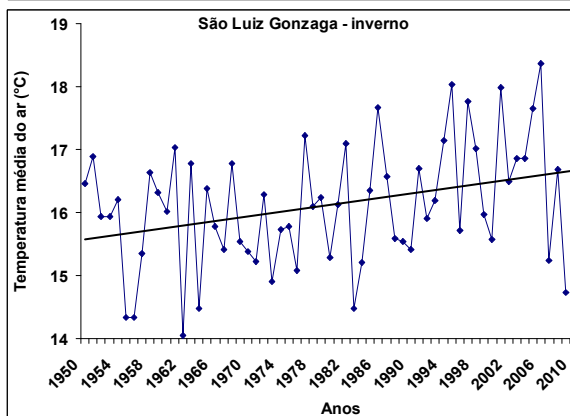
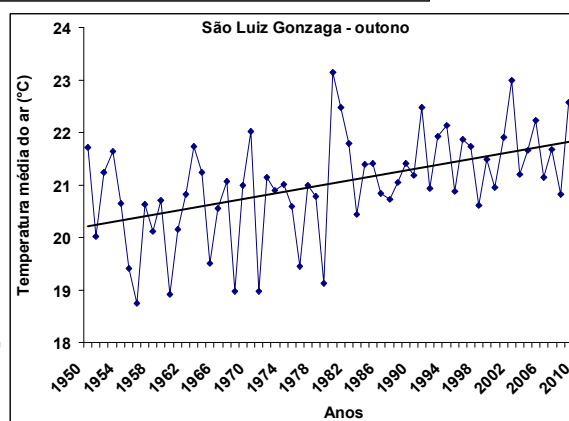
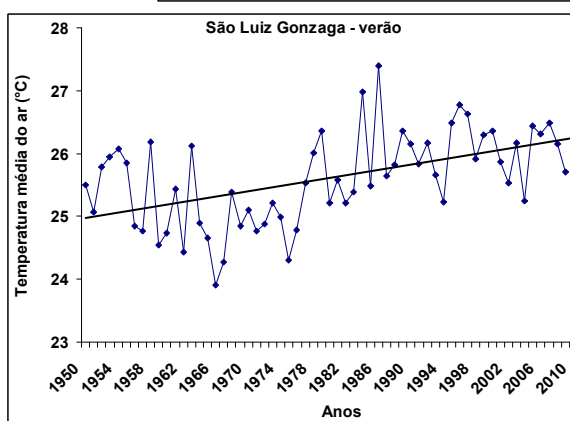
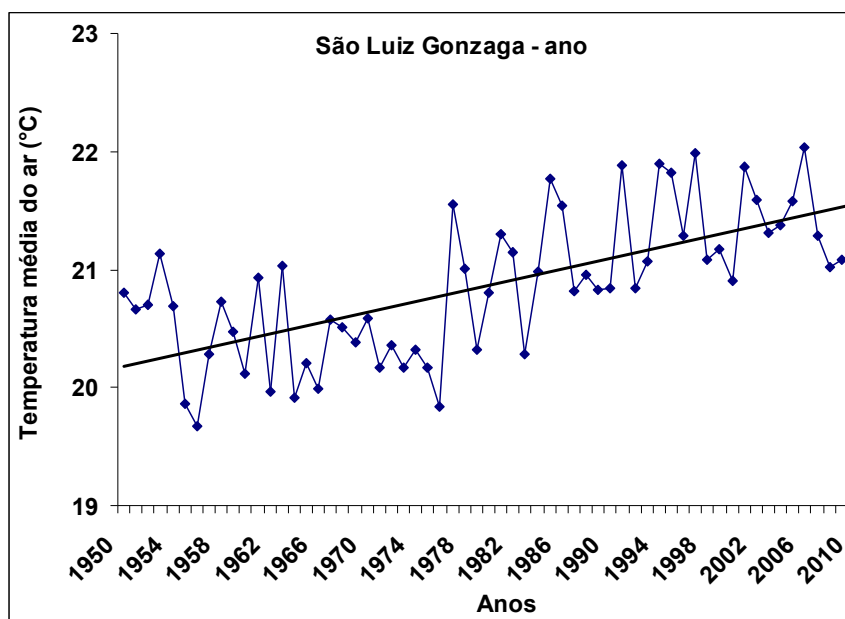
APÊNDICE 52. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



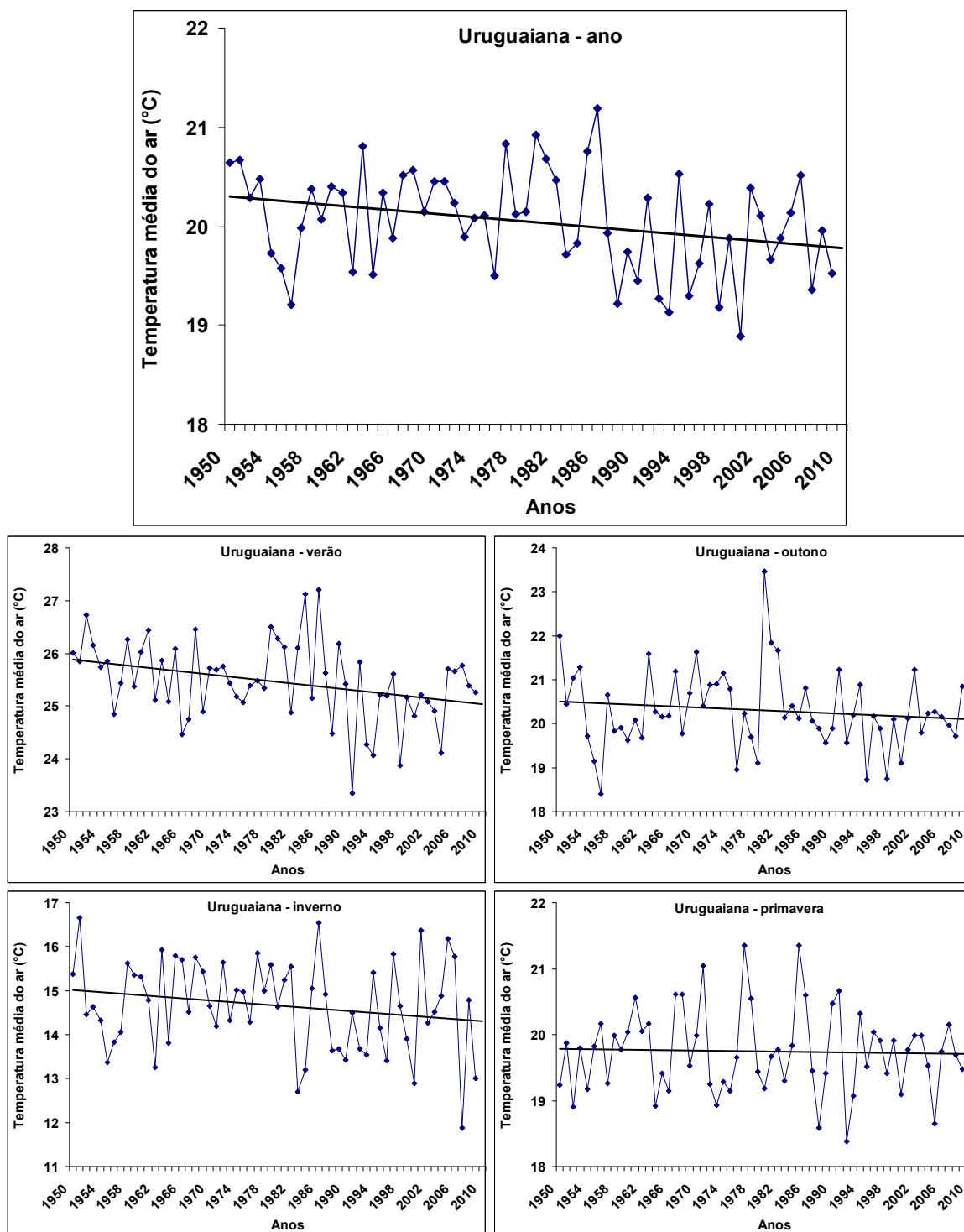
APÊNDICE 53. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



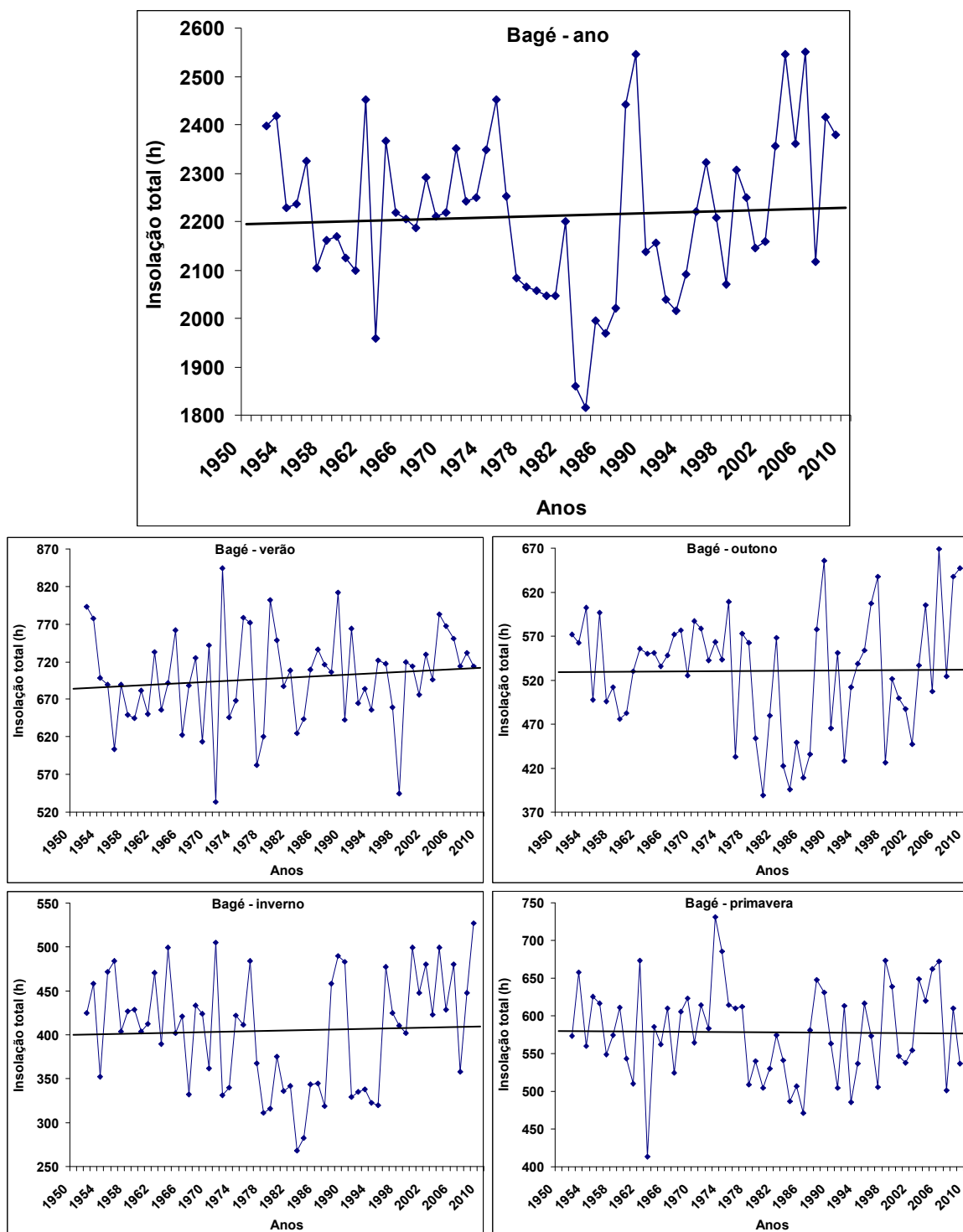
APÊNDICE 54. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



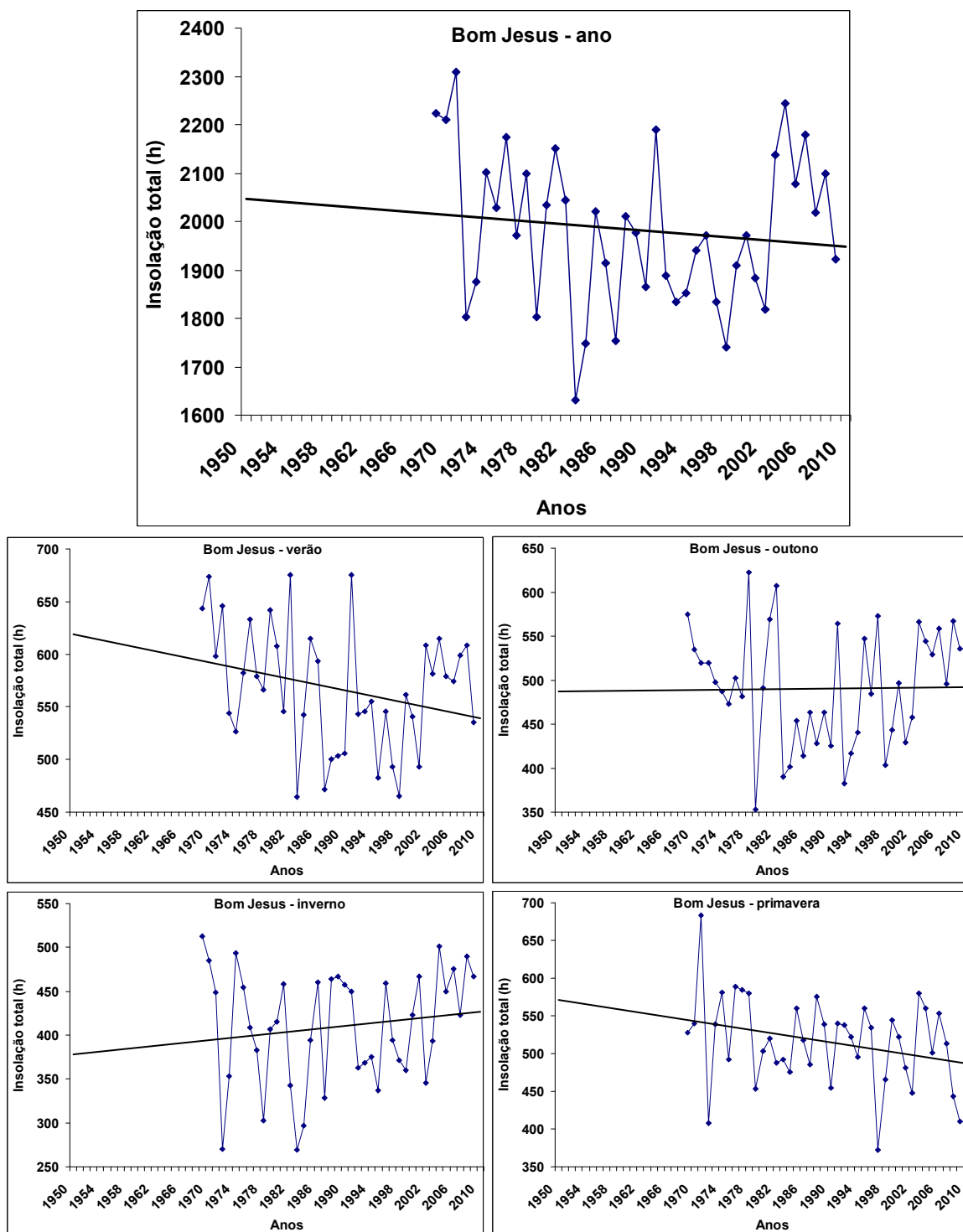
APÊNDICE 55. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



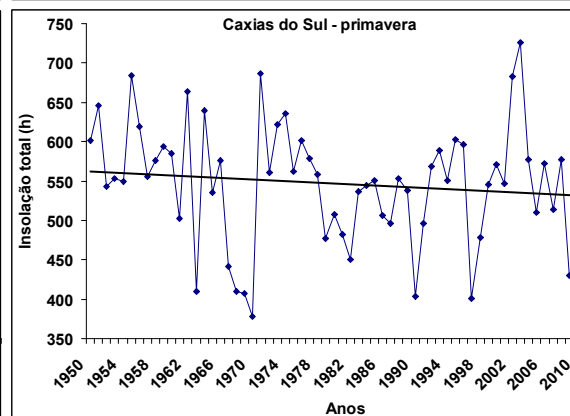
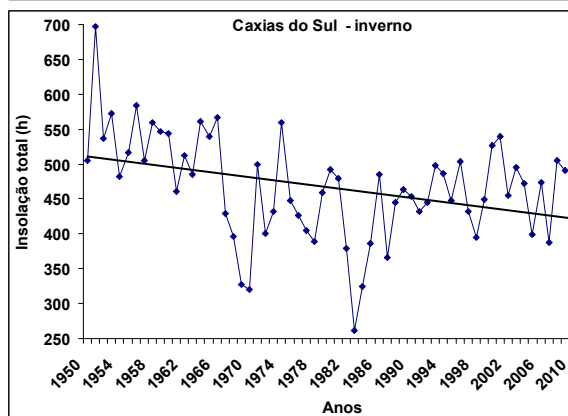
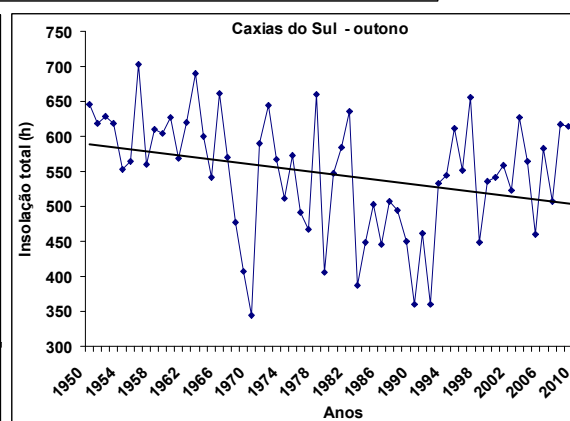
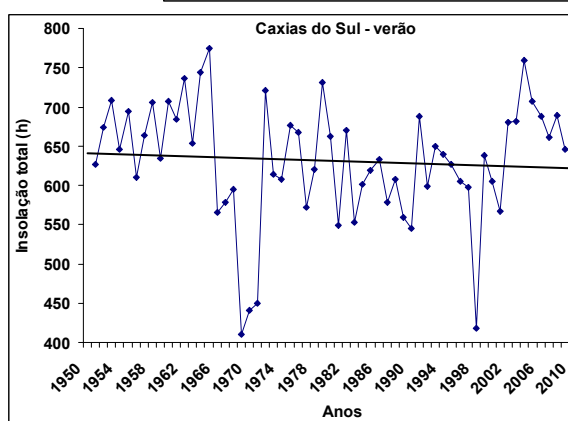
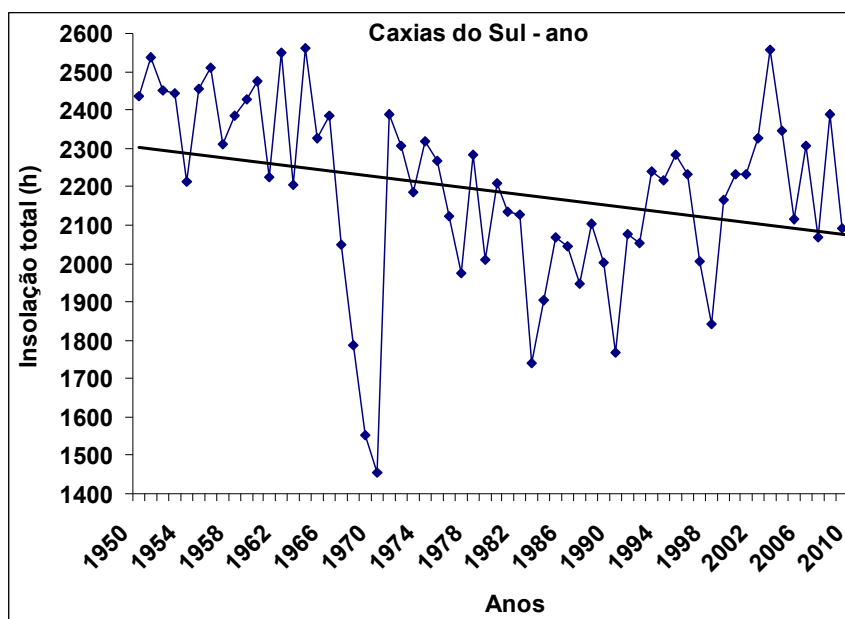
APÊNDICE 56. Tendência linear da temperatura média do ar anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



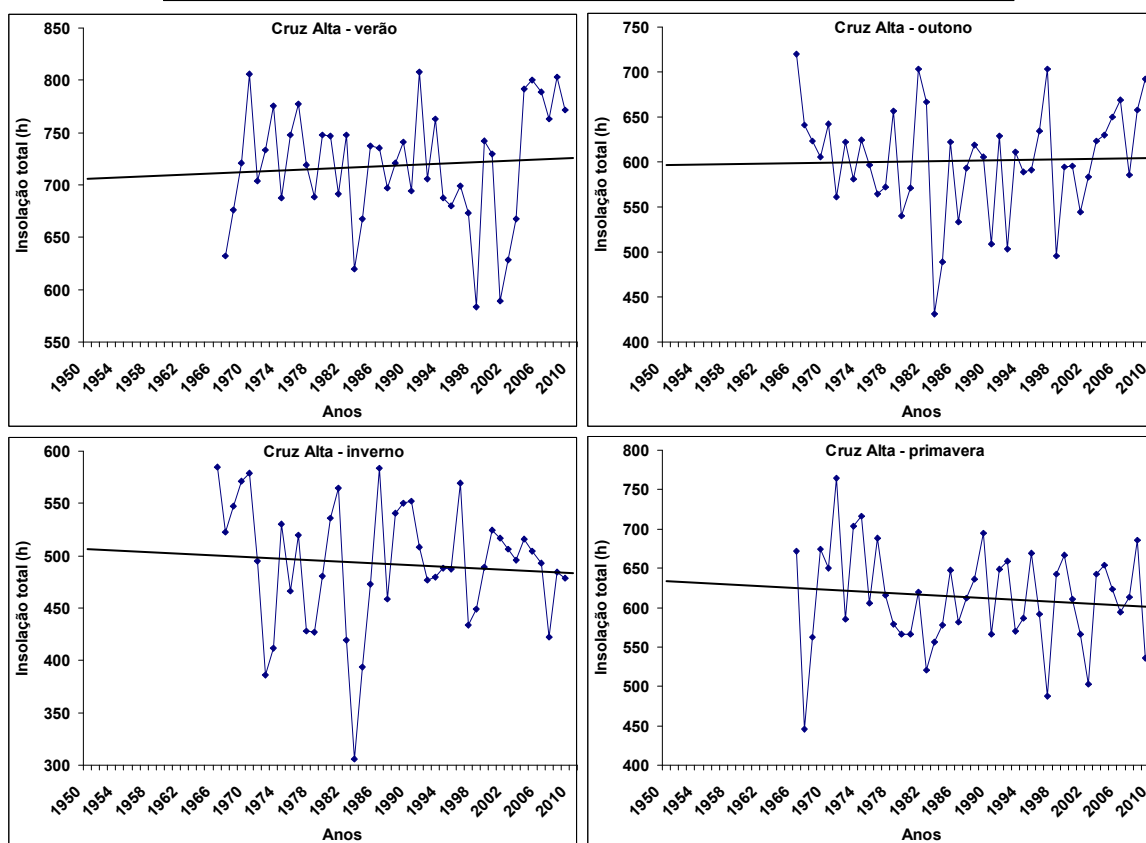
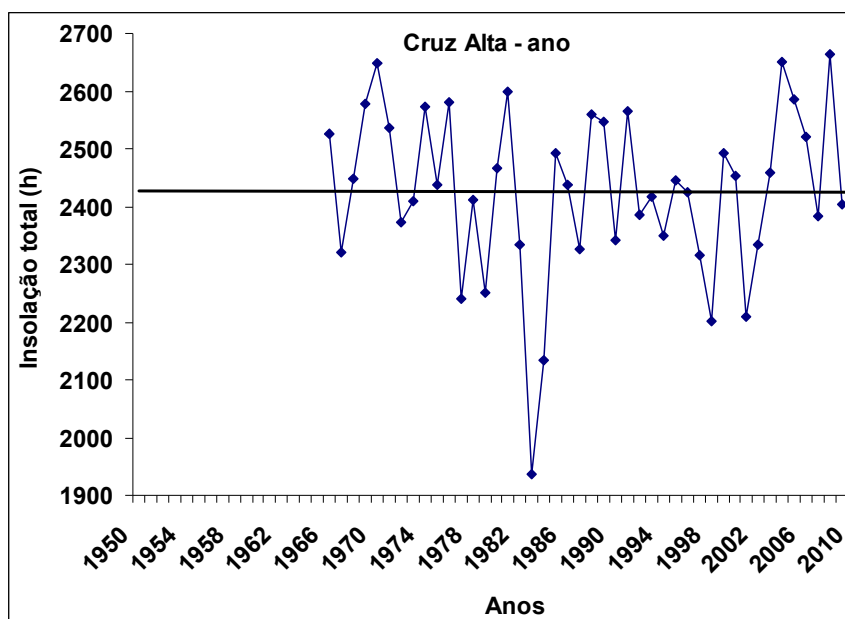
APÊNDICE 57. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



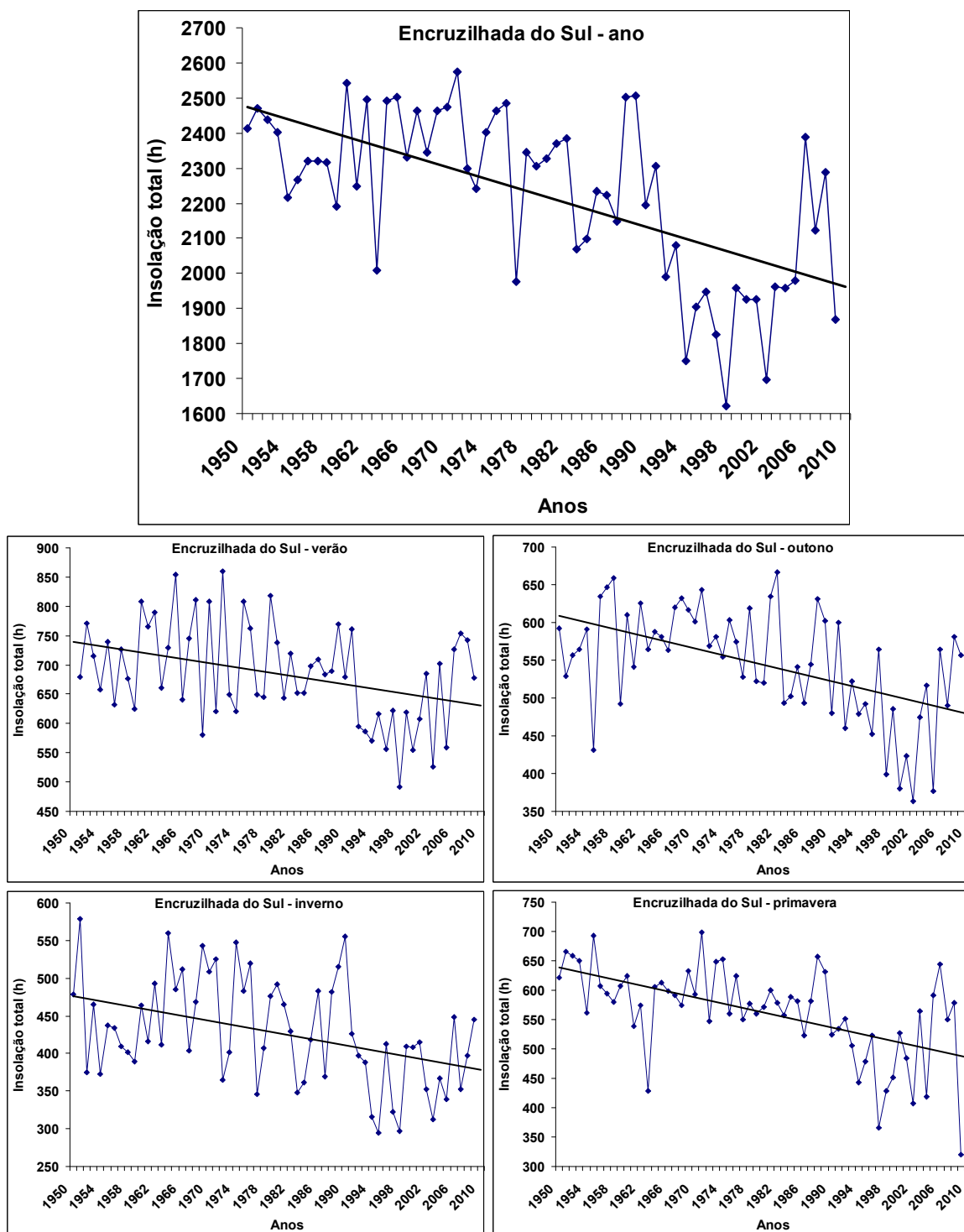
APÊNDICE 58. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



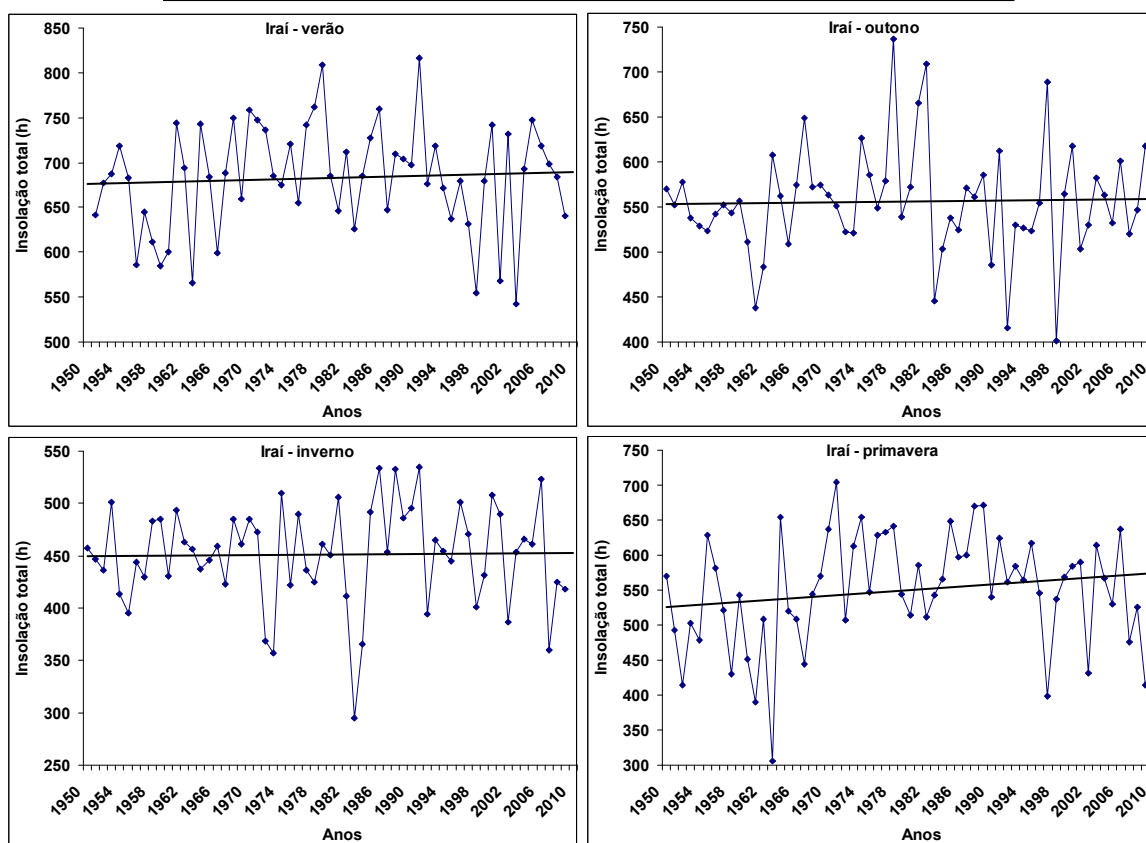
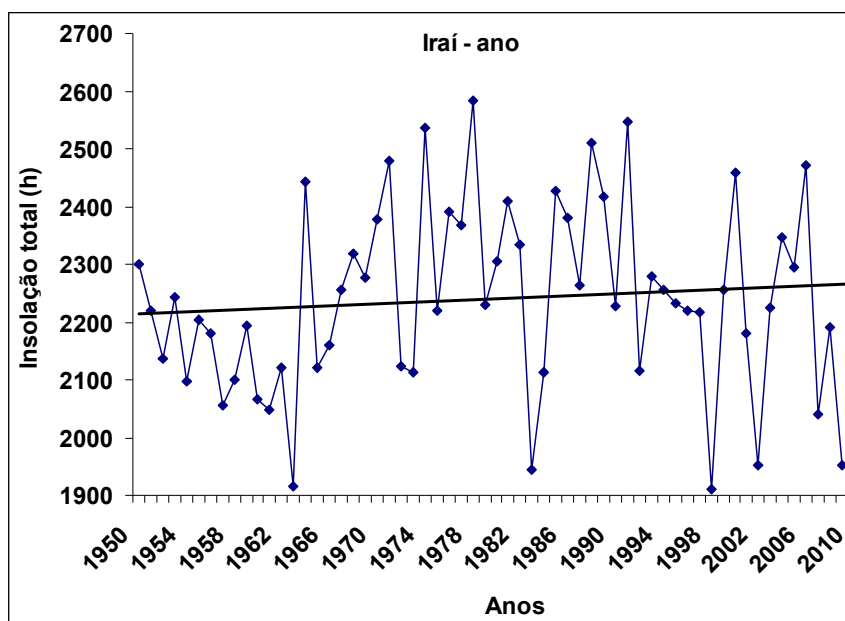
APÊNDICE 59. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



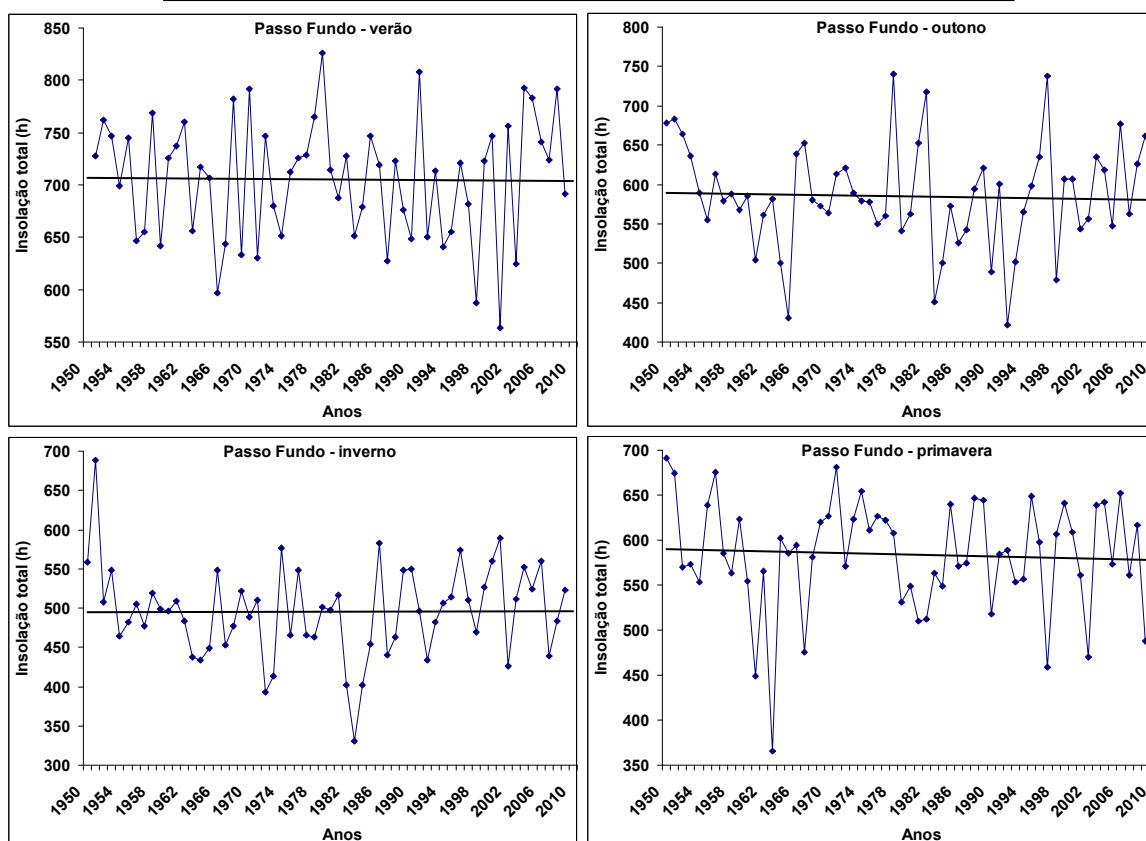
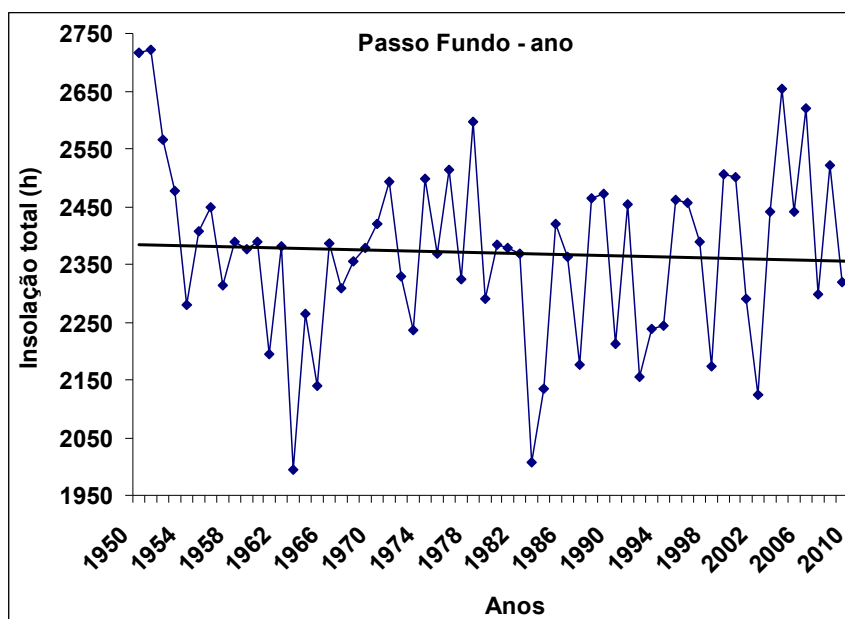
APÊNDICE 60. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



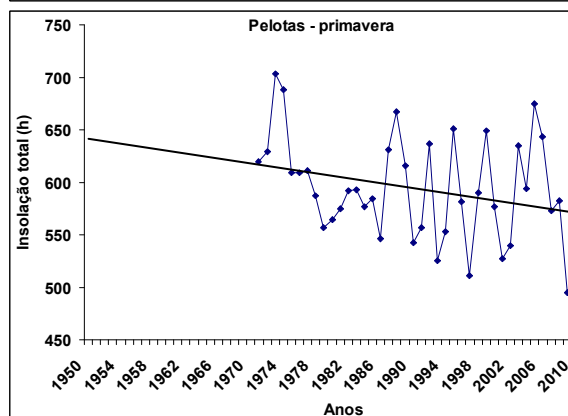
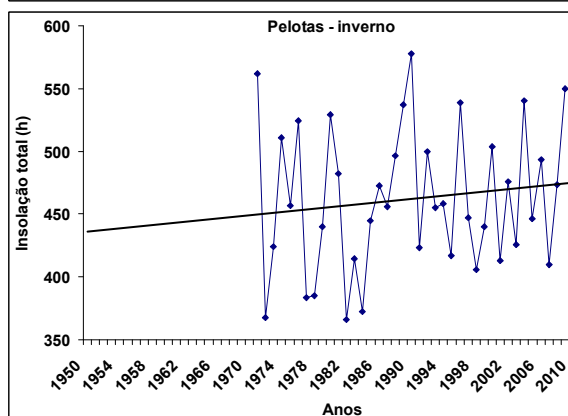
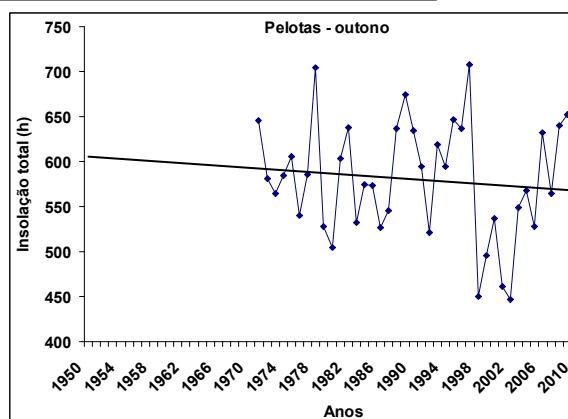
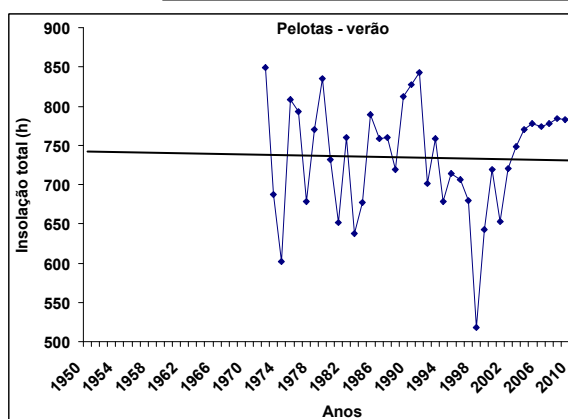
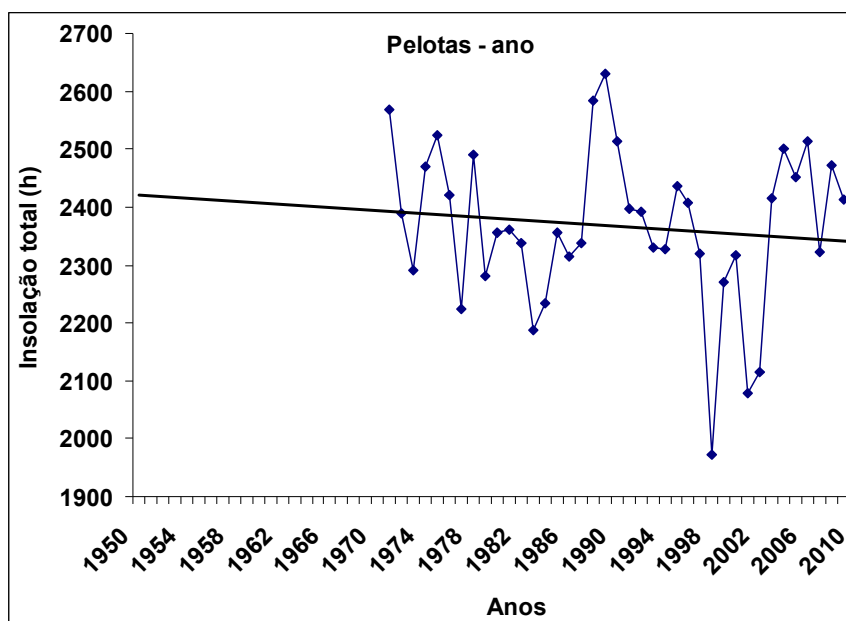
APÊNDICE 61. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



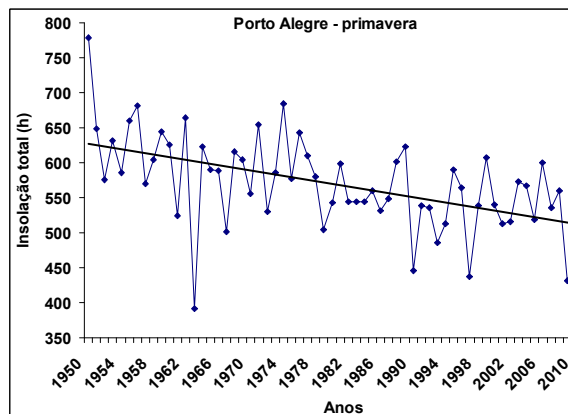
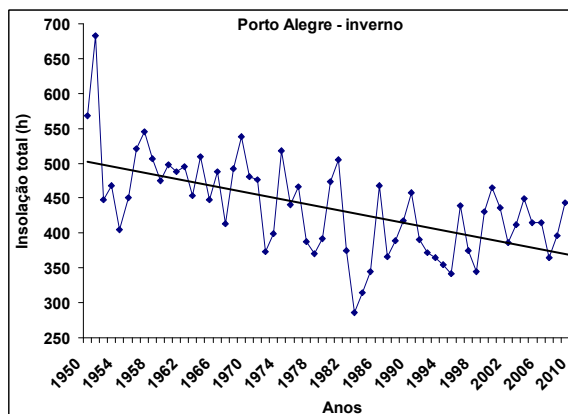
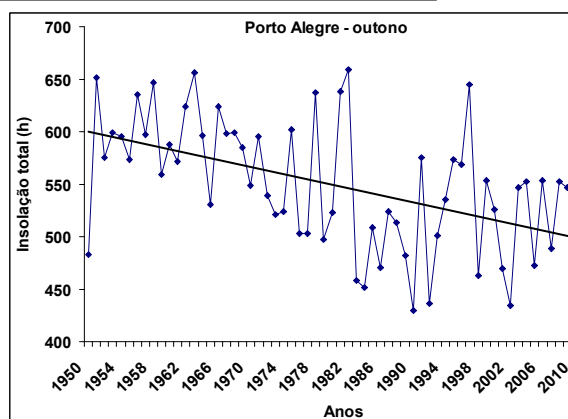
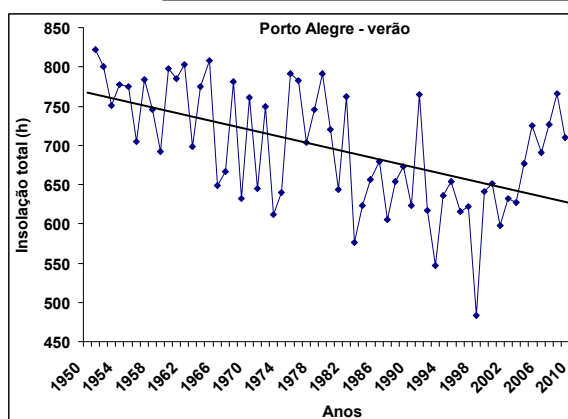
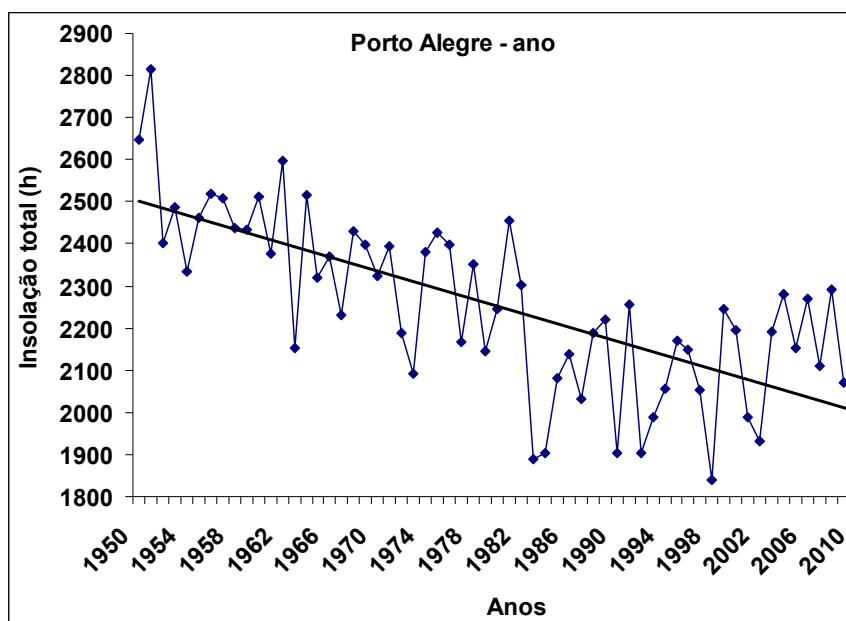
APÊNDICE 62. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



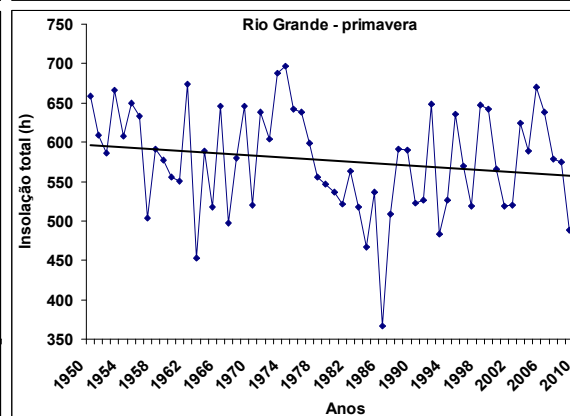
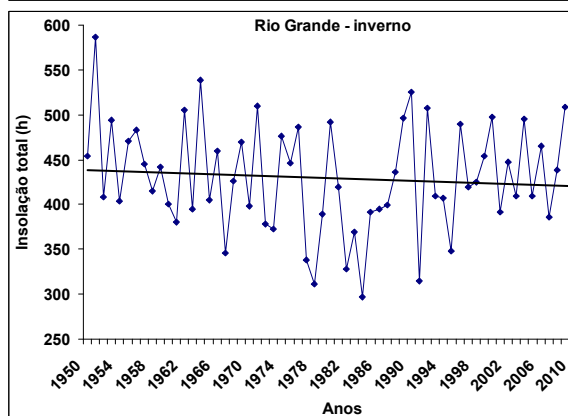
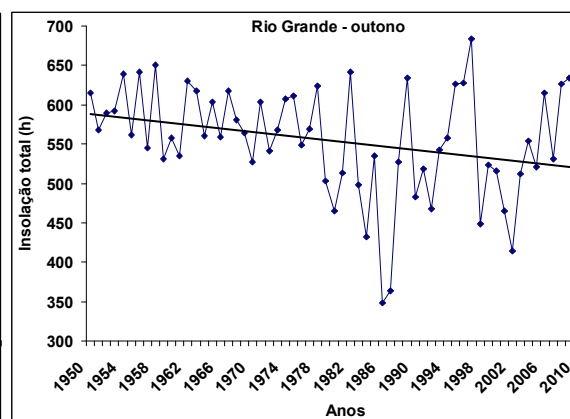
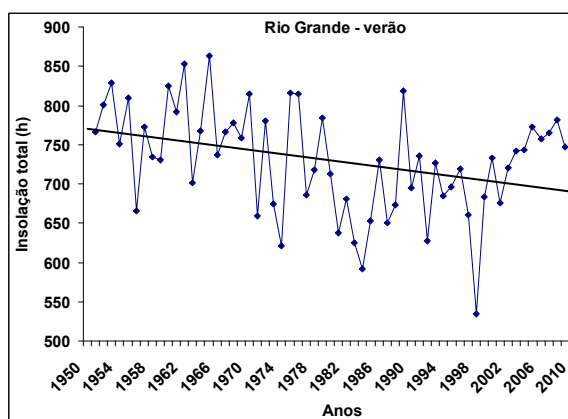
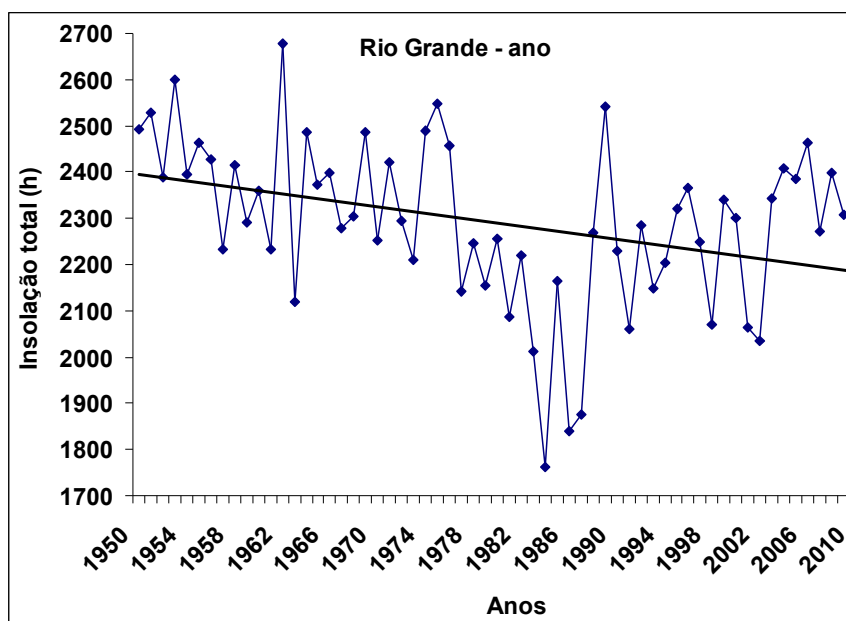
APÊNDICE 63. Tendência linear da insoiação anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



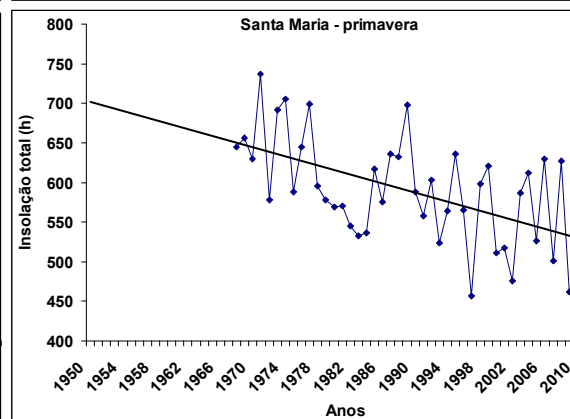
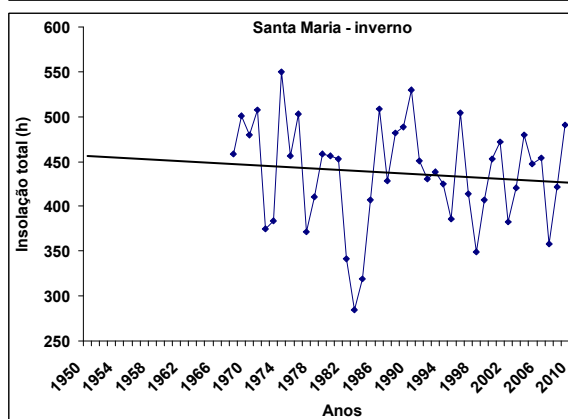
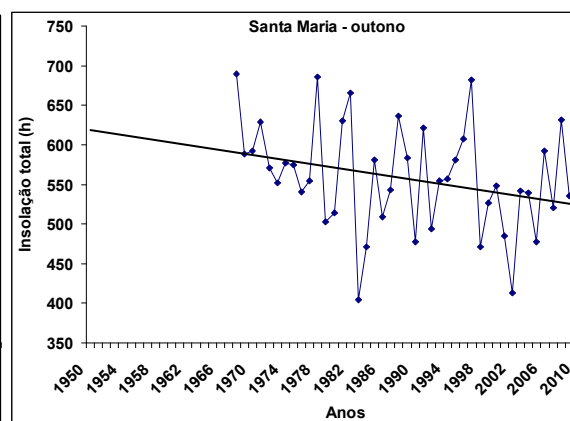
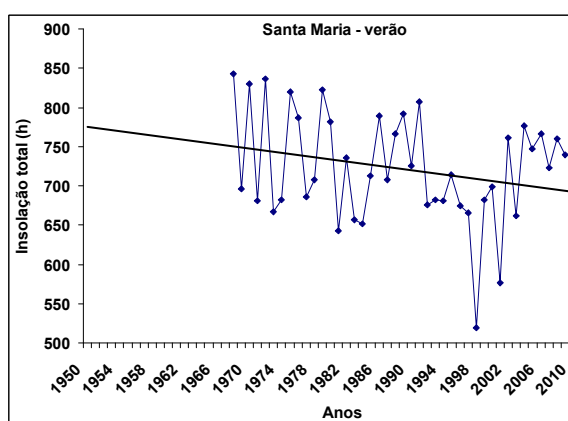
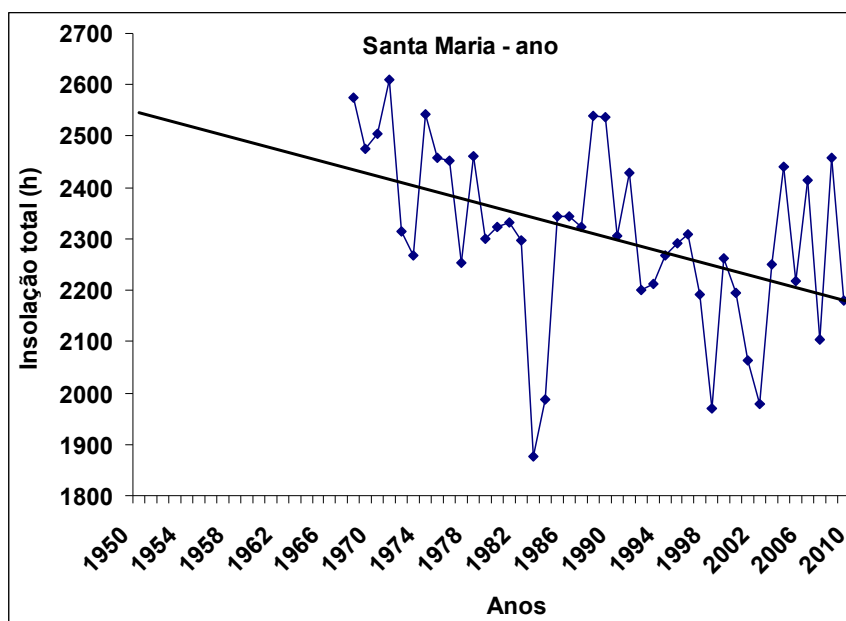
APÊNDICE 64. Tendência linear da insoiação anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



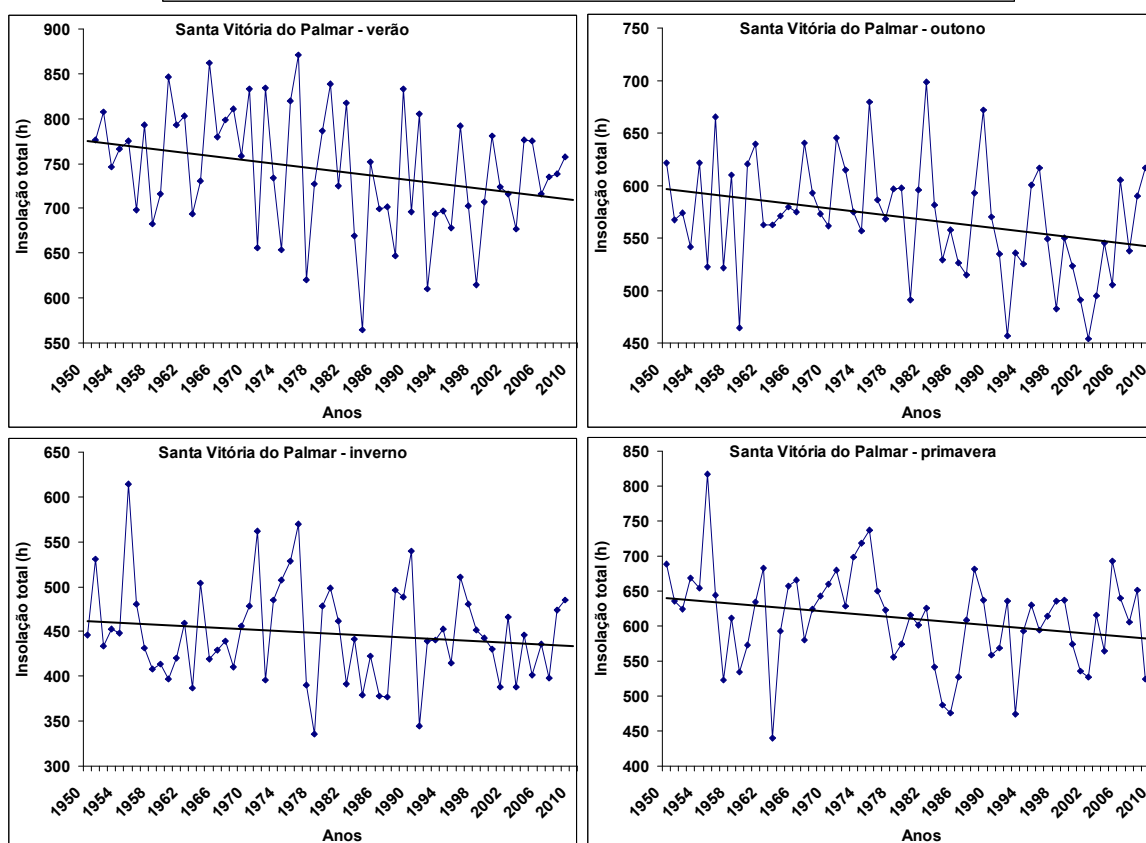
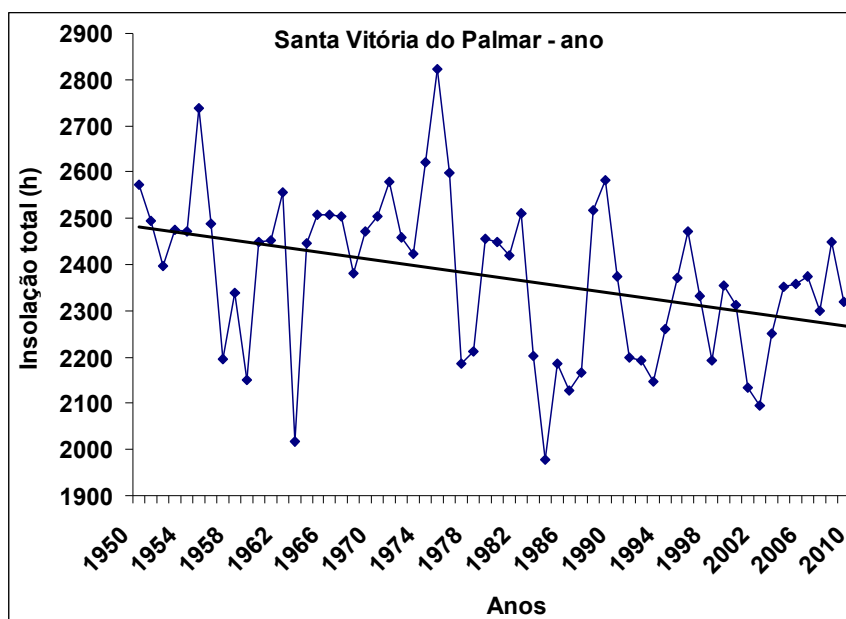
APÊNDICE 65. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



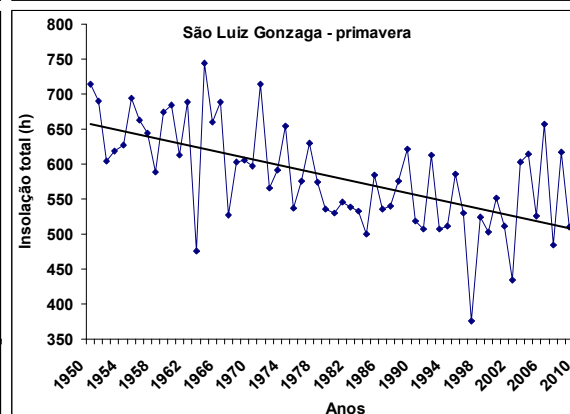
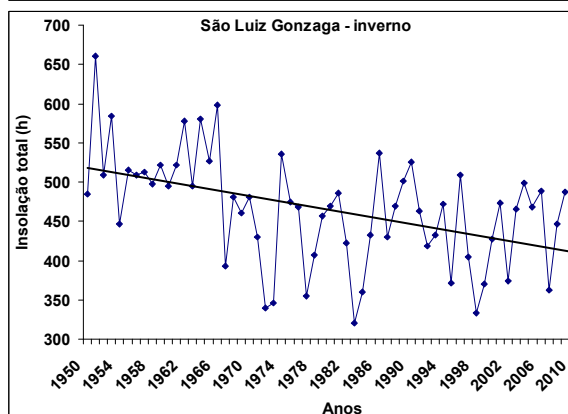
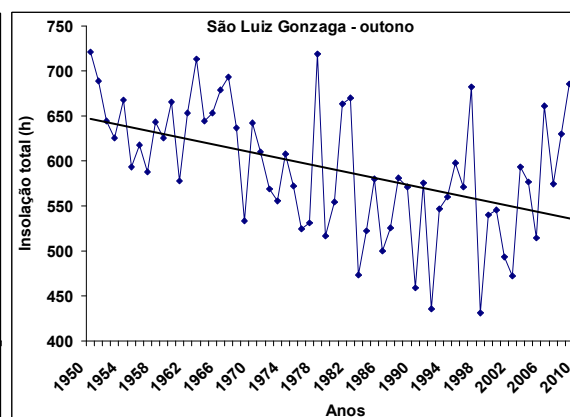
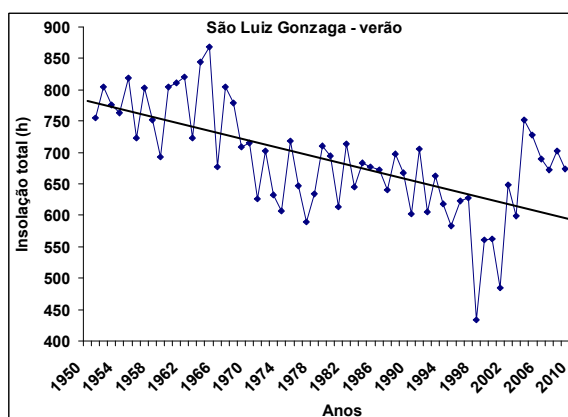
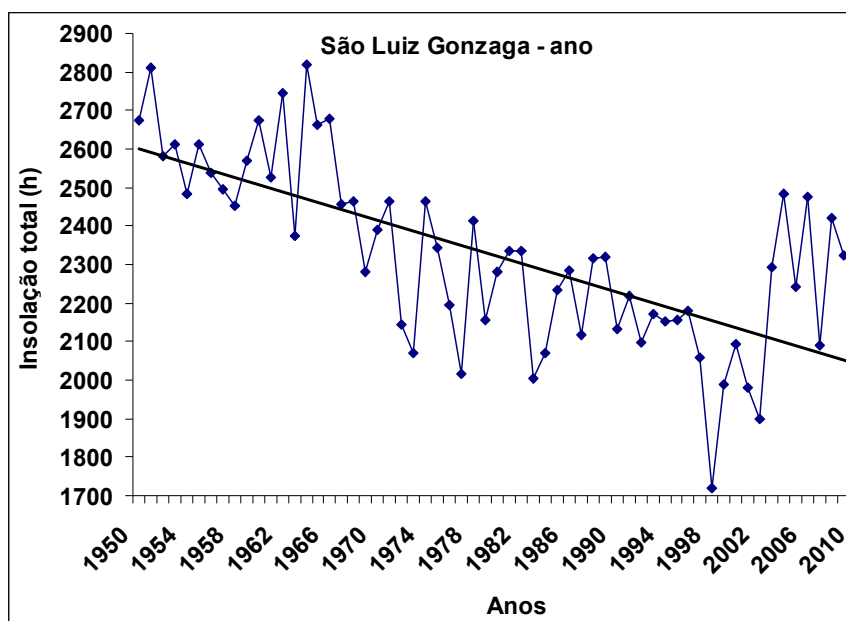
APÊNDICE 66. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



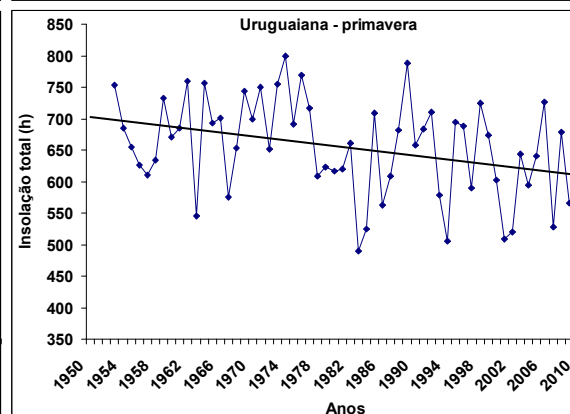
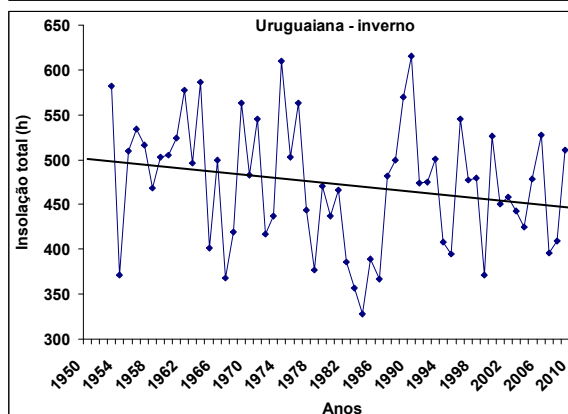
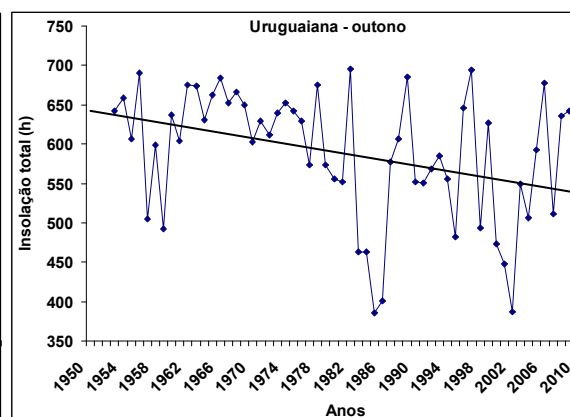
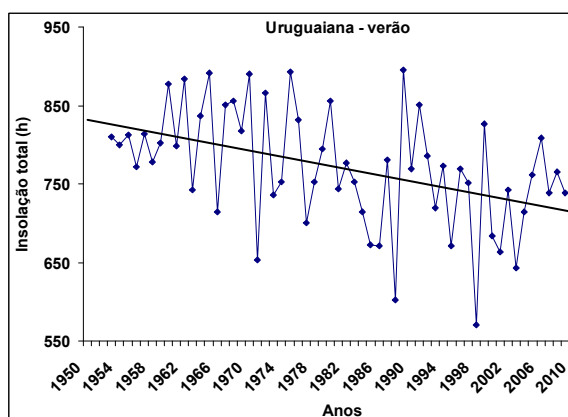
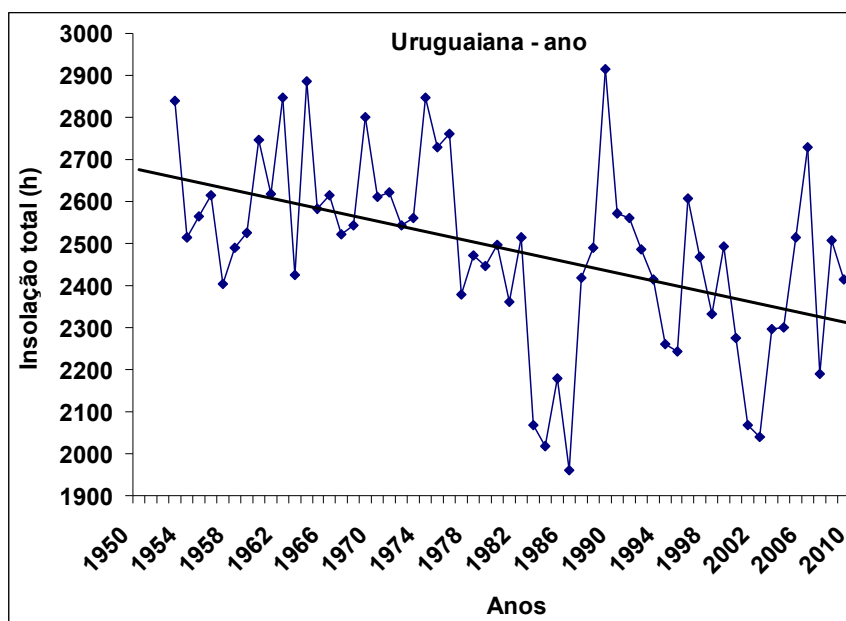
APÊNDICE 67. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



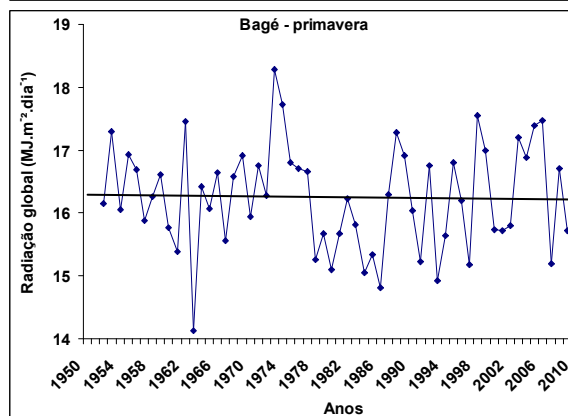
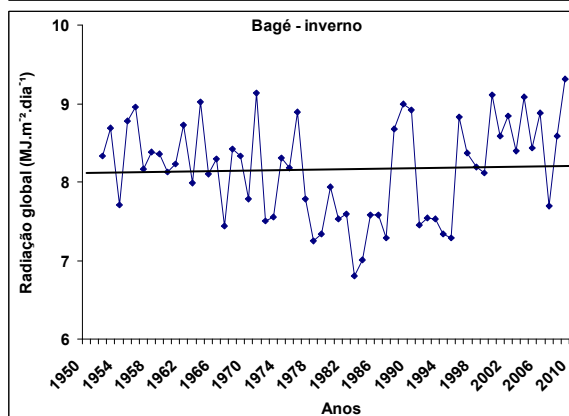
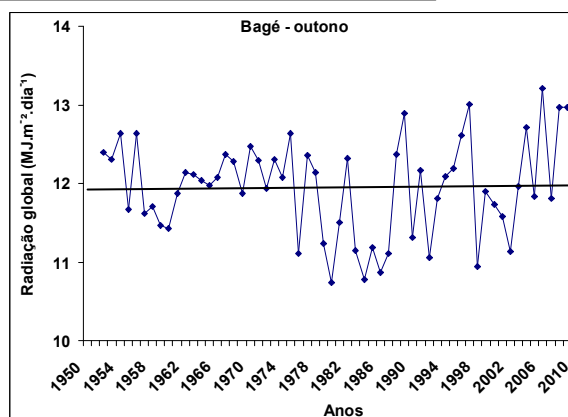
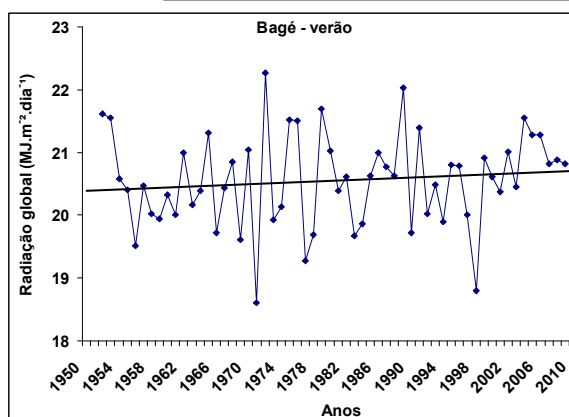
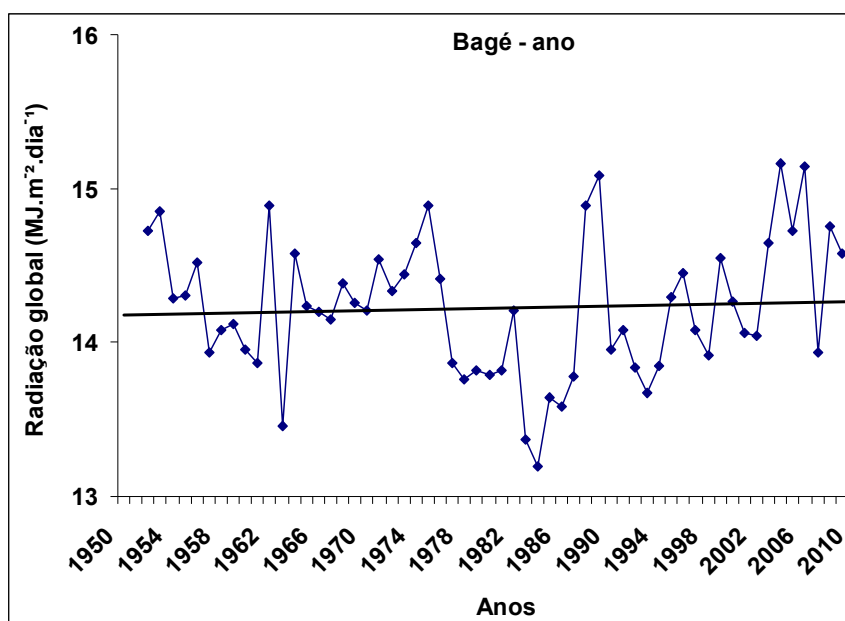
APÊNDICE 68. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



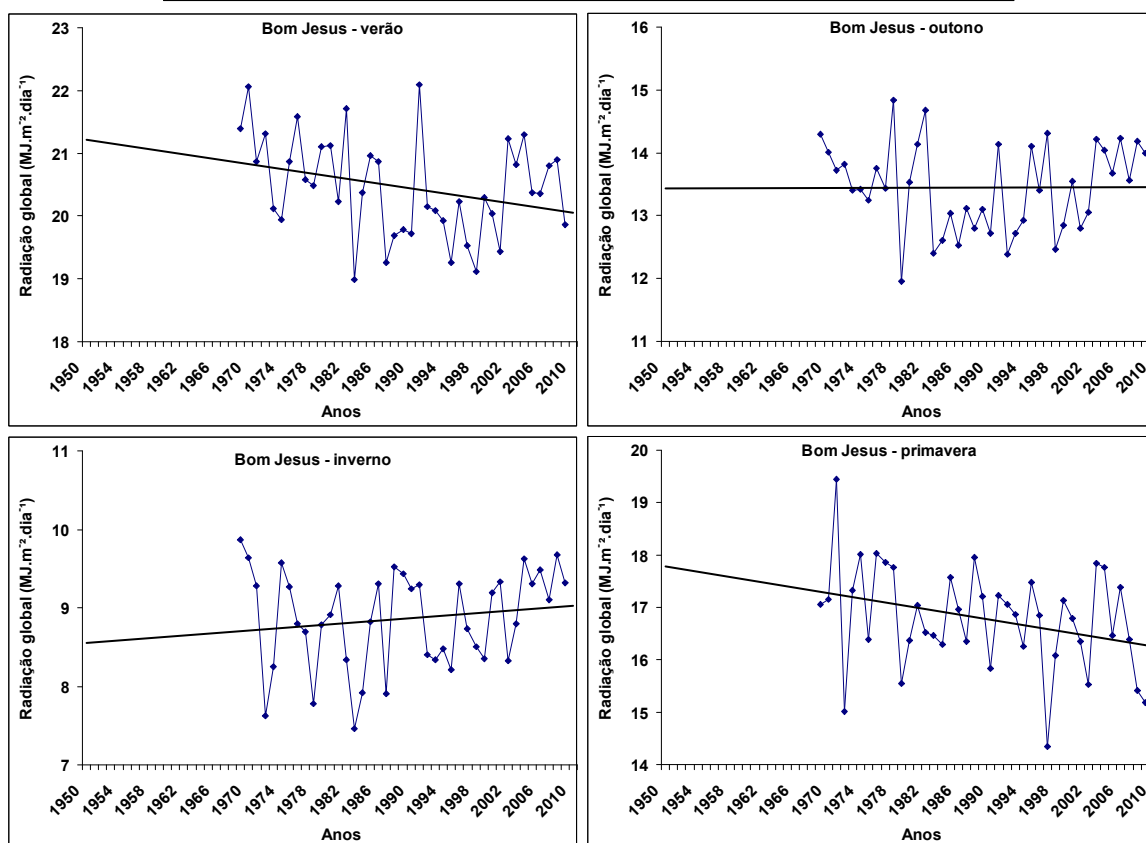
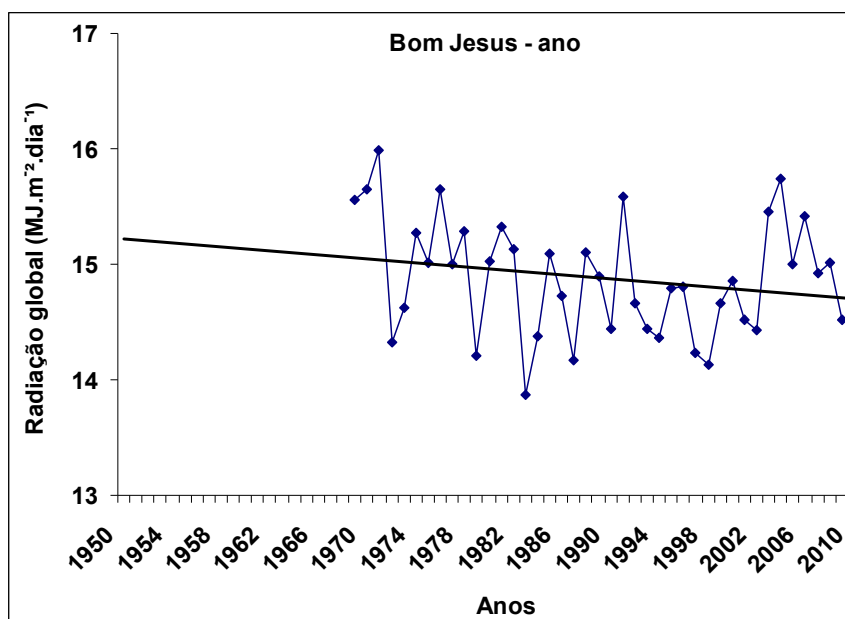
APÊNDICE 69. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



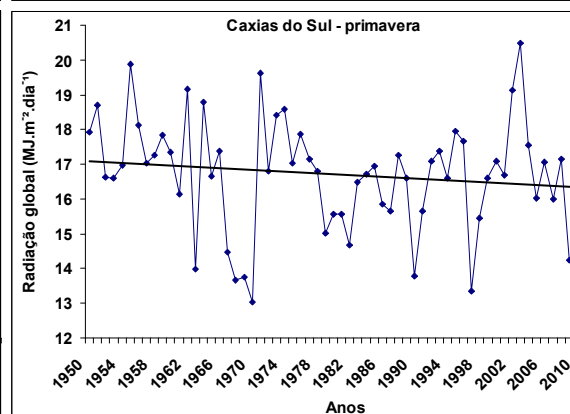
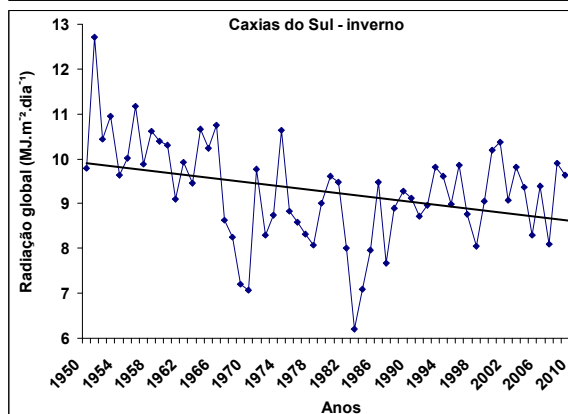
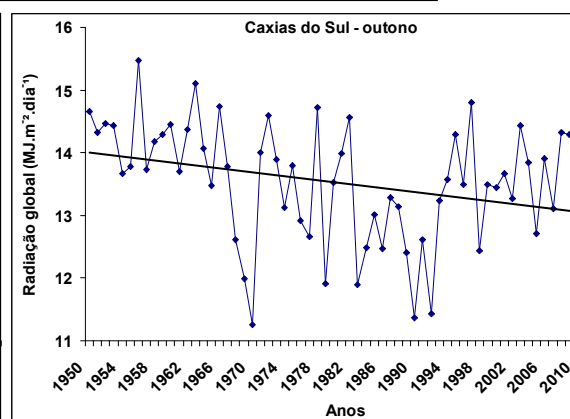
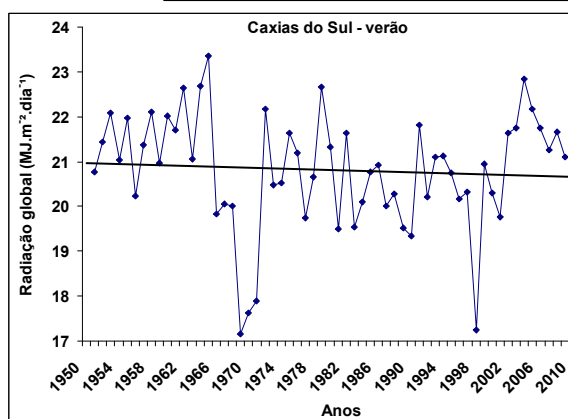
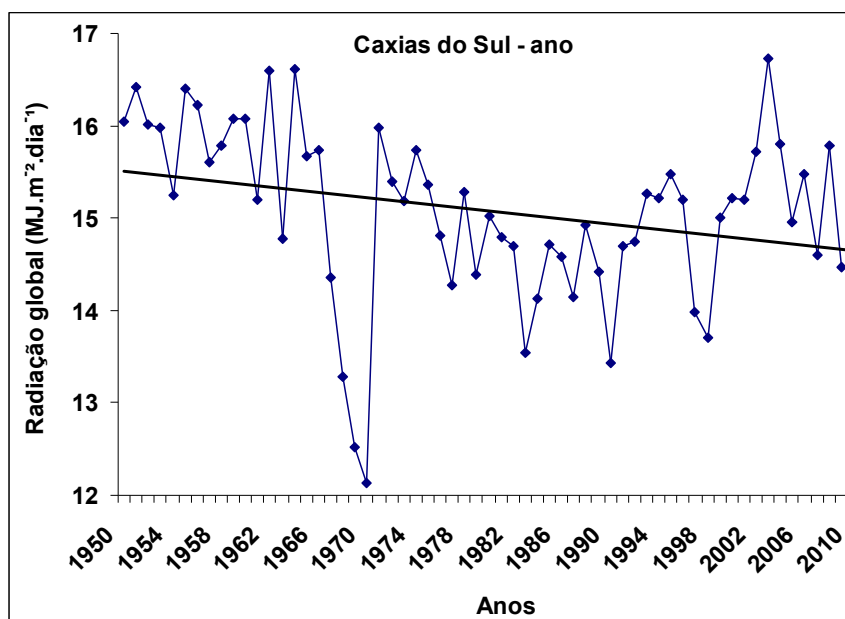
APÊNDICE 70. Tendência linear da insolação anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



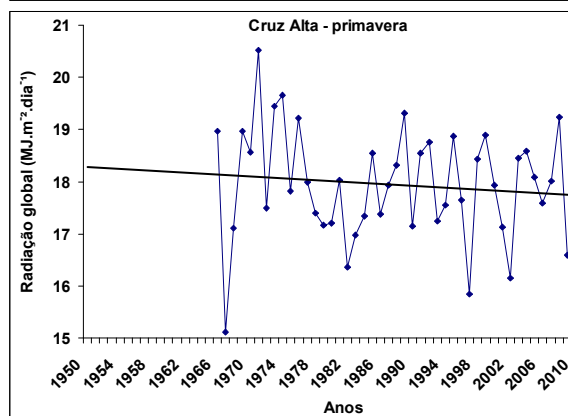
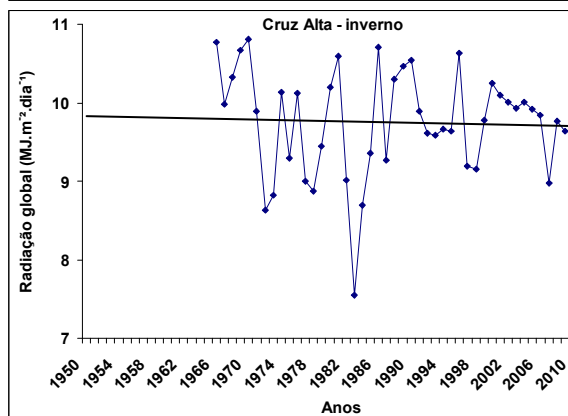
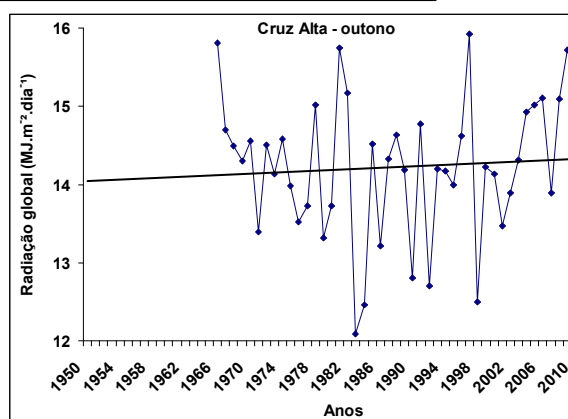
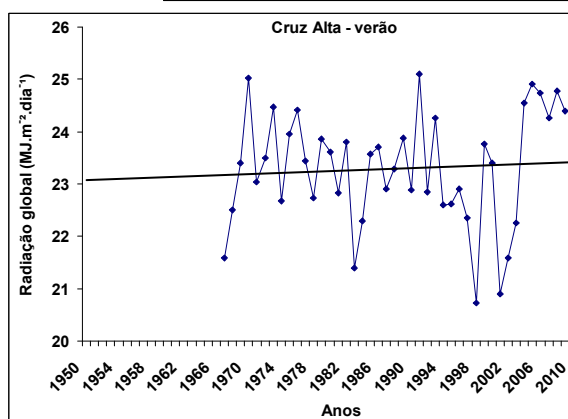
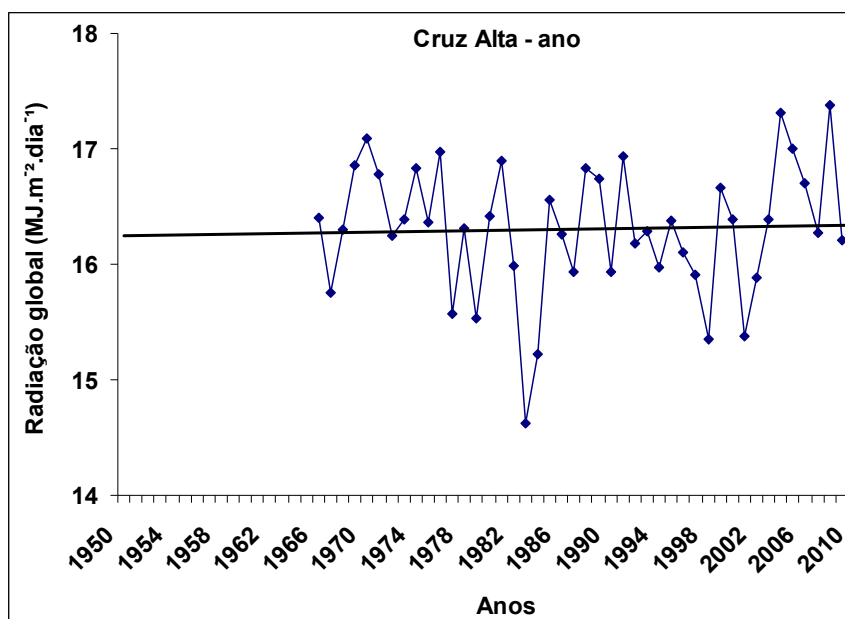
APÊNDICE 71. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



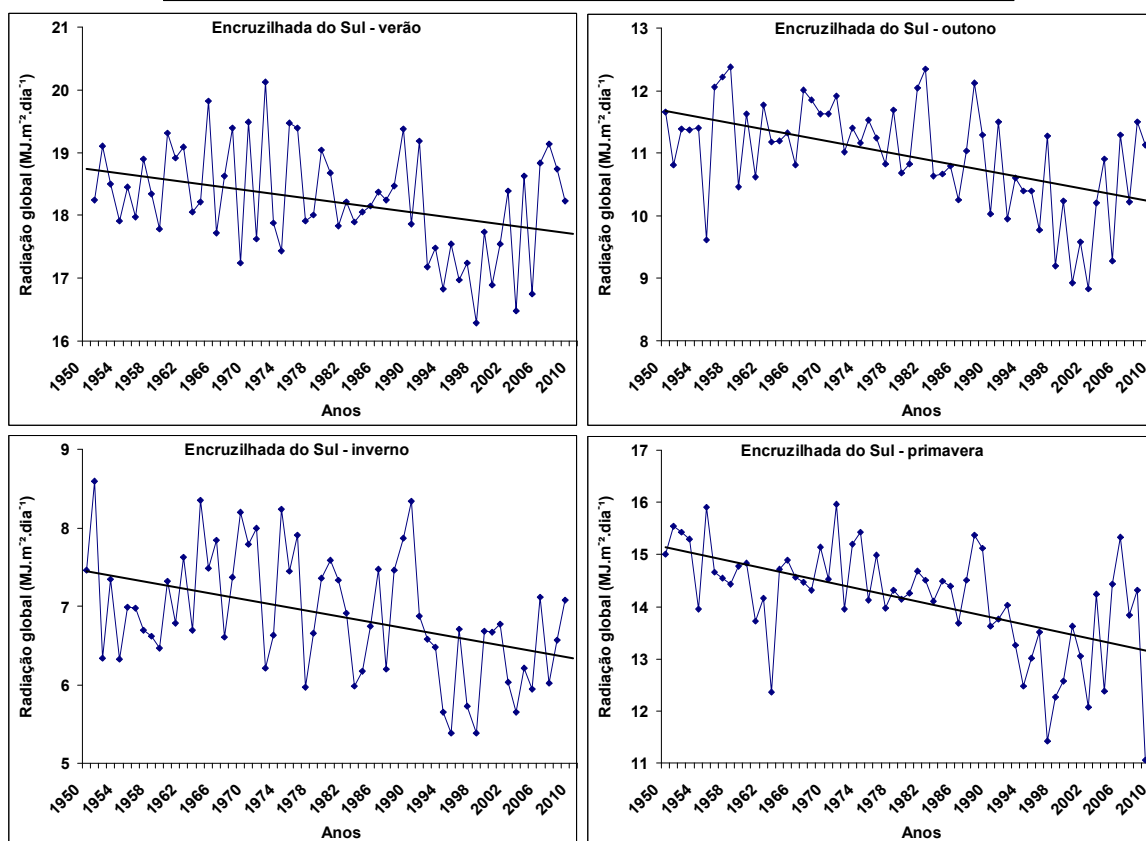
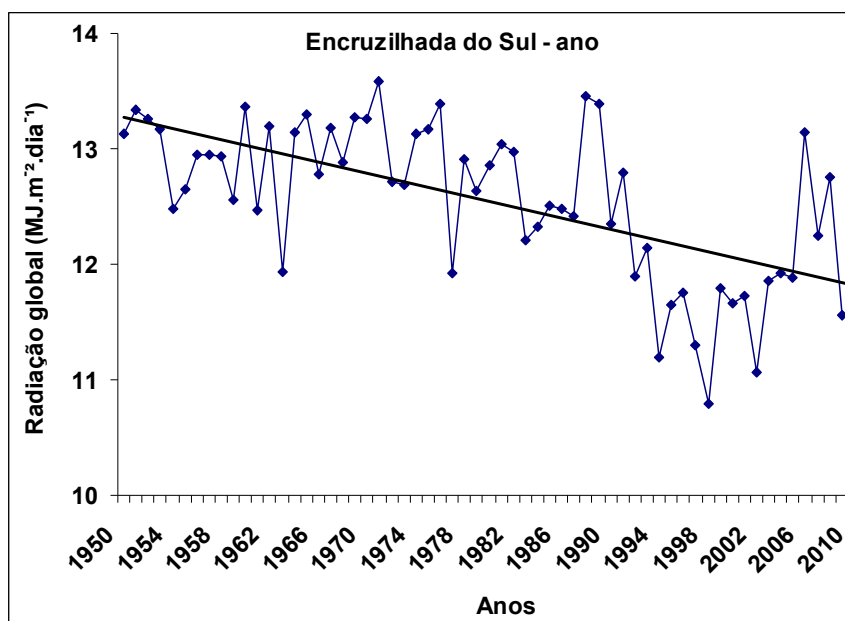
APÊNDICE 72. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



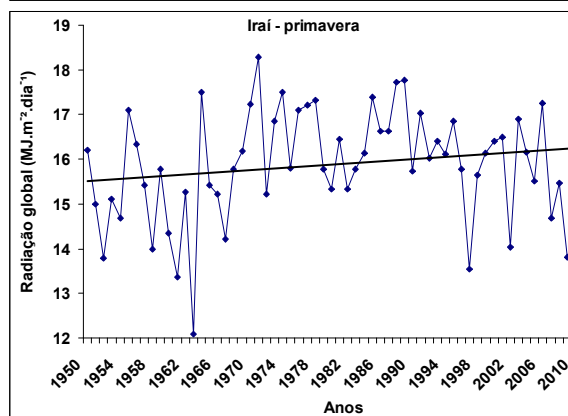
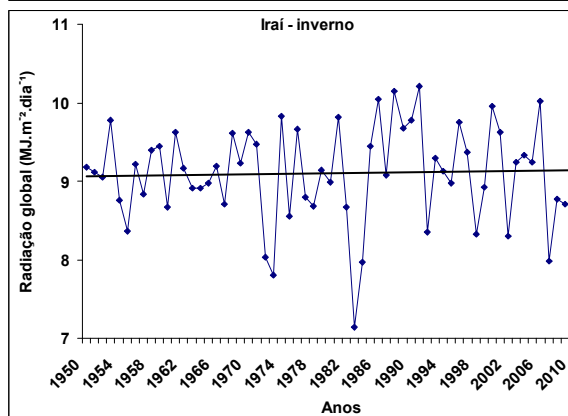
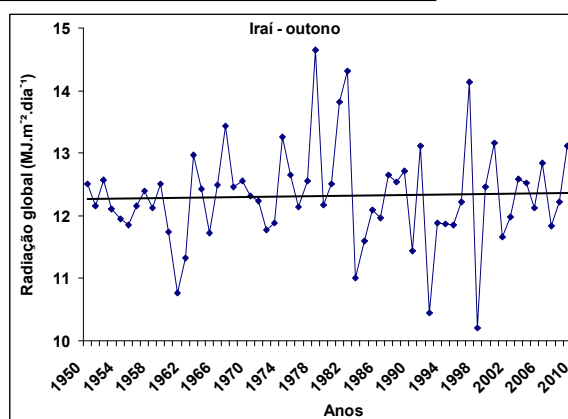
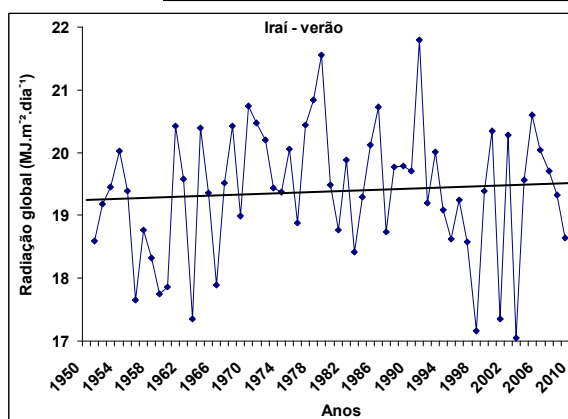
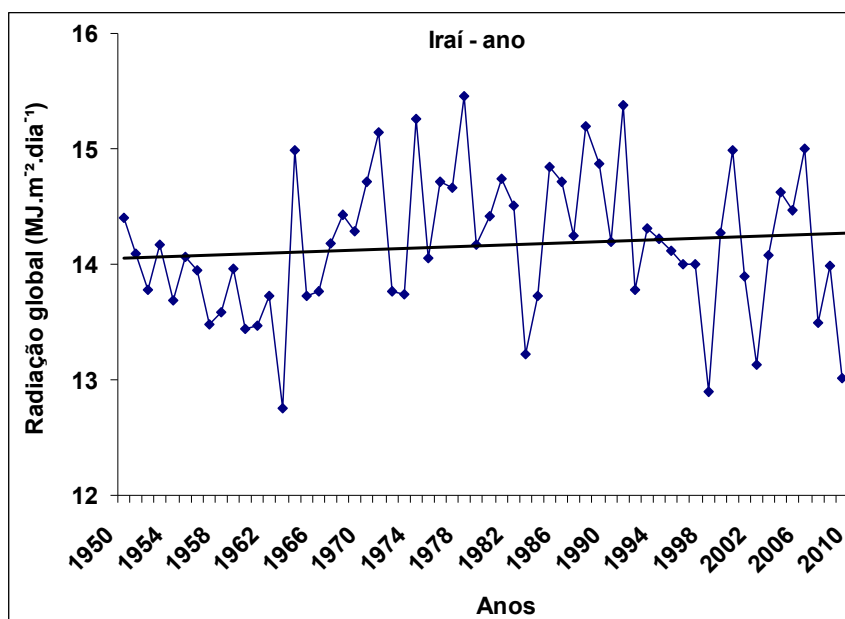
APÊNDICE 73. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



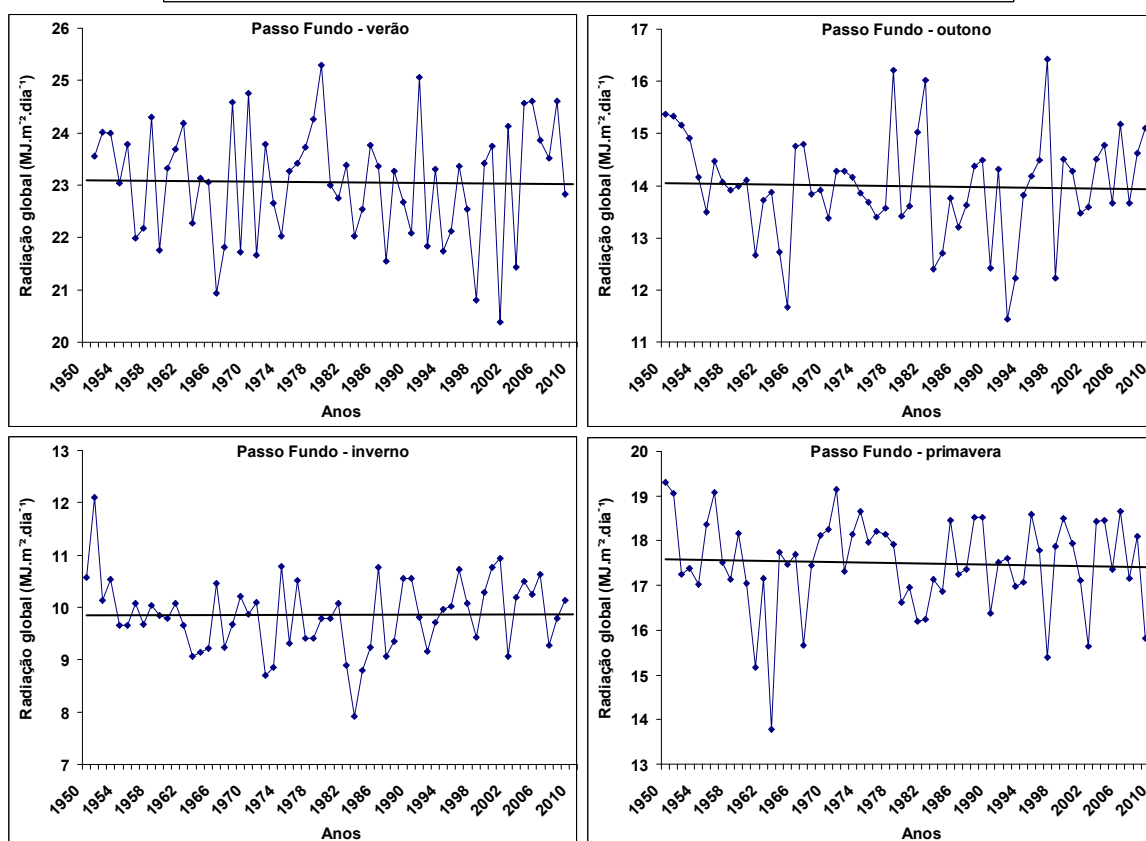
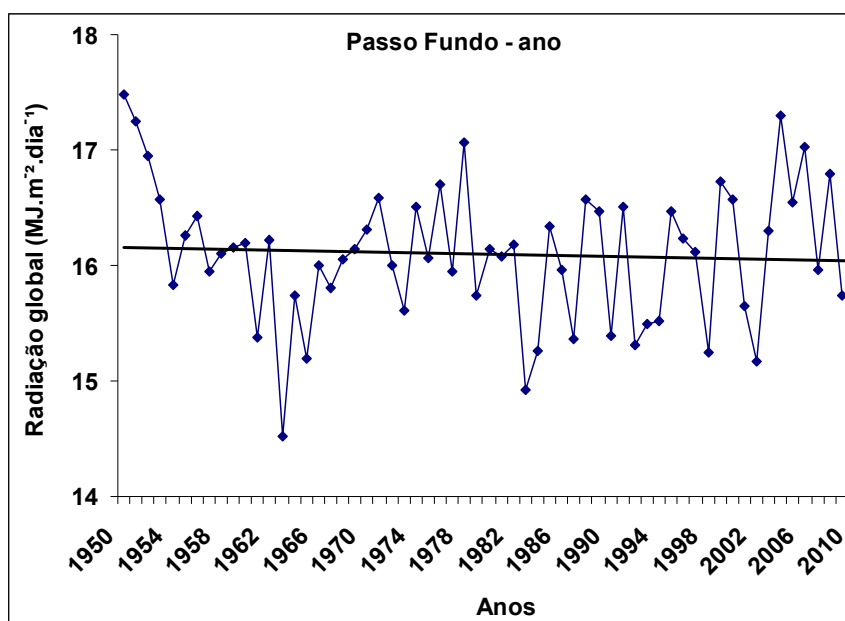
APÊNDICE 74. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



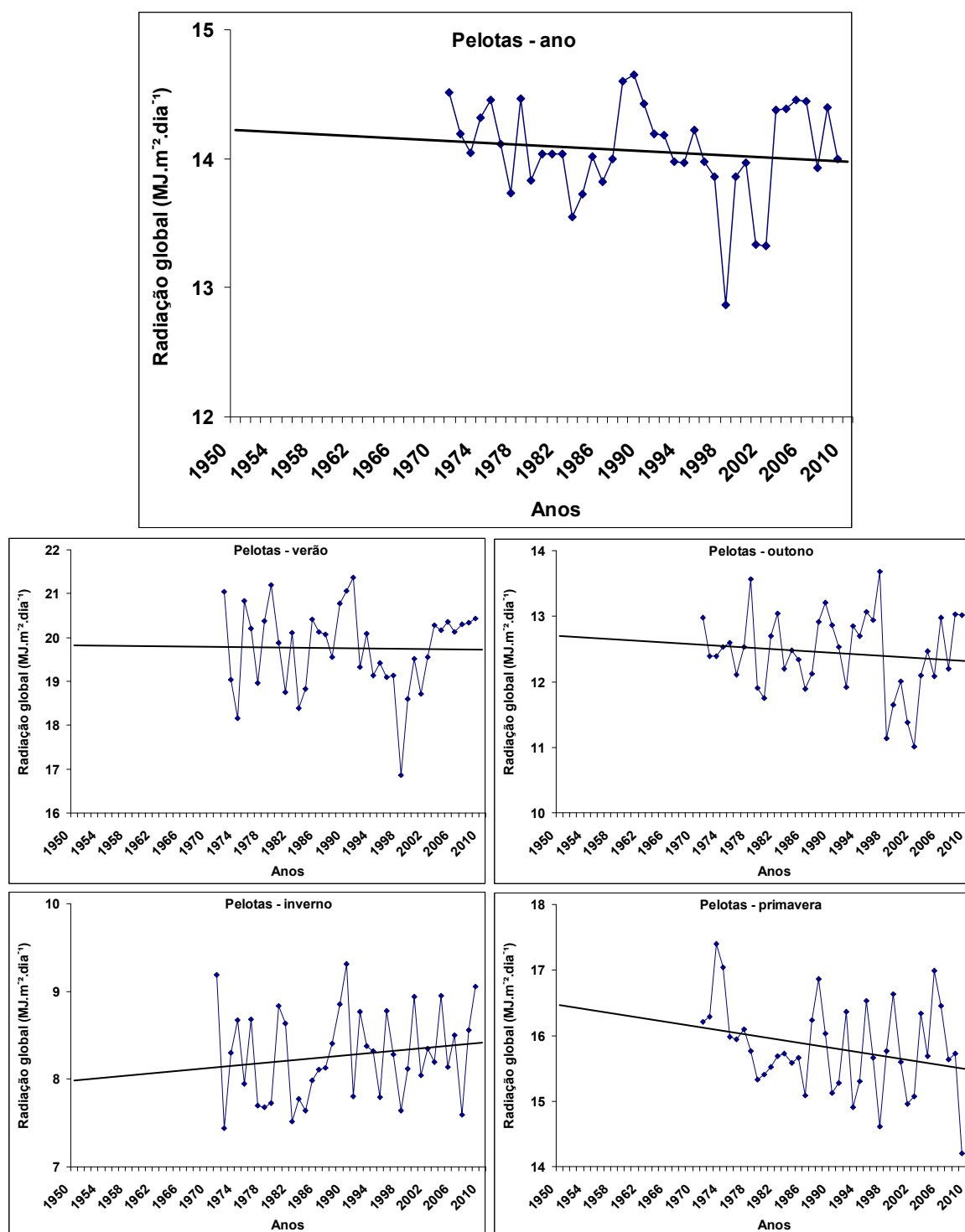
APÊNDICE 75. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



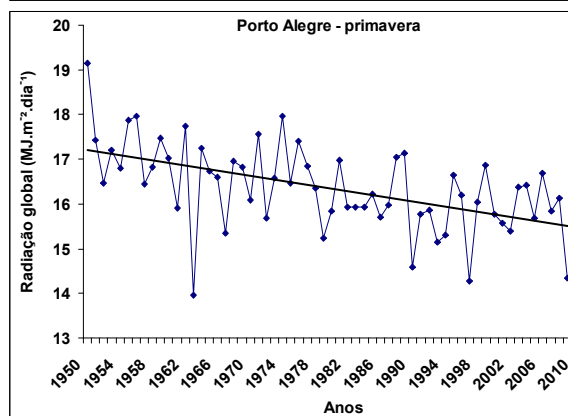
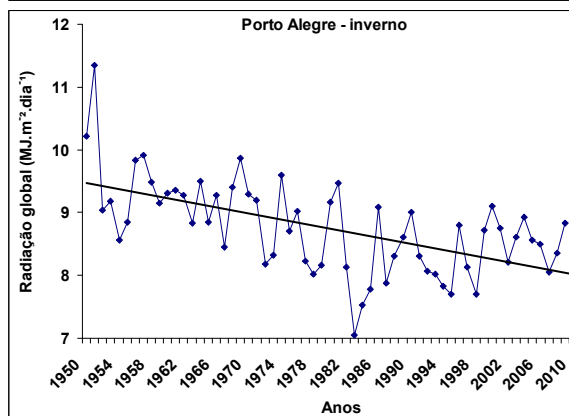
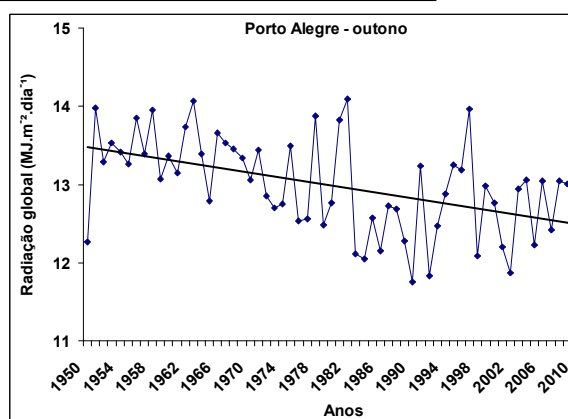
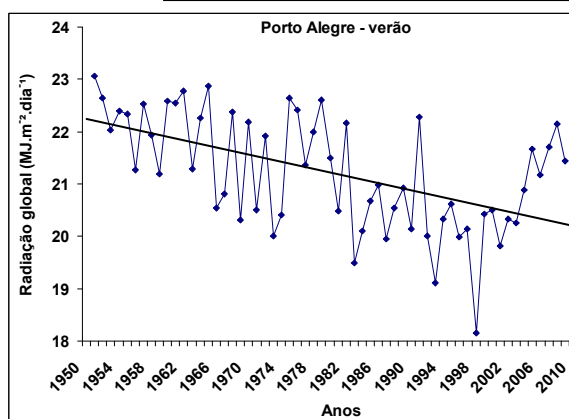
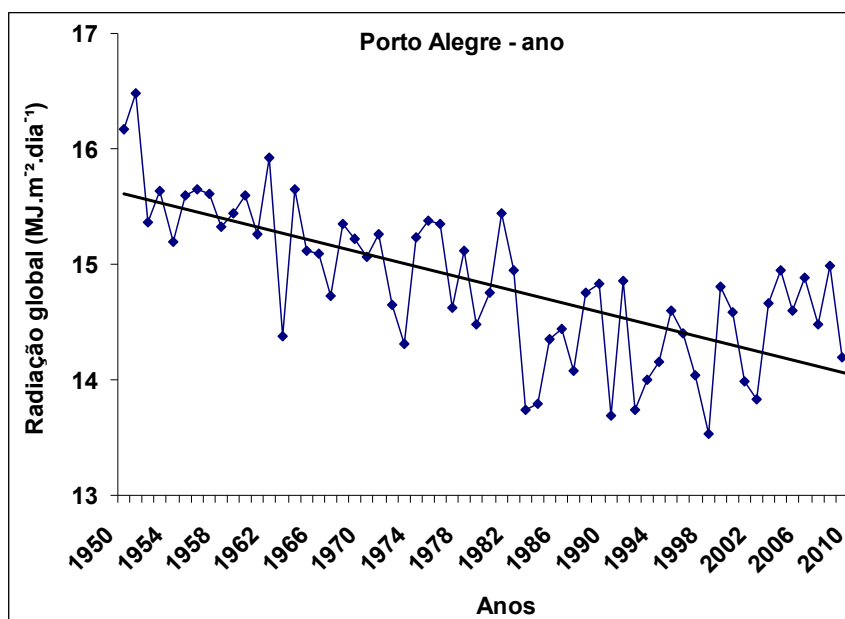
APÊNDICE 76. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



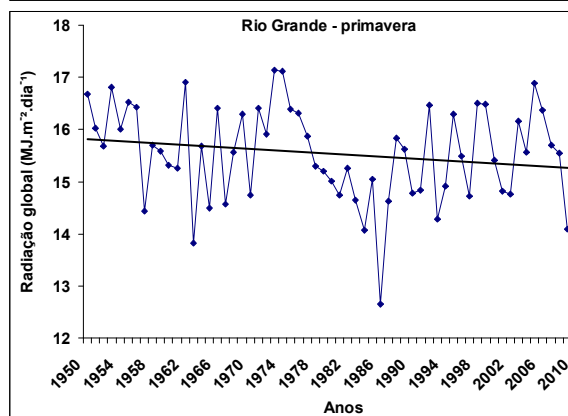
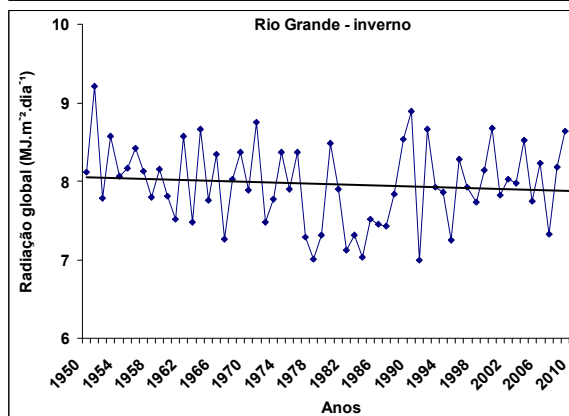
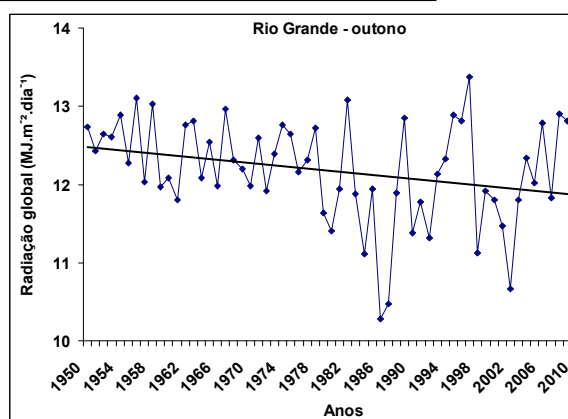
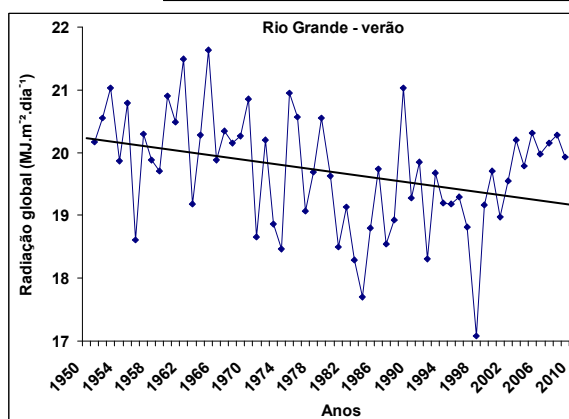
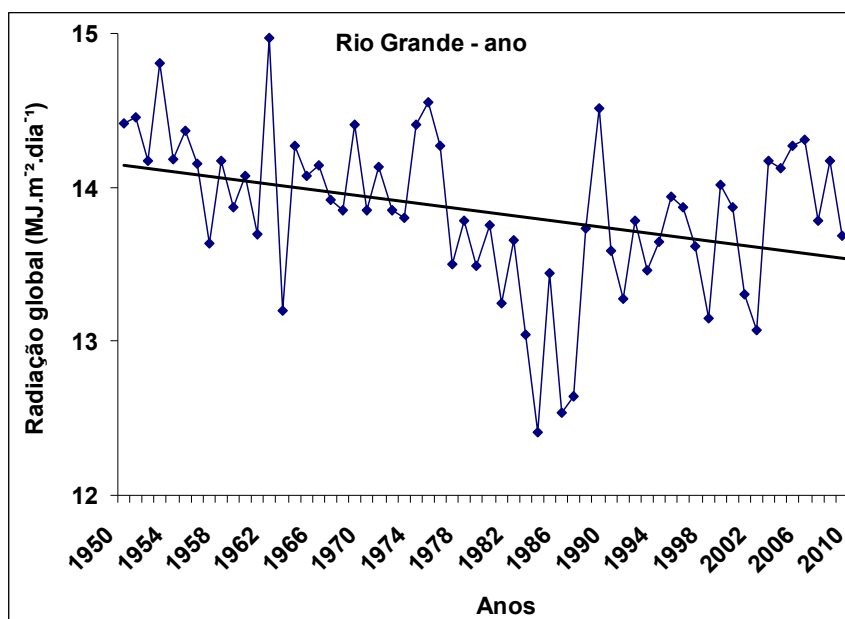
APÊNDICE 77. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



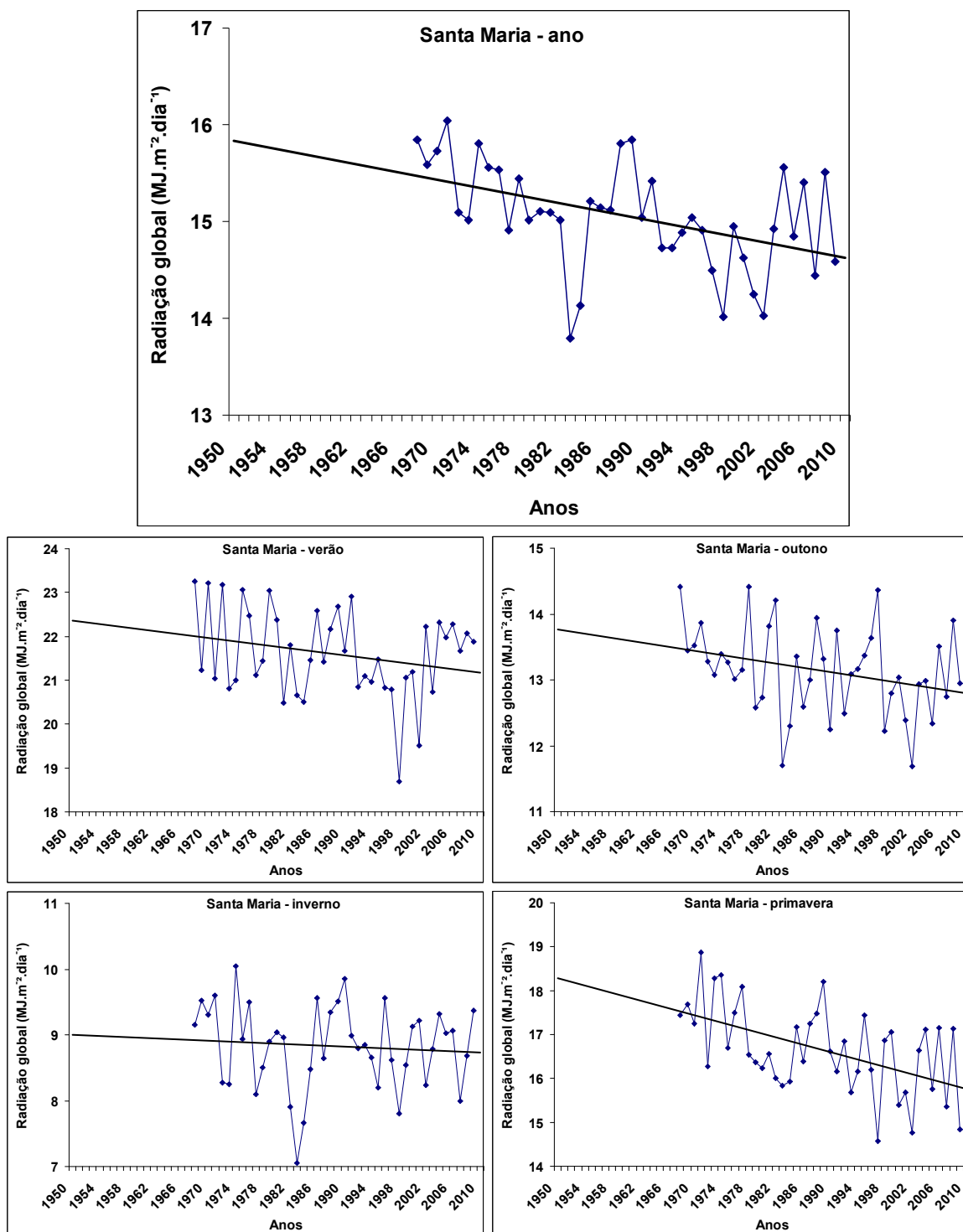
APÊNDICE 78. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



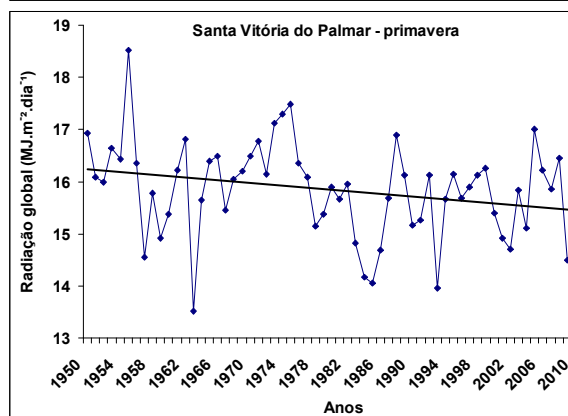
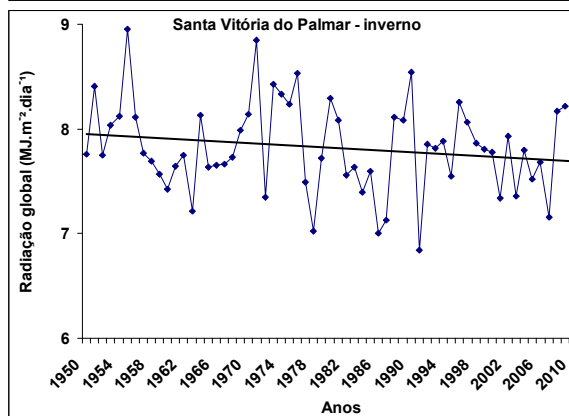
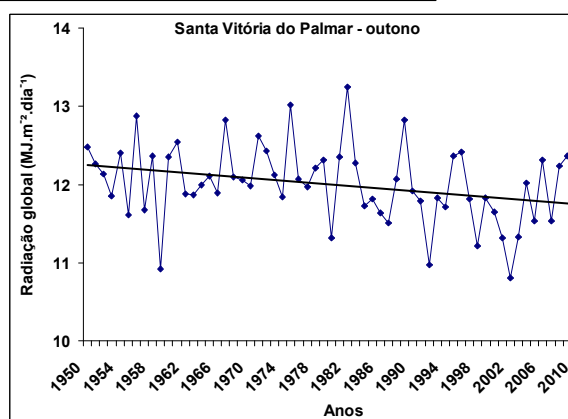
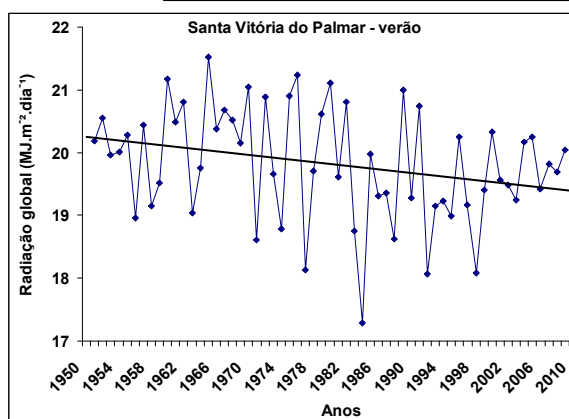
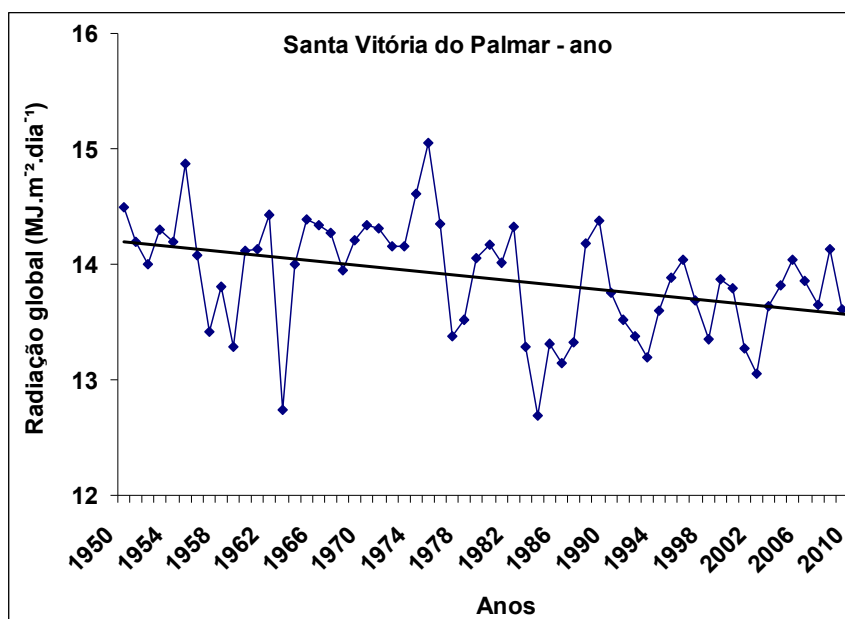
APÊNDICE 79. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



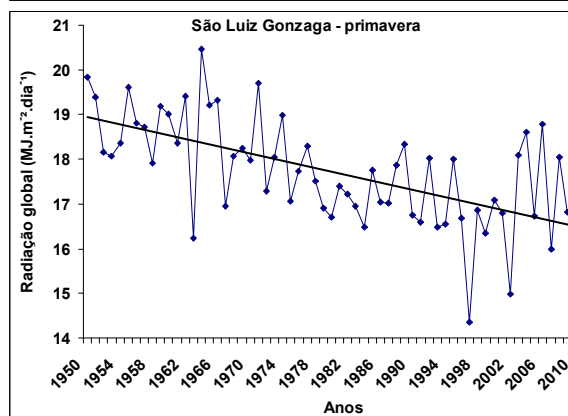
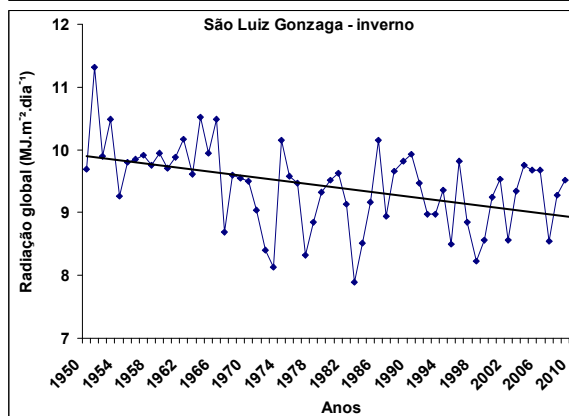
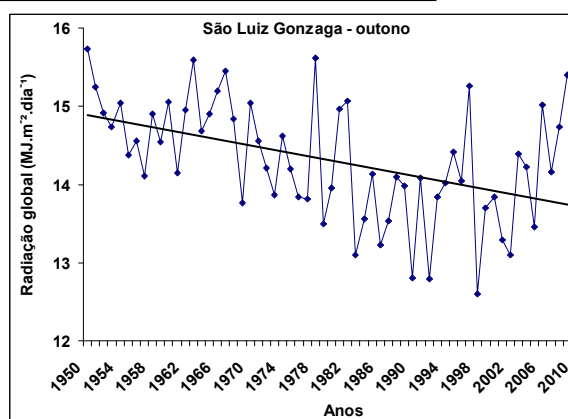
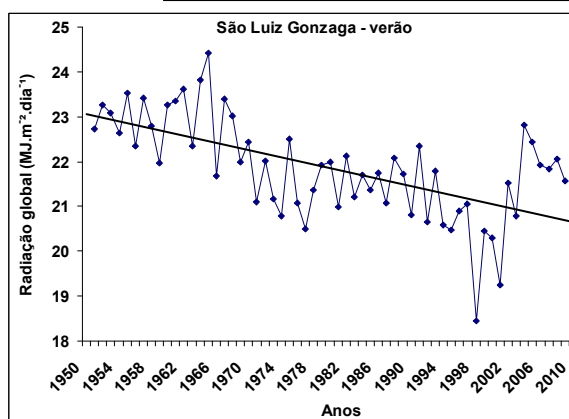
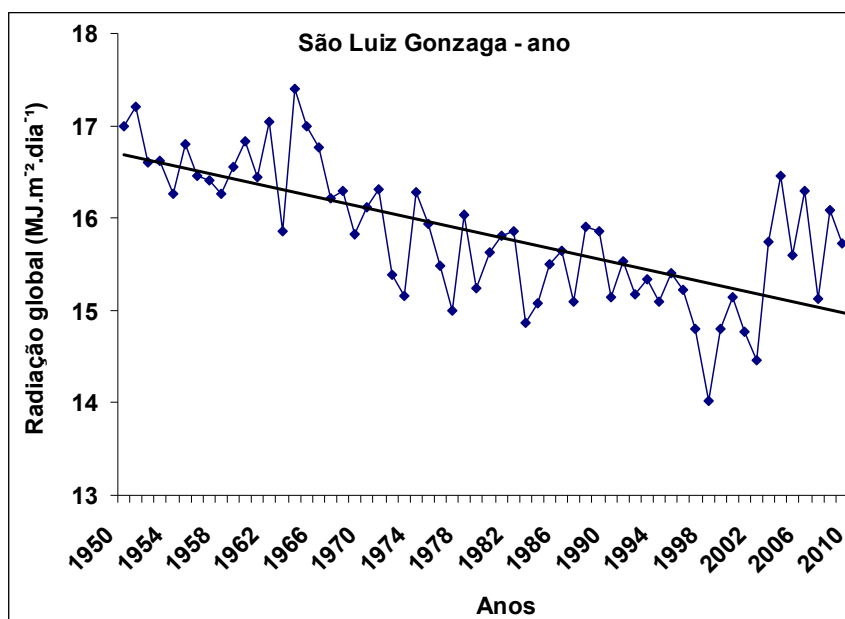
APÊNDICE 80. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



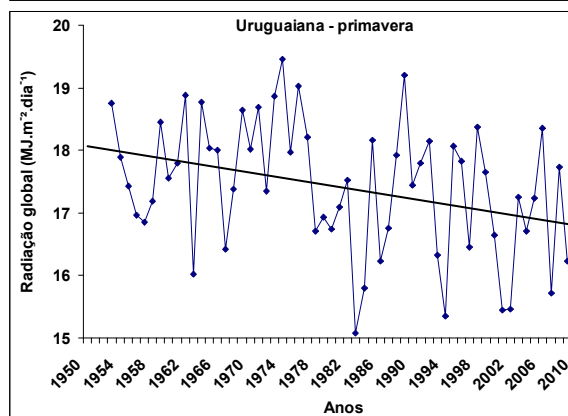
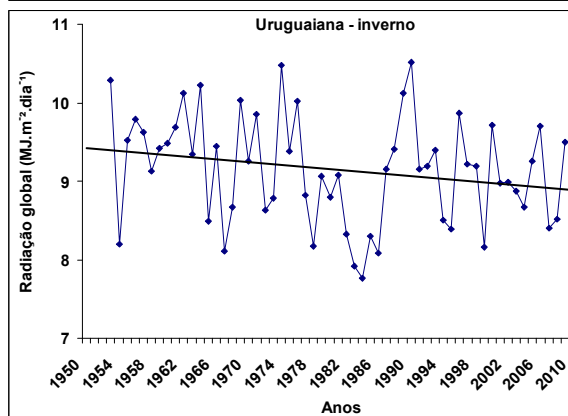
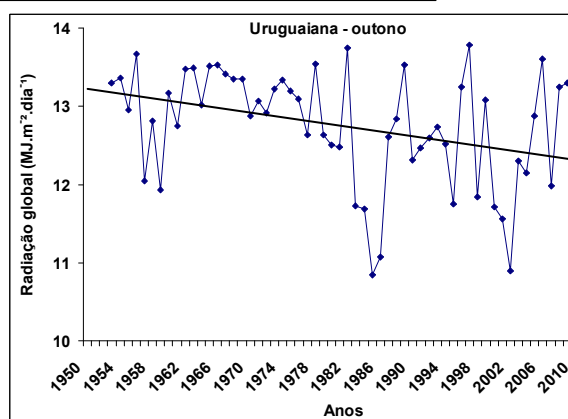
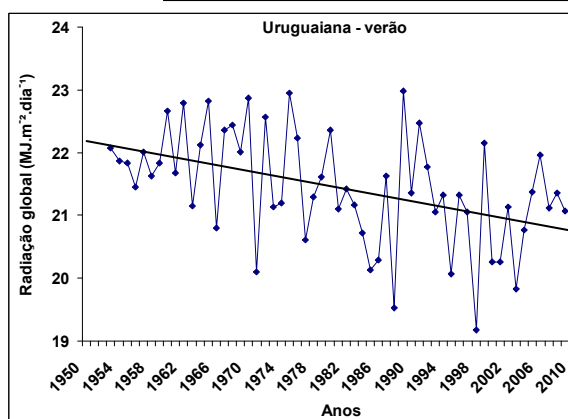
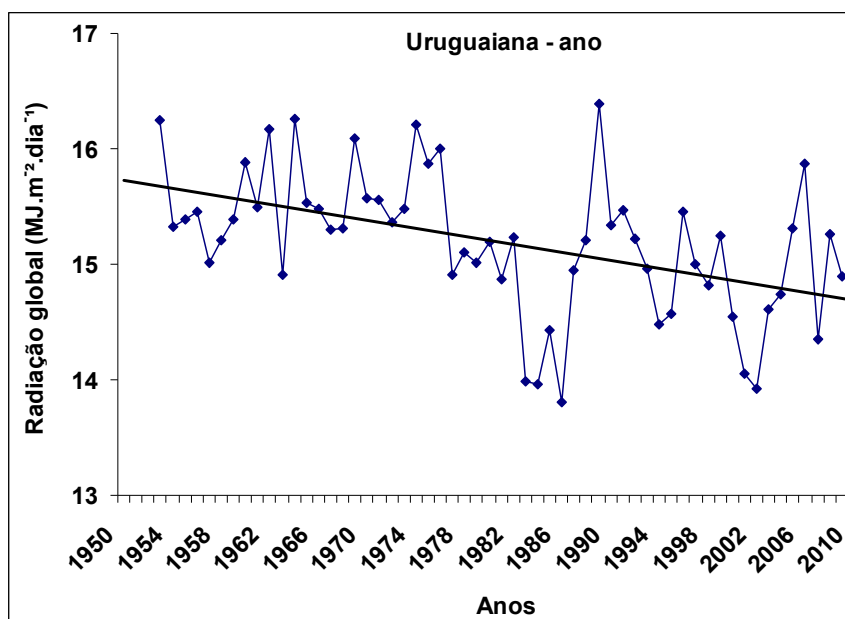
APÊNDICE 81. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



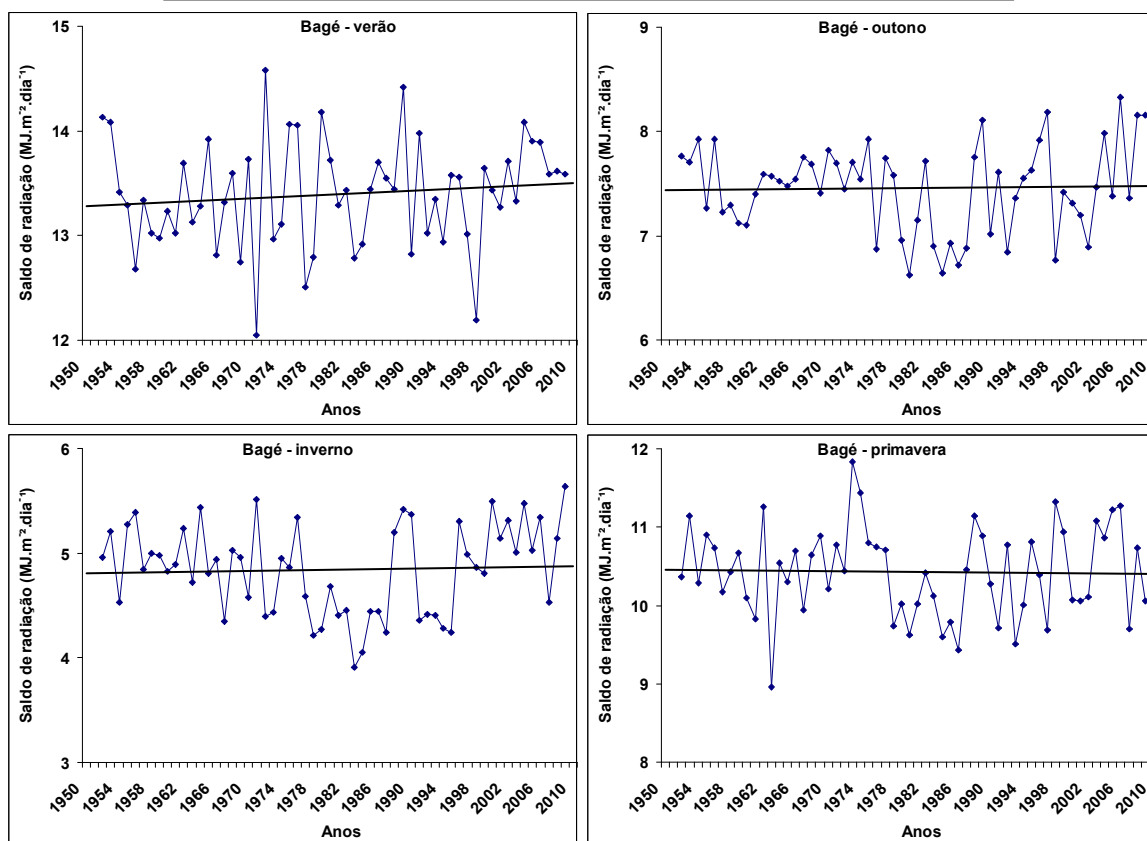
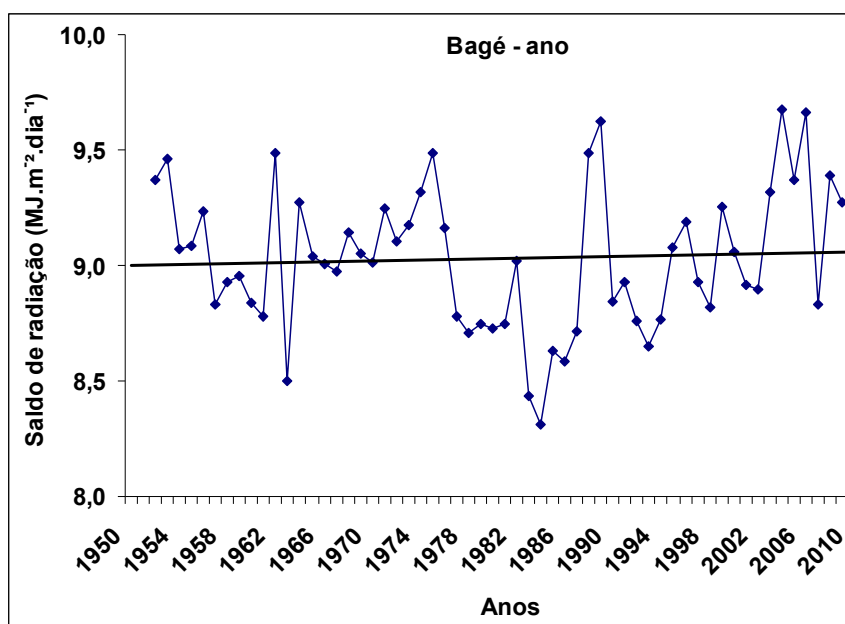
APÊNDICE 82. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



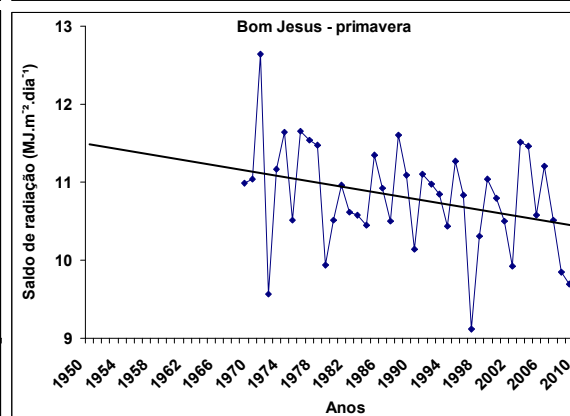
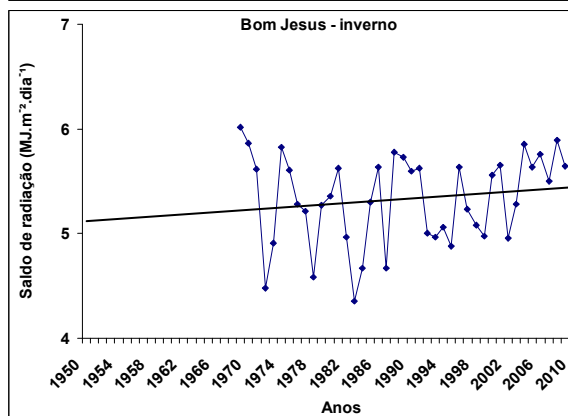
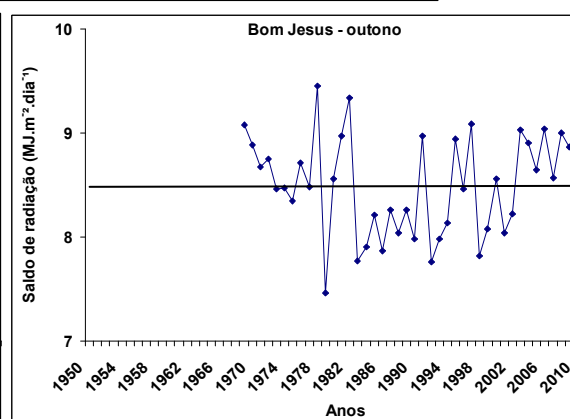
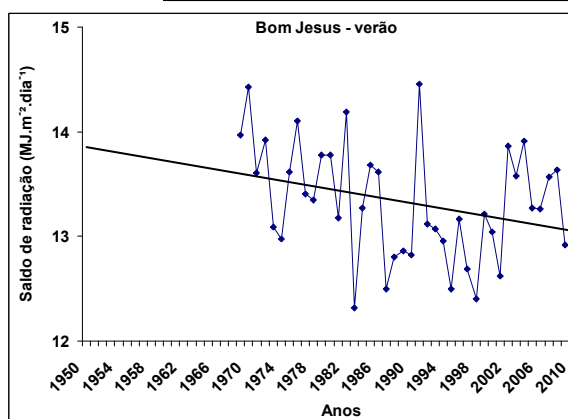
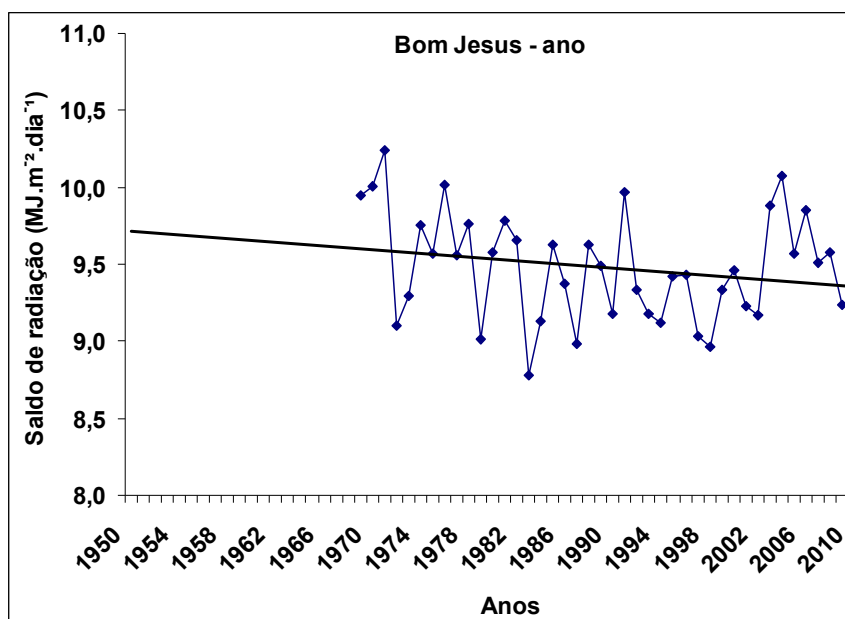
APÊNDICE 83. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



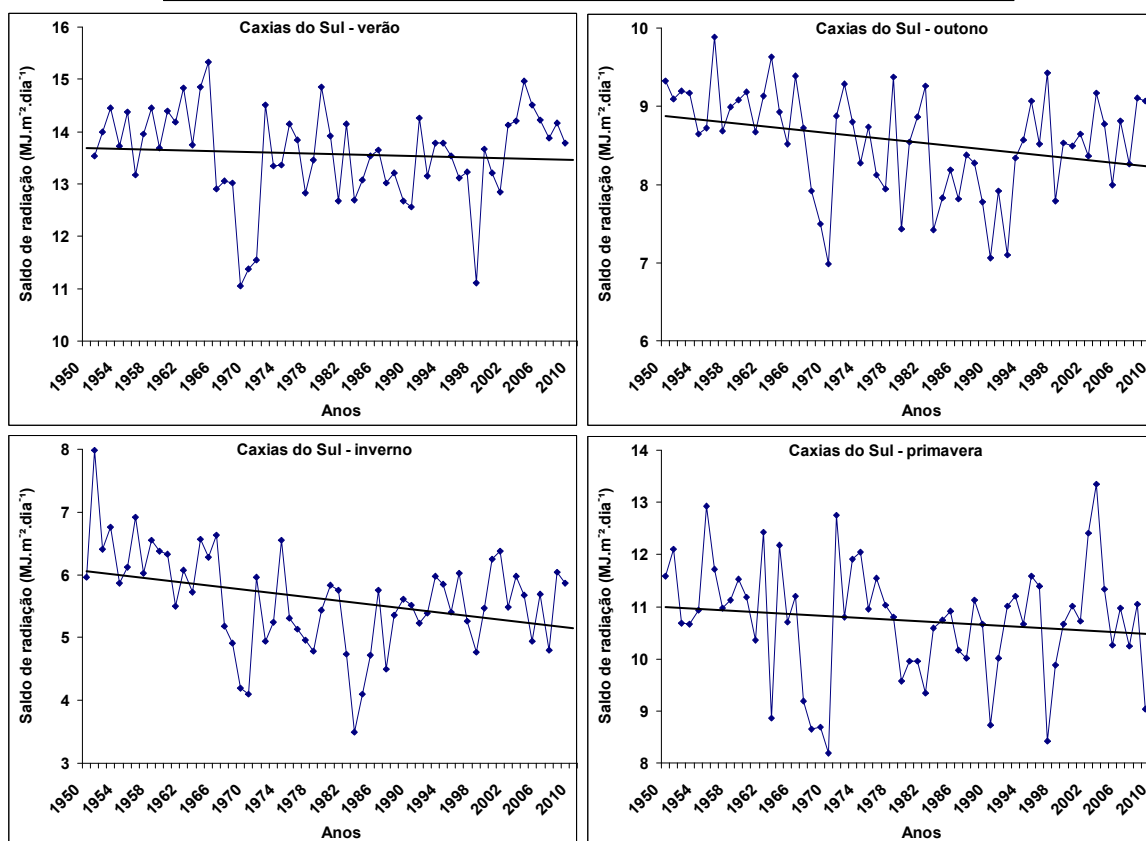
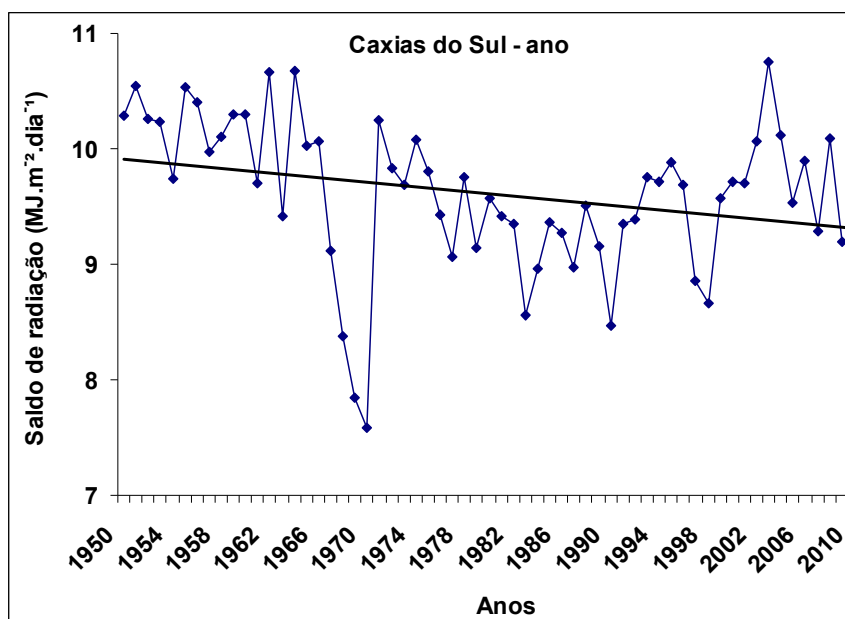
APÊNDICE 84. Tendência linear da radiação solar global anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



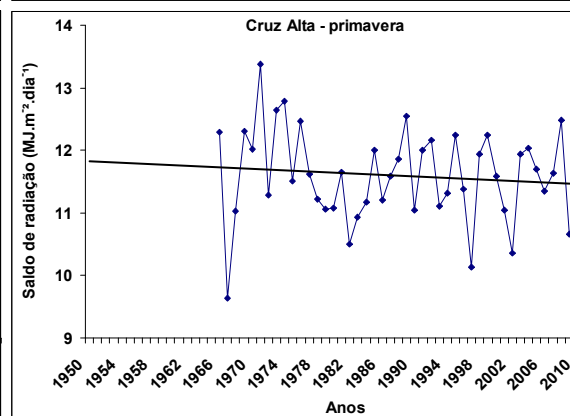
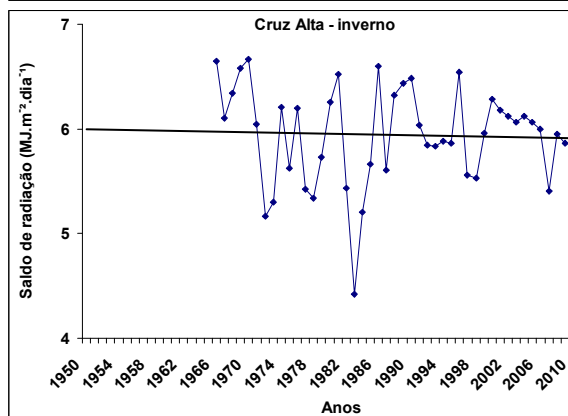
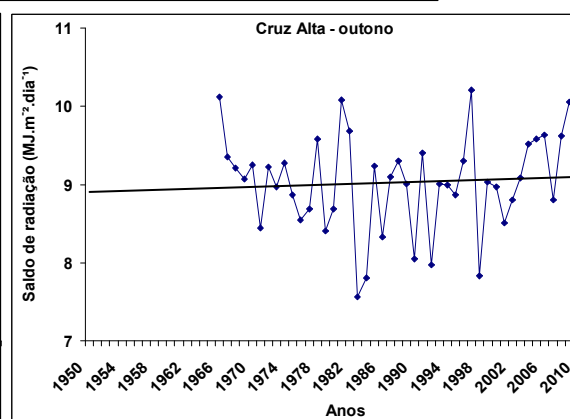
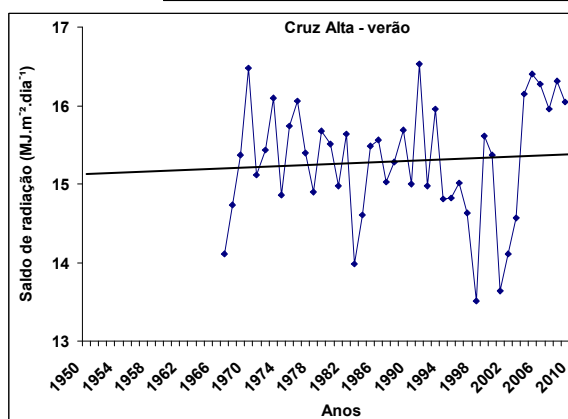
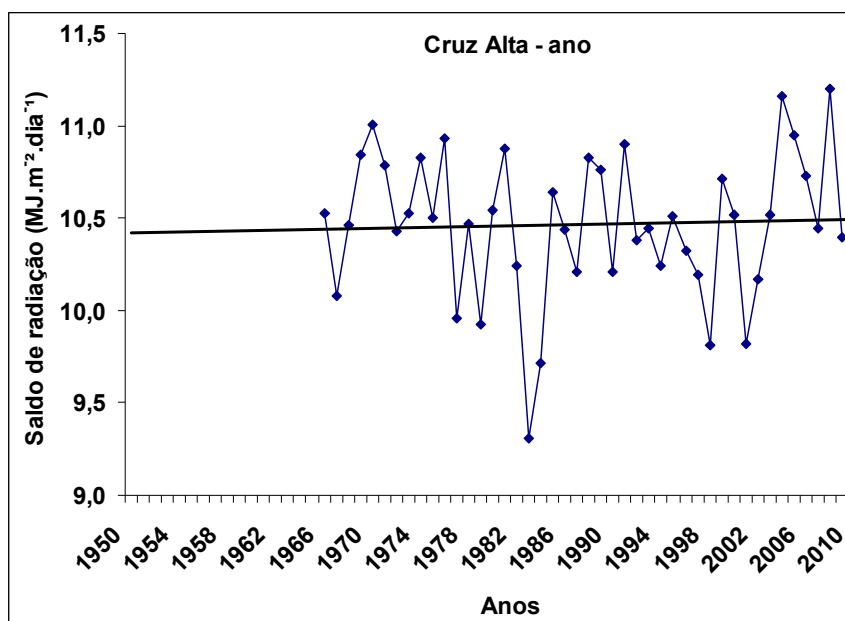
APÊNDICE 85. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



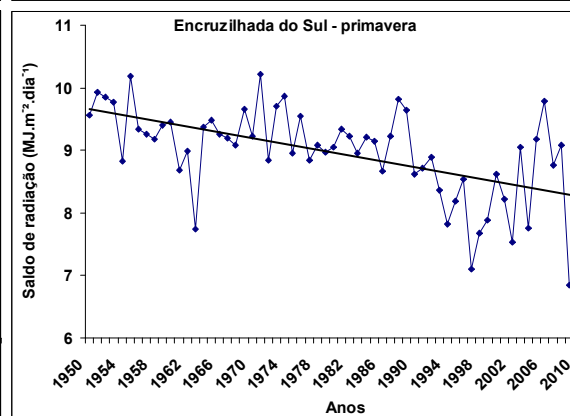
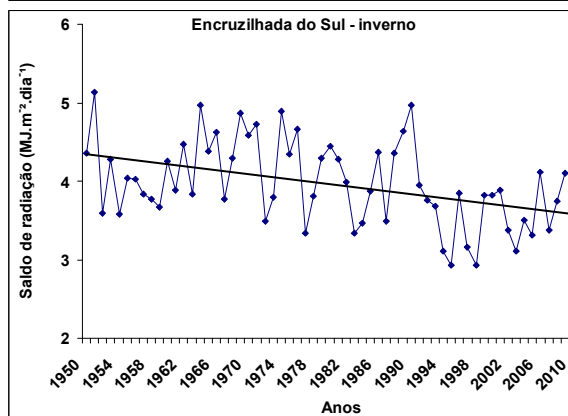
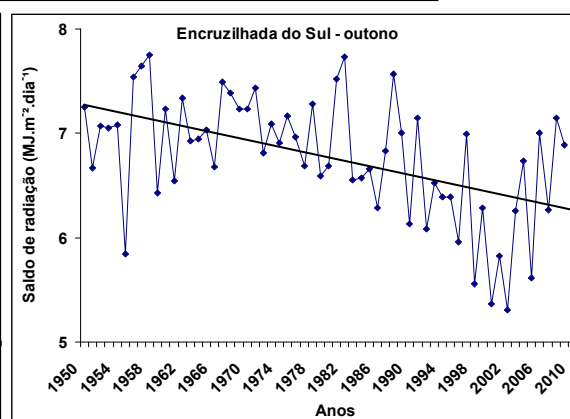
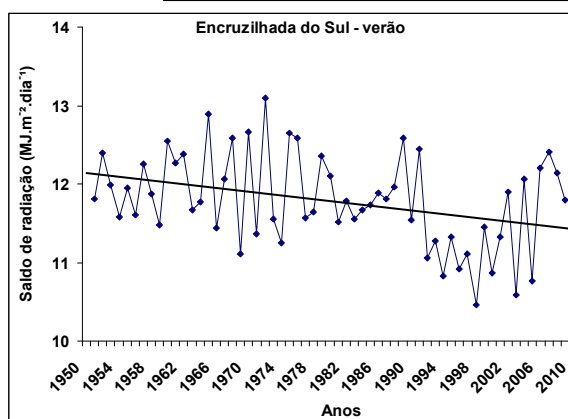
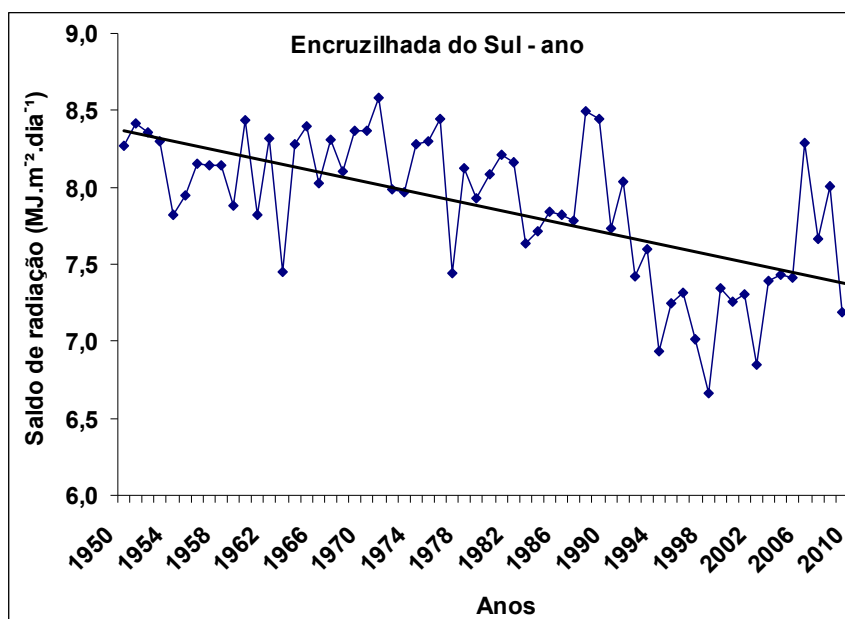
APÊNDICE 86. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



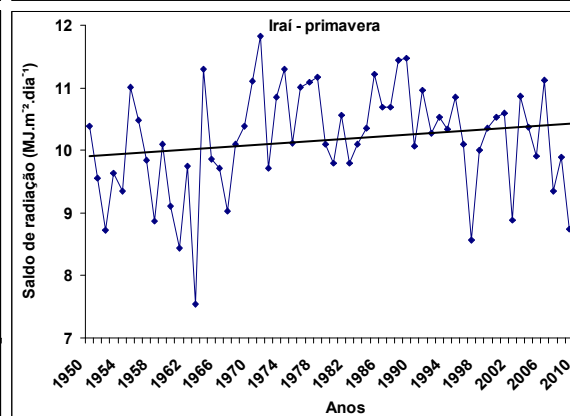
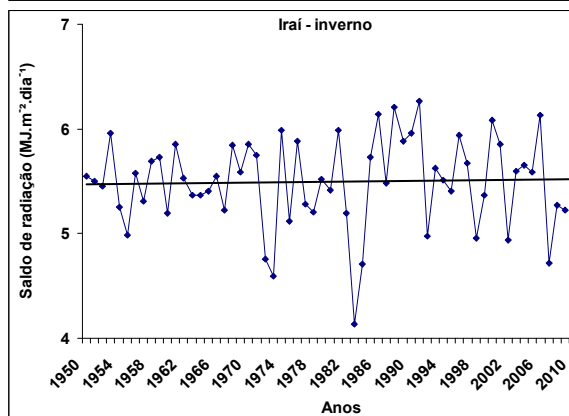
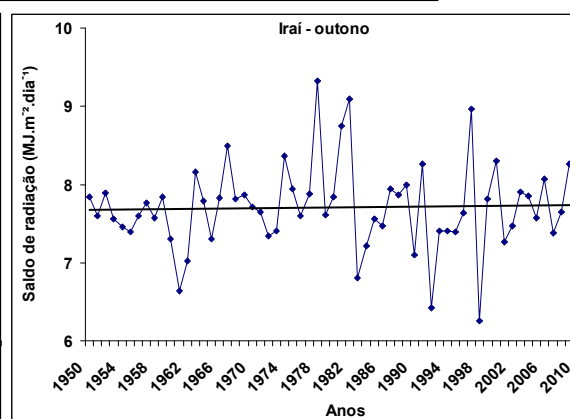
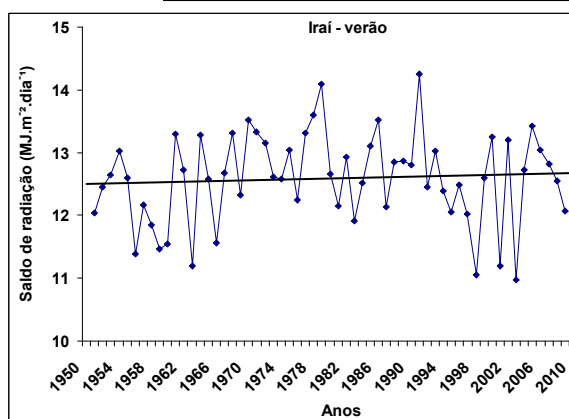
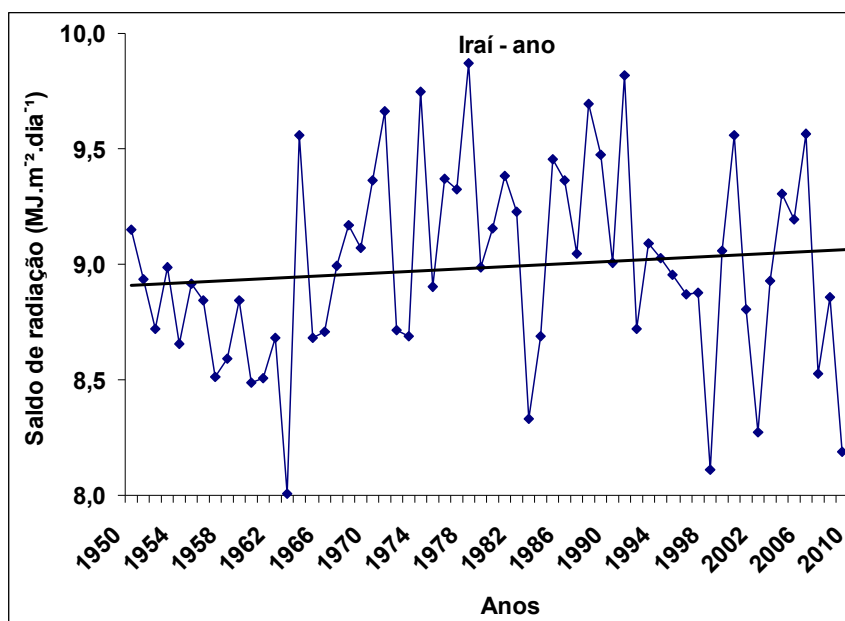
APÊNDICE 87. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



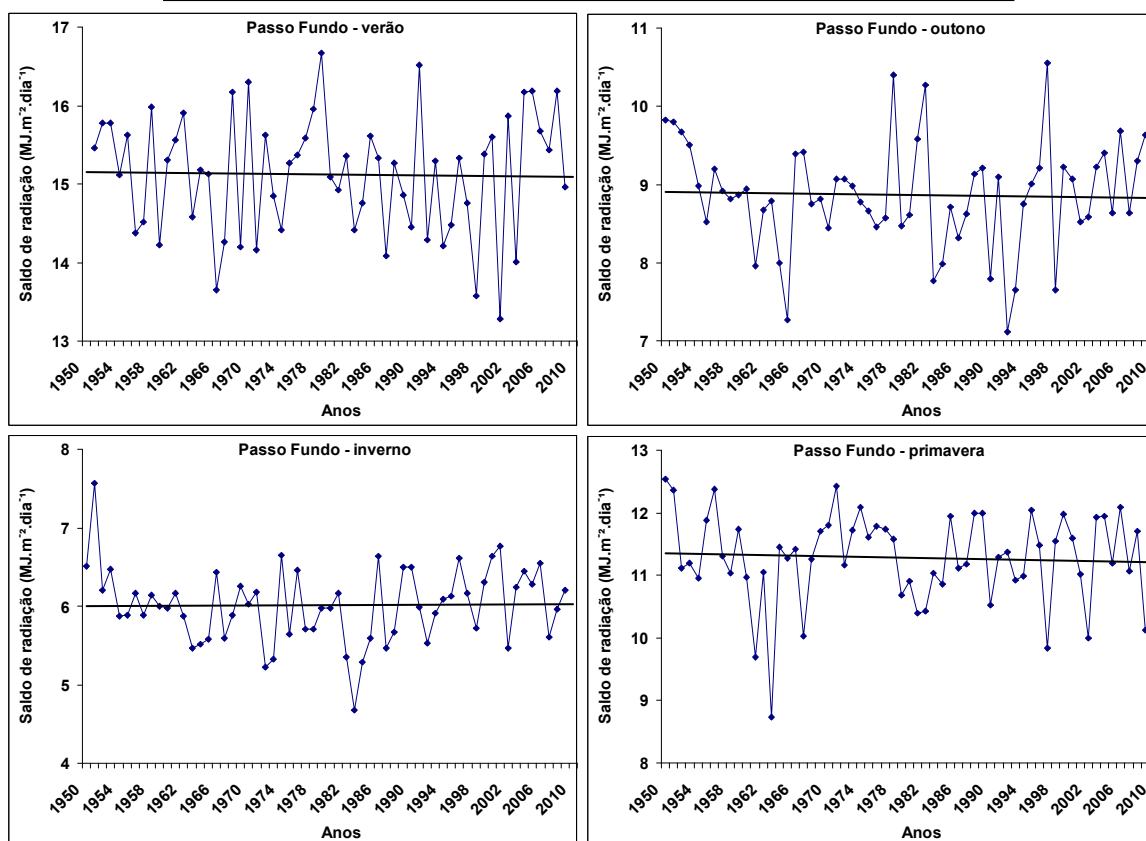
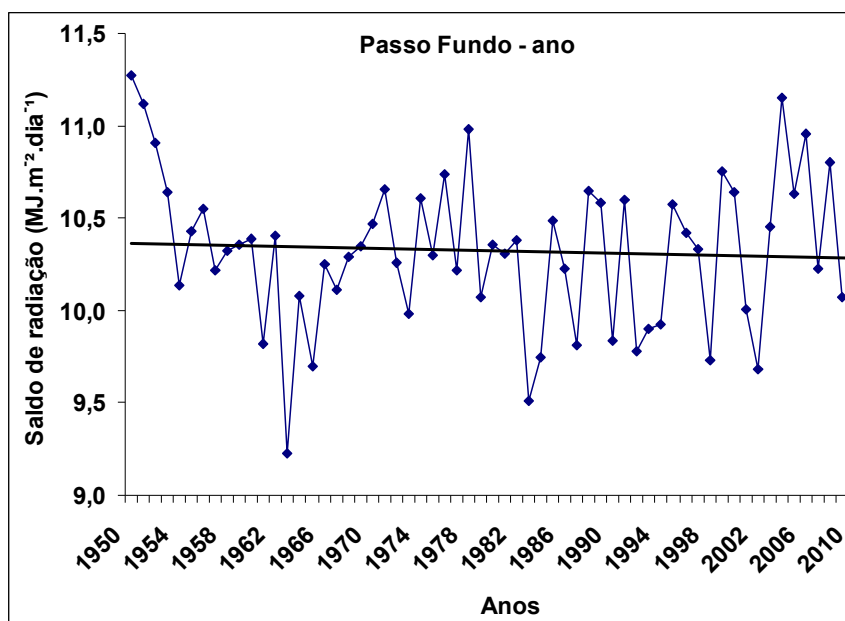
APÊNDICE 88. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



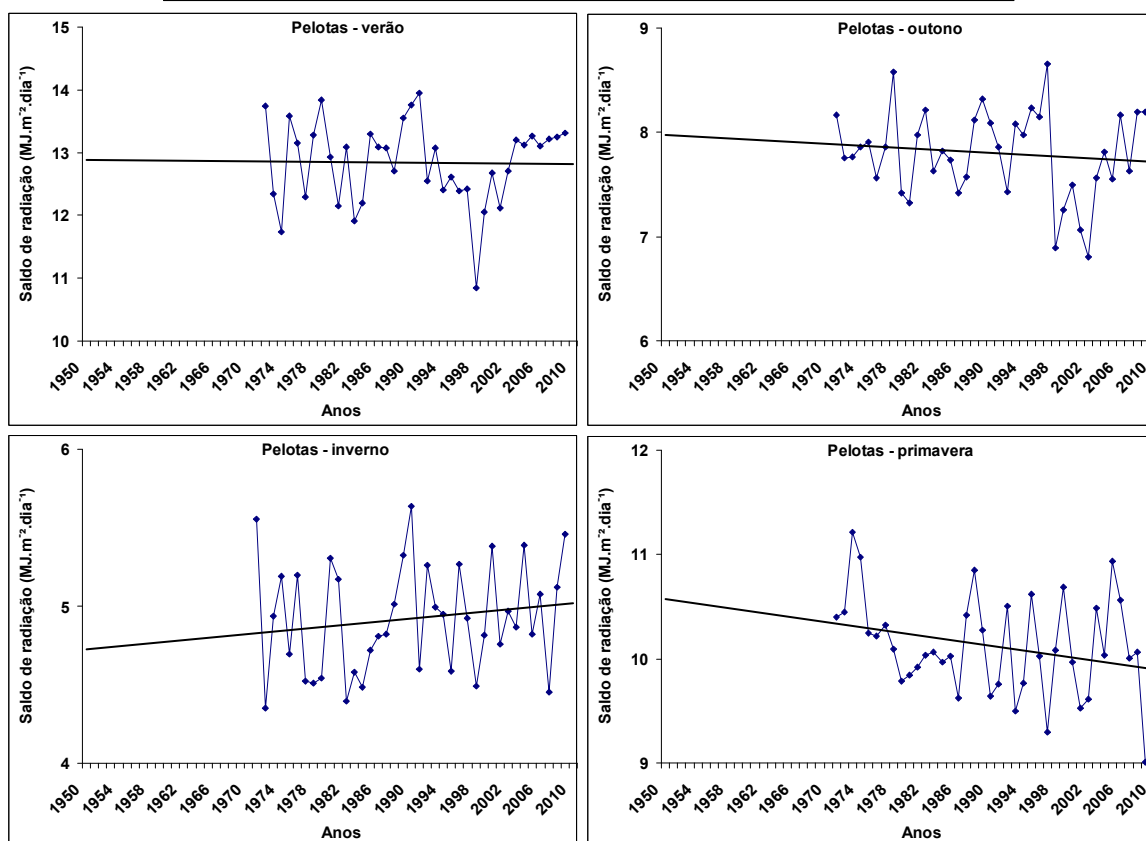
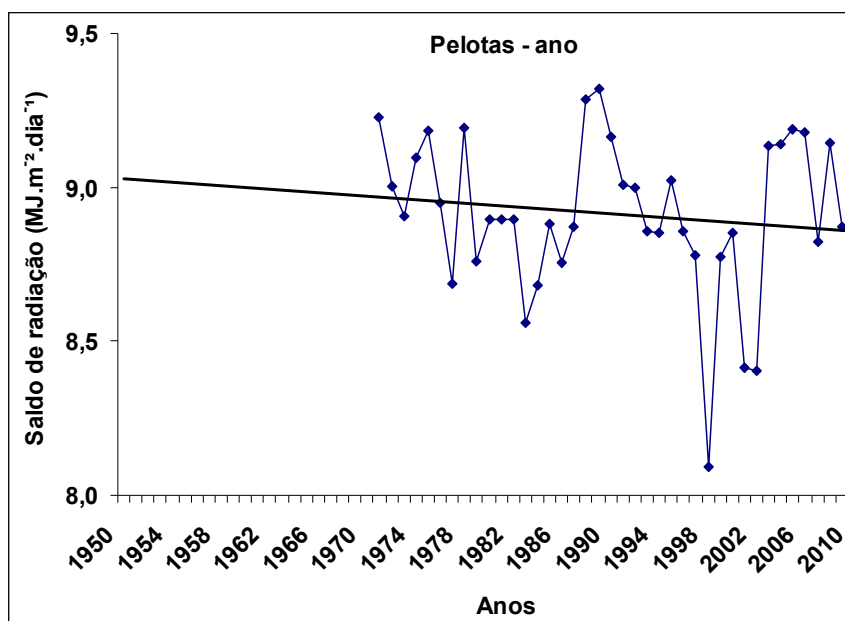
APÊNDICE 89. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



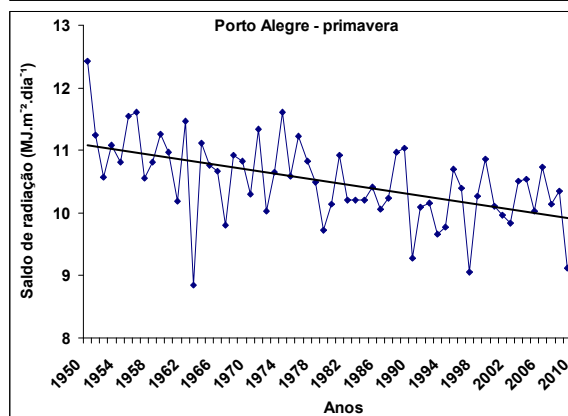
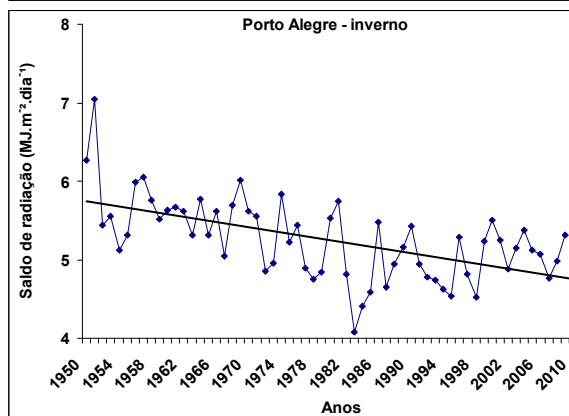
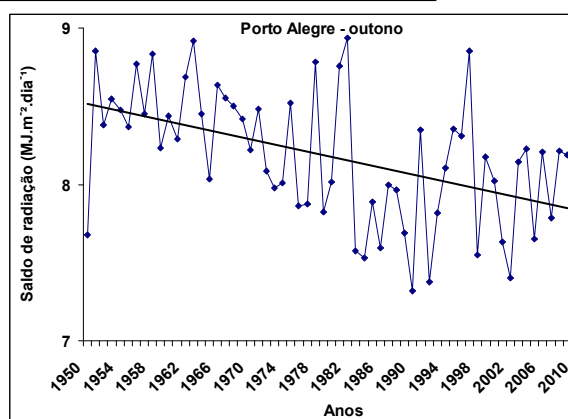
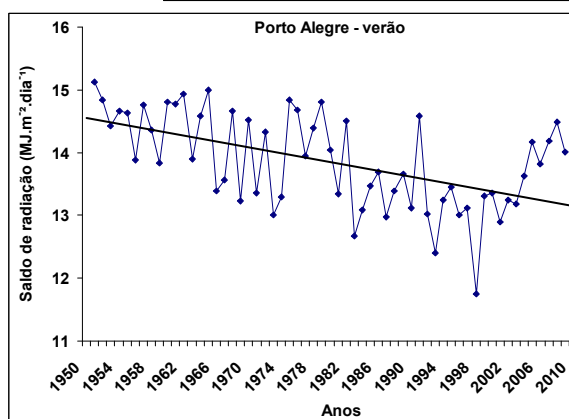
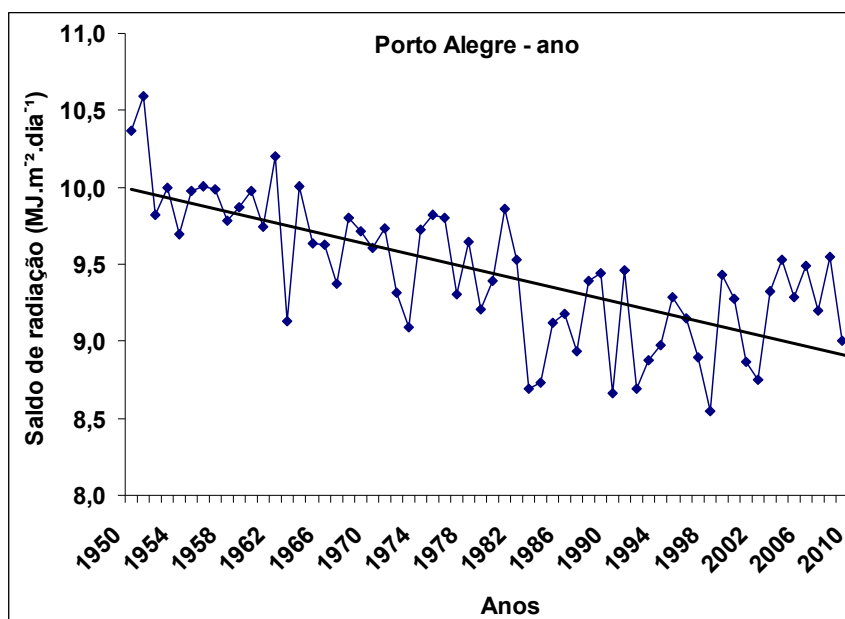
APÊNDICE 90. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



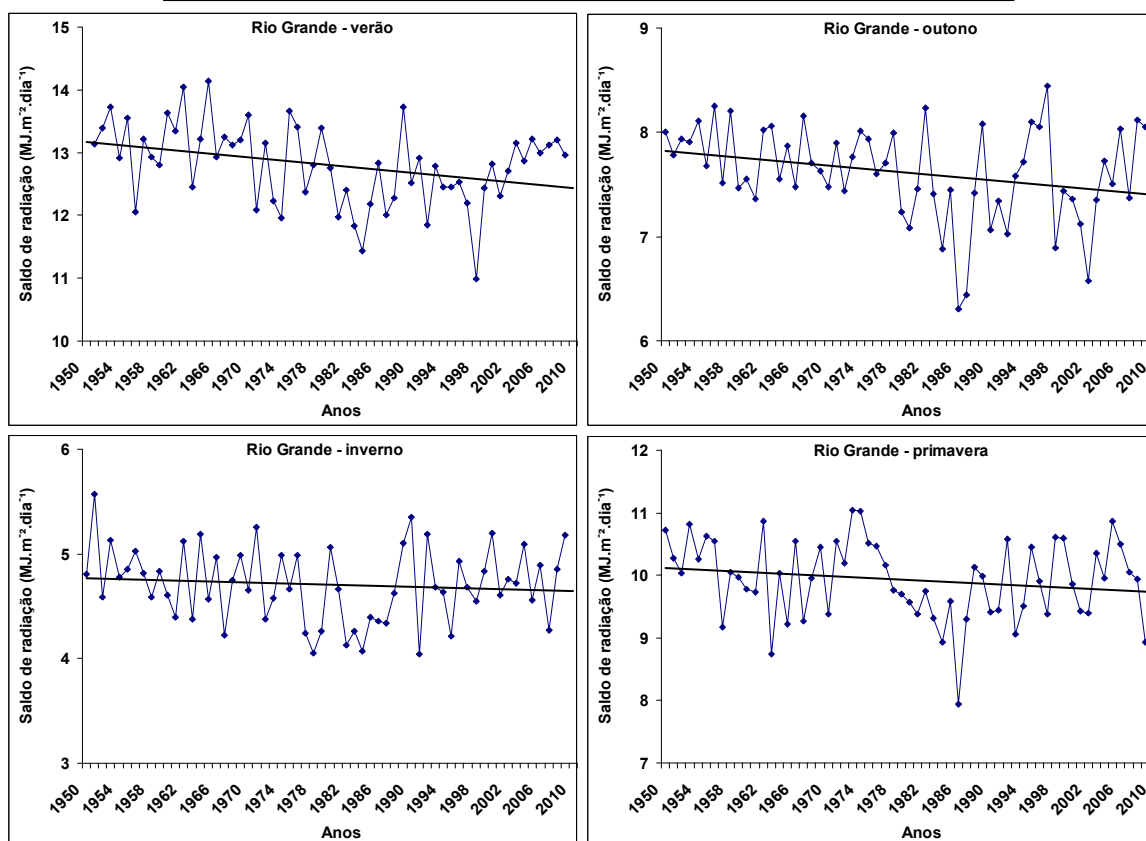
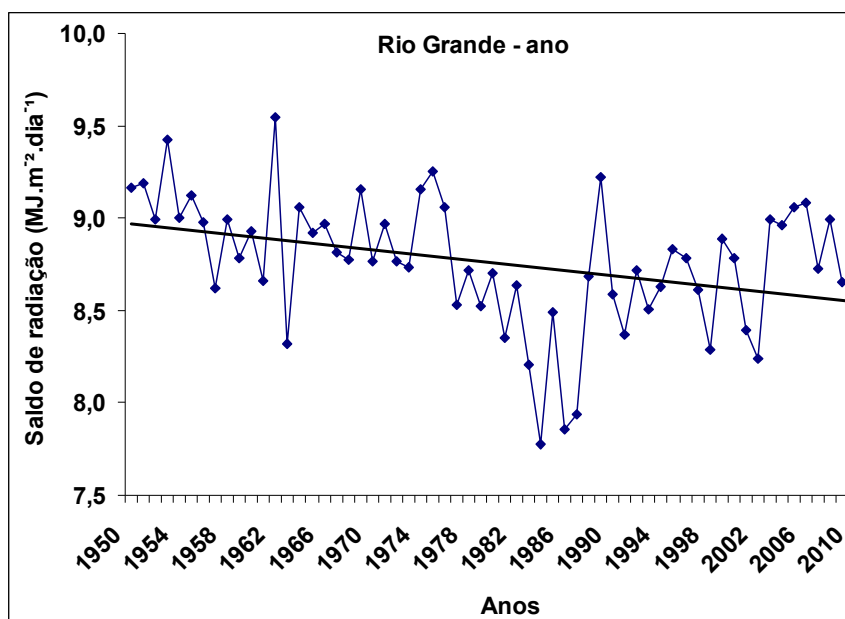
APÊNDICE 91. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



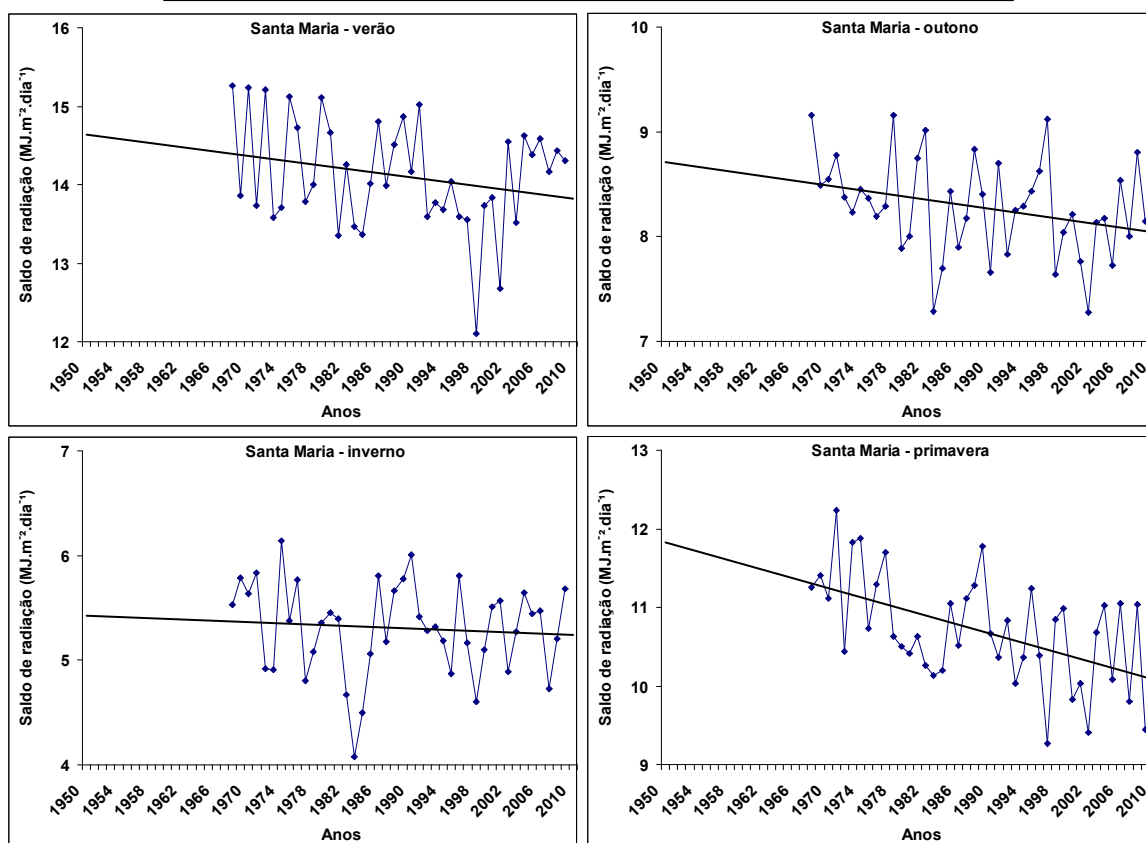
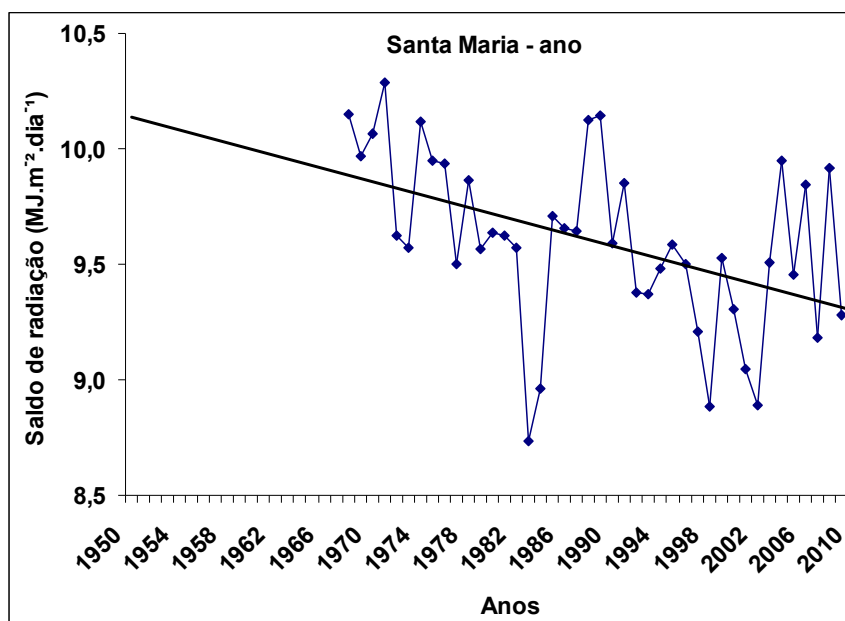
APÊNDICE 92. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



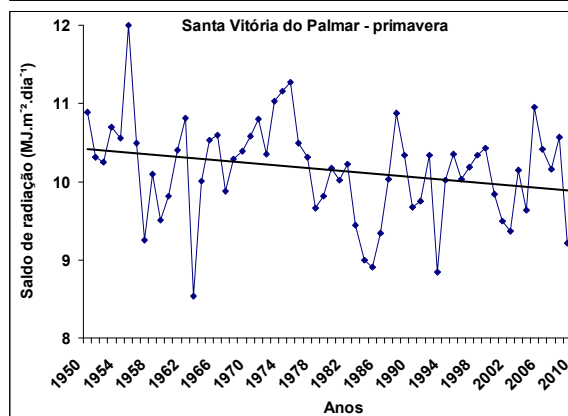
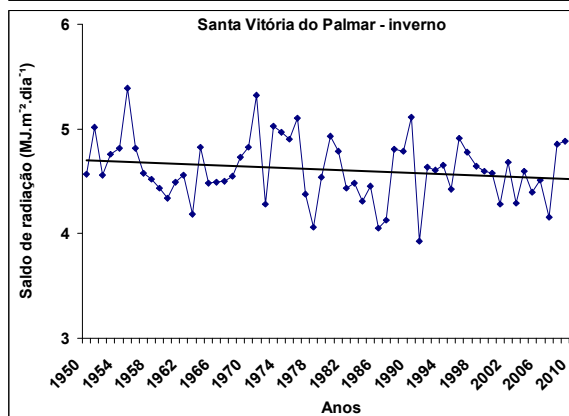
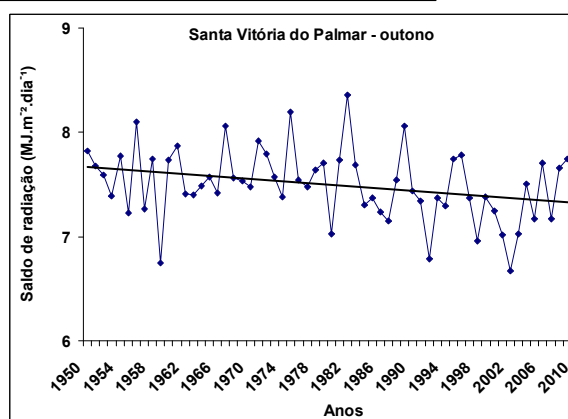
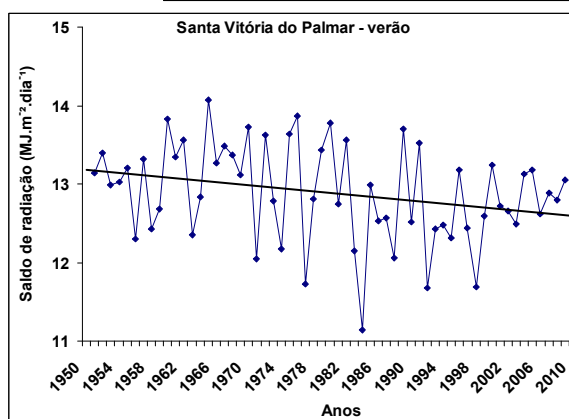
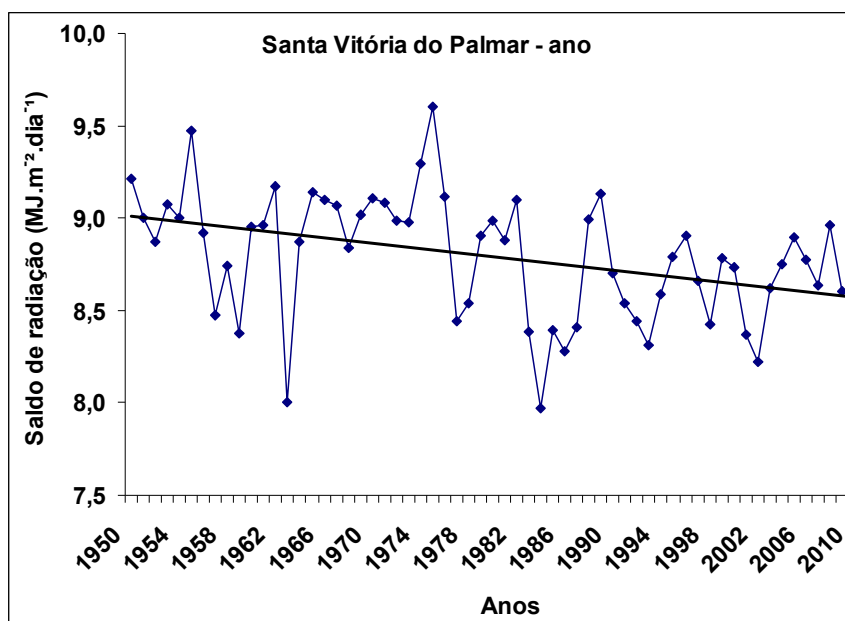
APÊNDICE 93. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



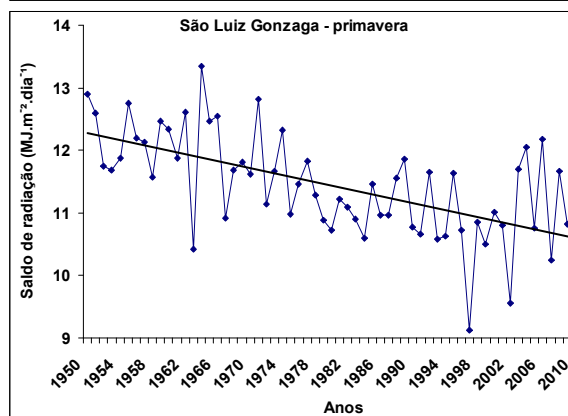
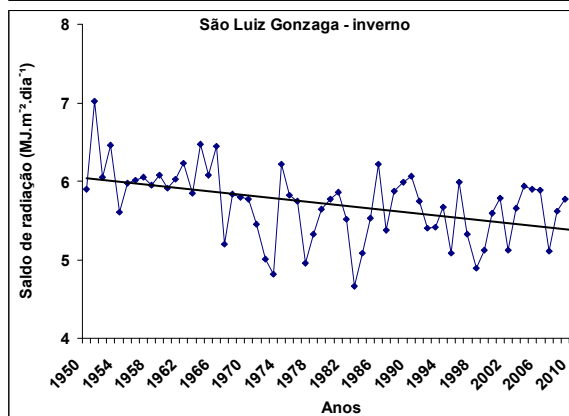
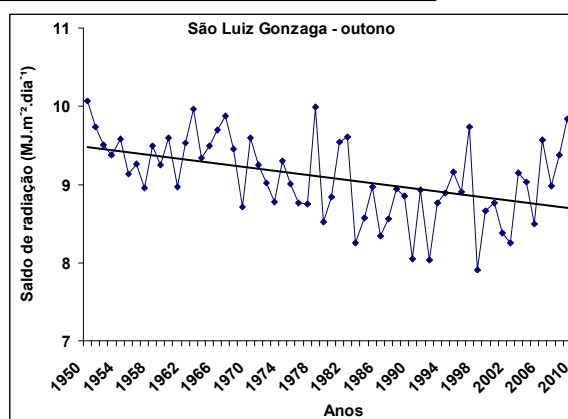
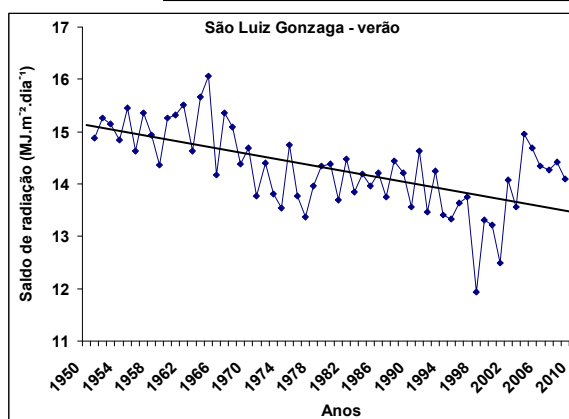
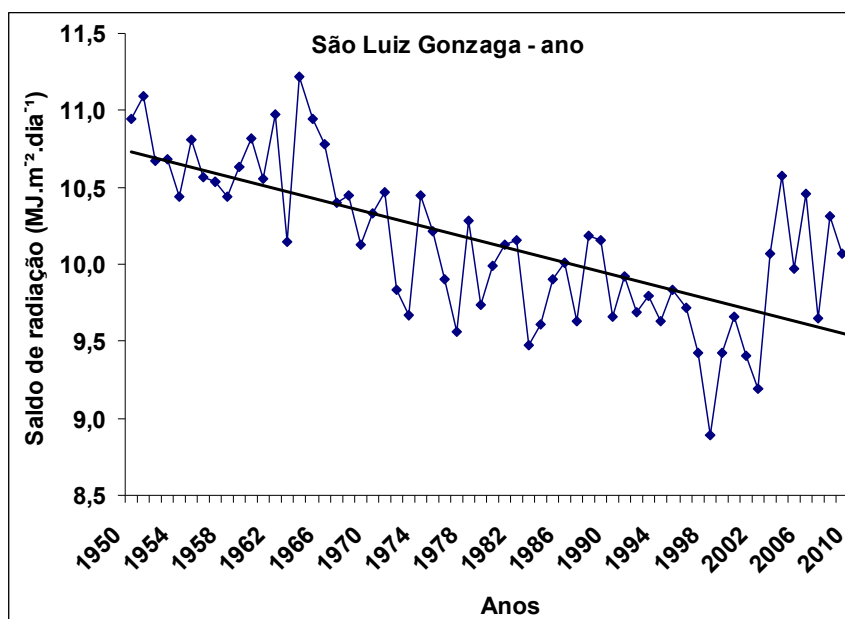
APÊNDICE 94. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



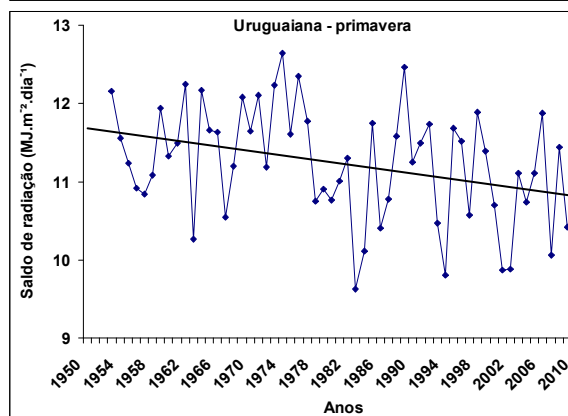
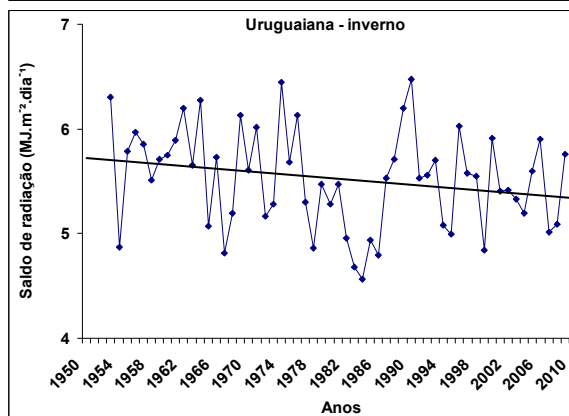
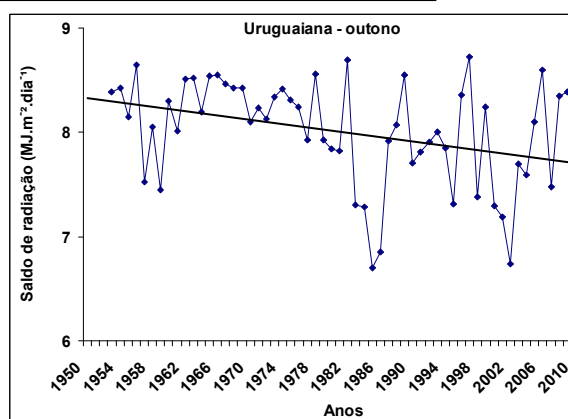
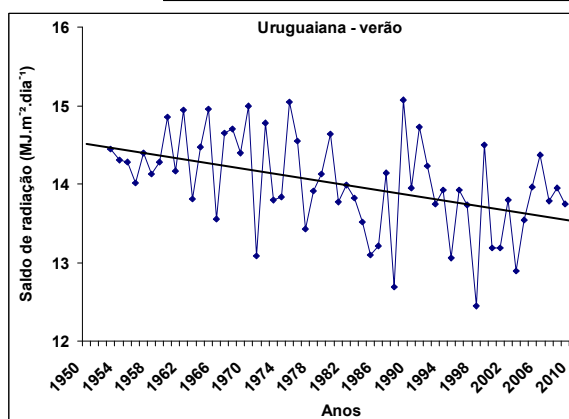
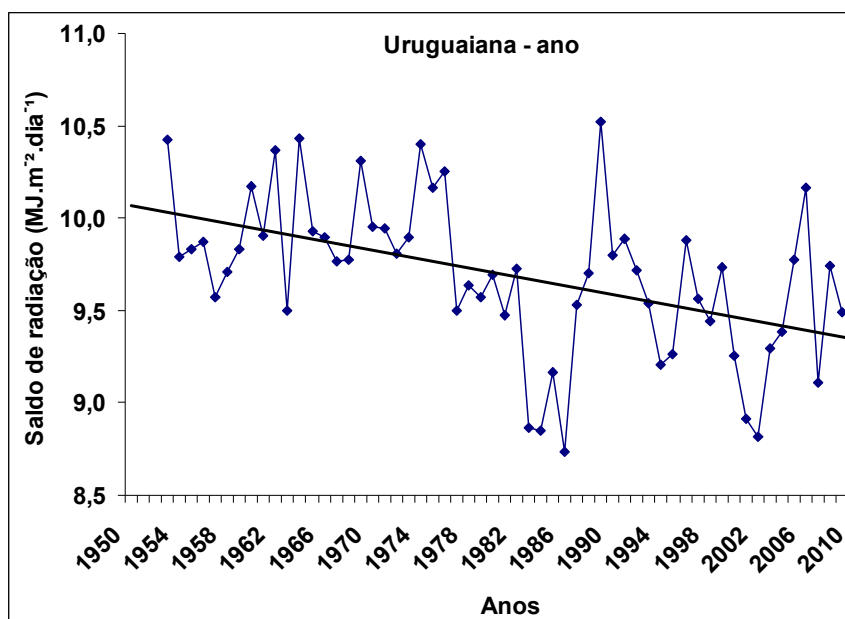
APÊNDICE 95. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



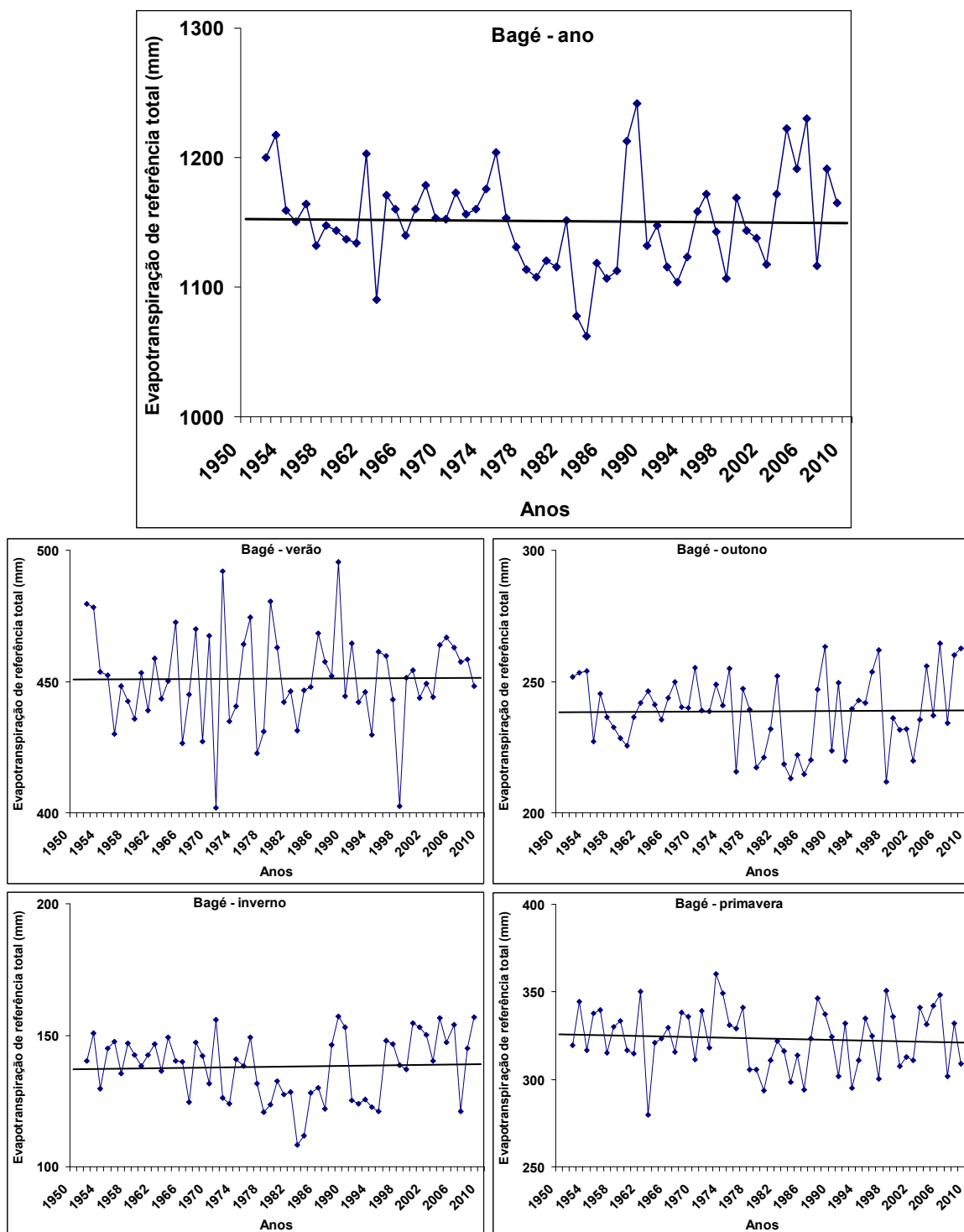
APÊNDICE 96. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



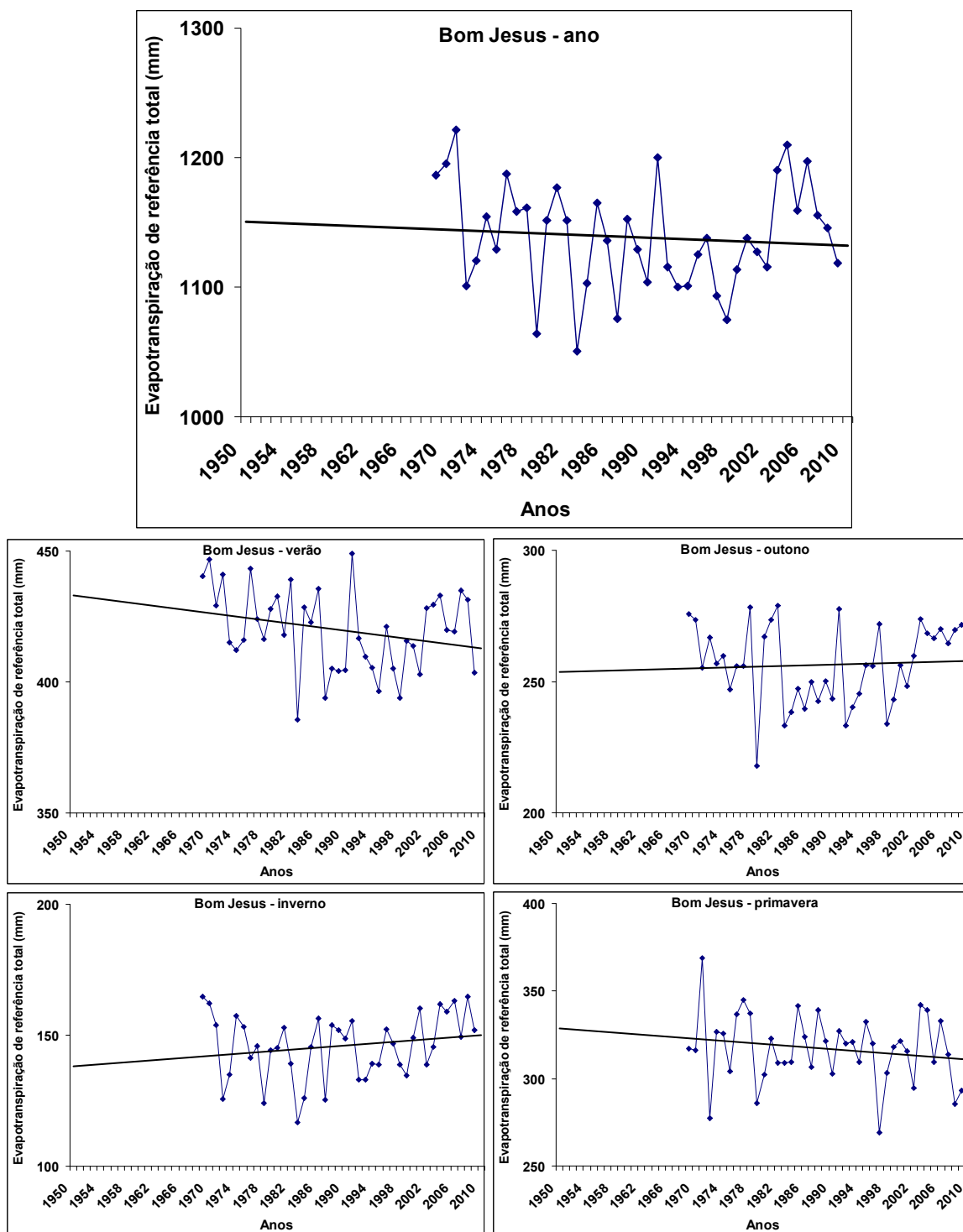
APÊNDICE 97. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



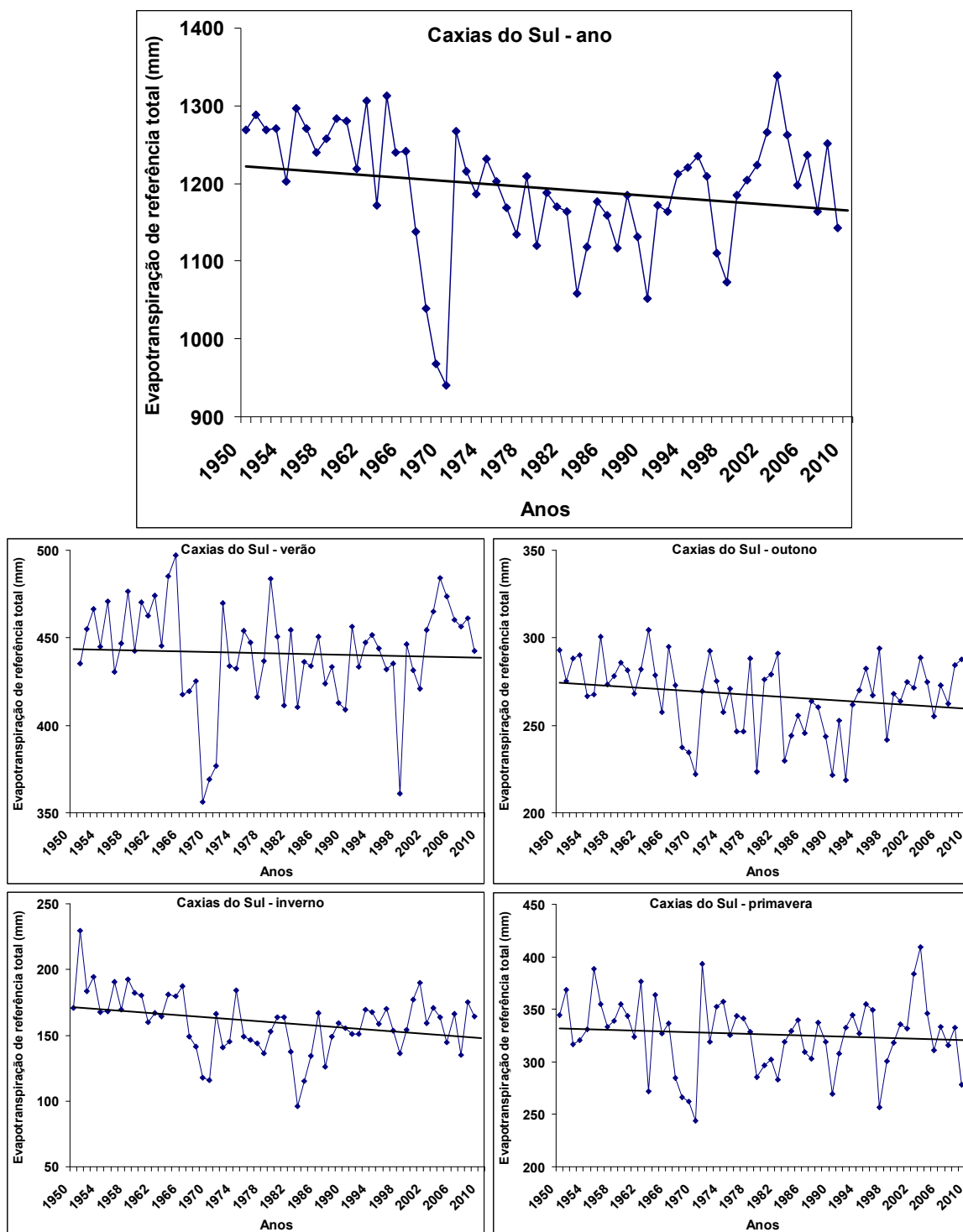
APÊNDICE 98. Tendência linear do saldo de radiação anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



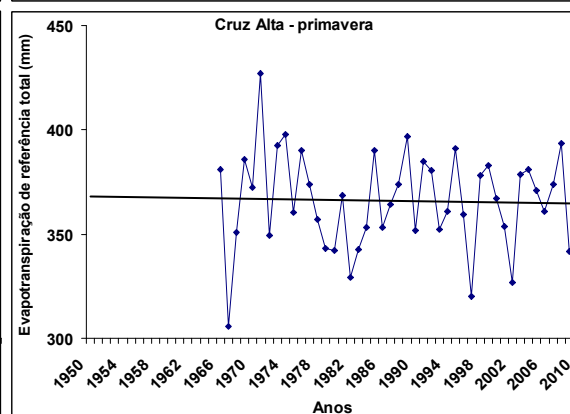
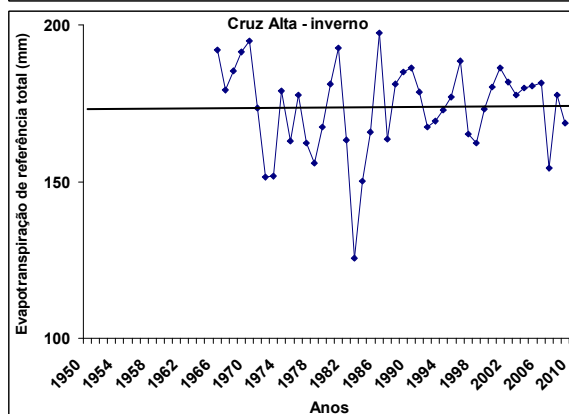
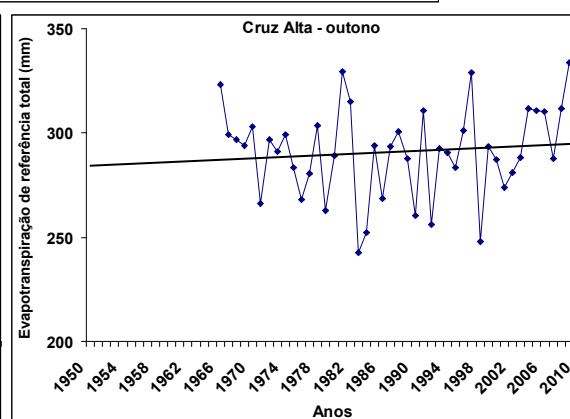
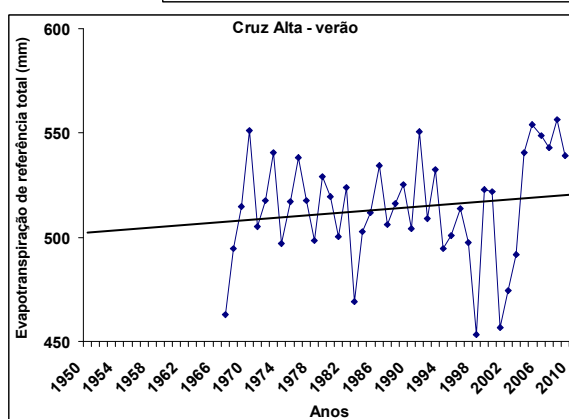
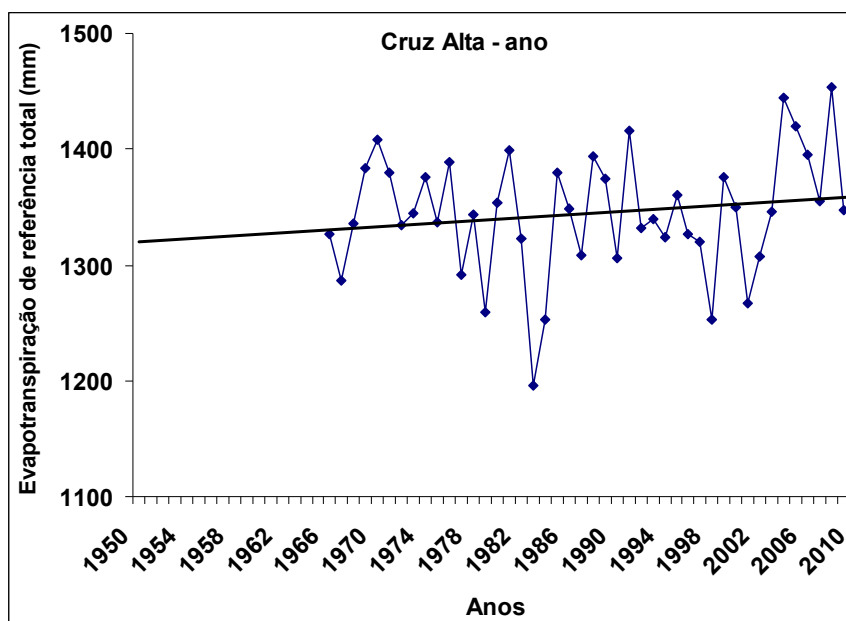
APÊNDICE 99. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



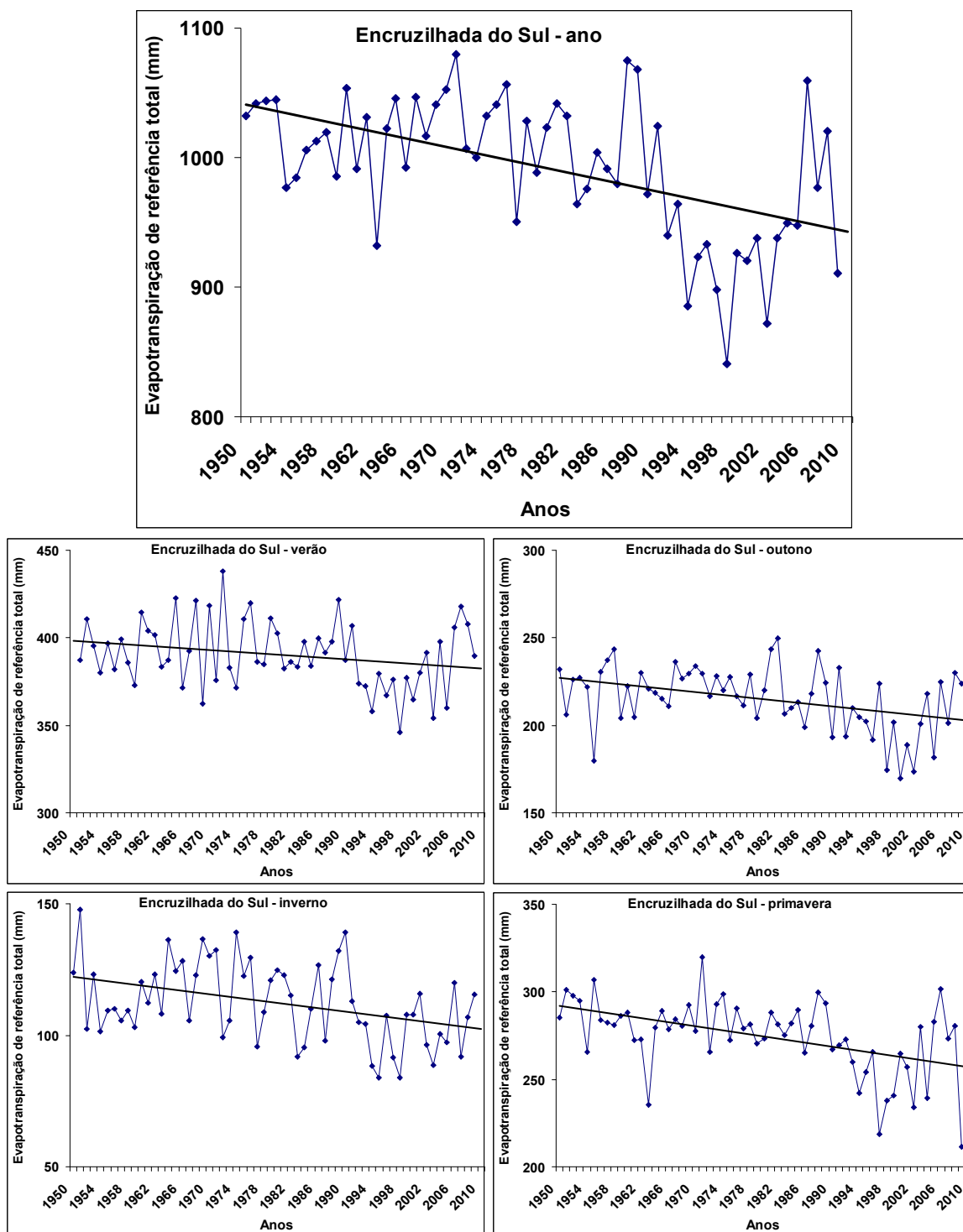
APÊNDICE 100. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



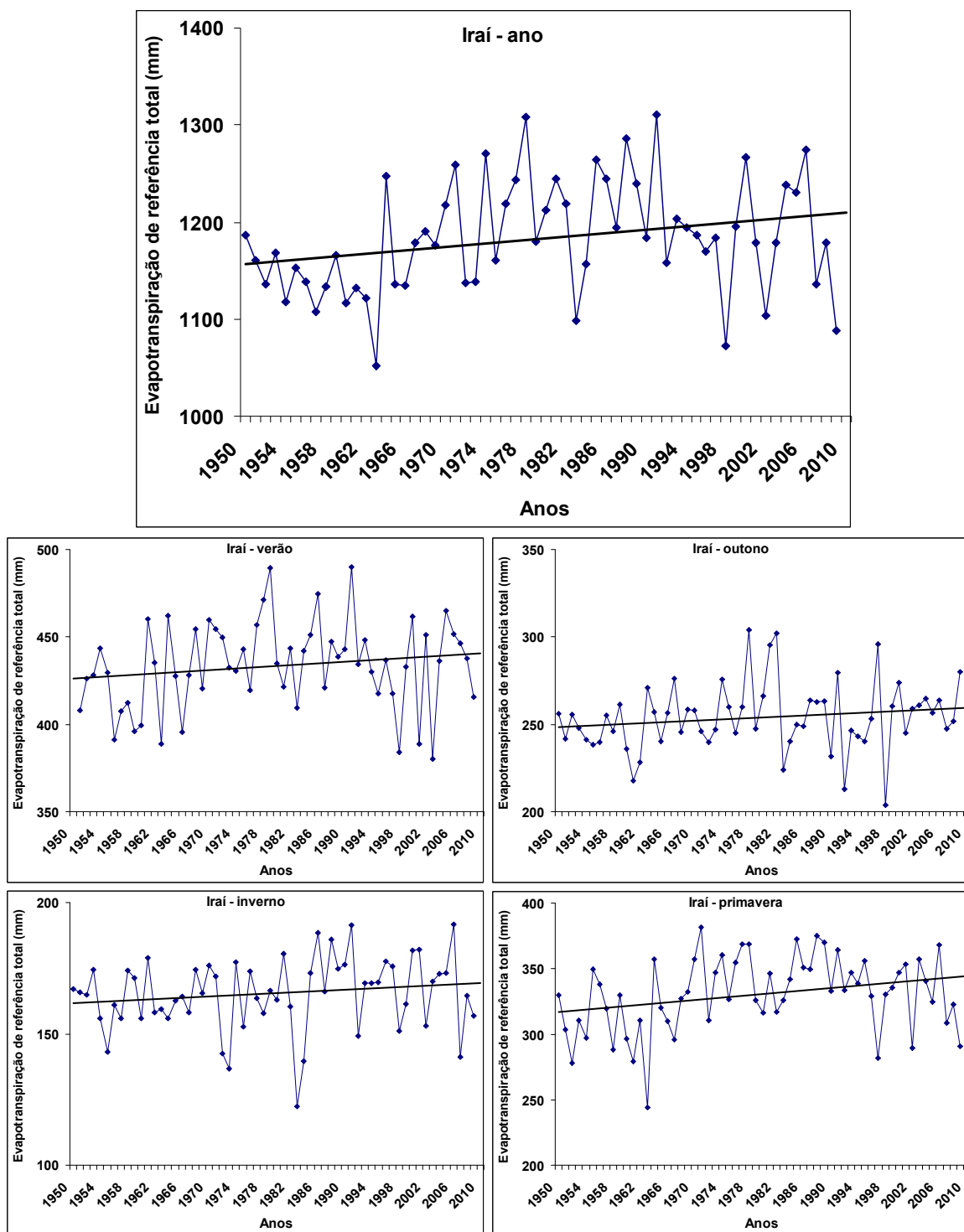
APÊNDICE 101. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



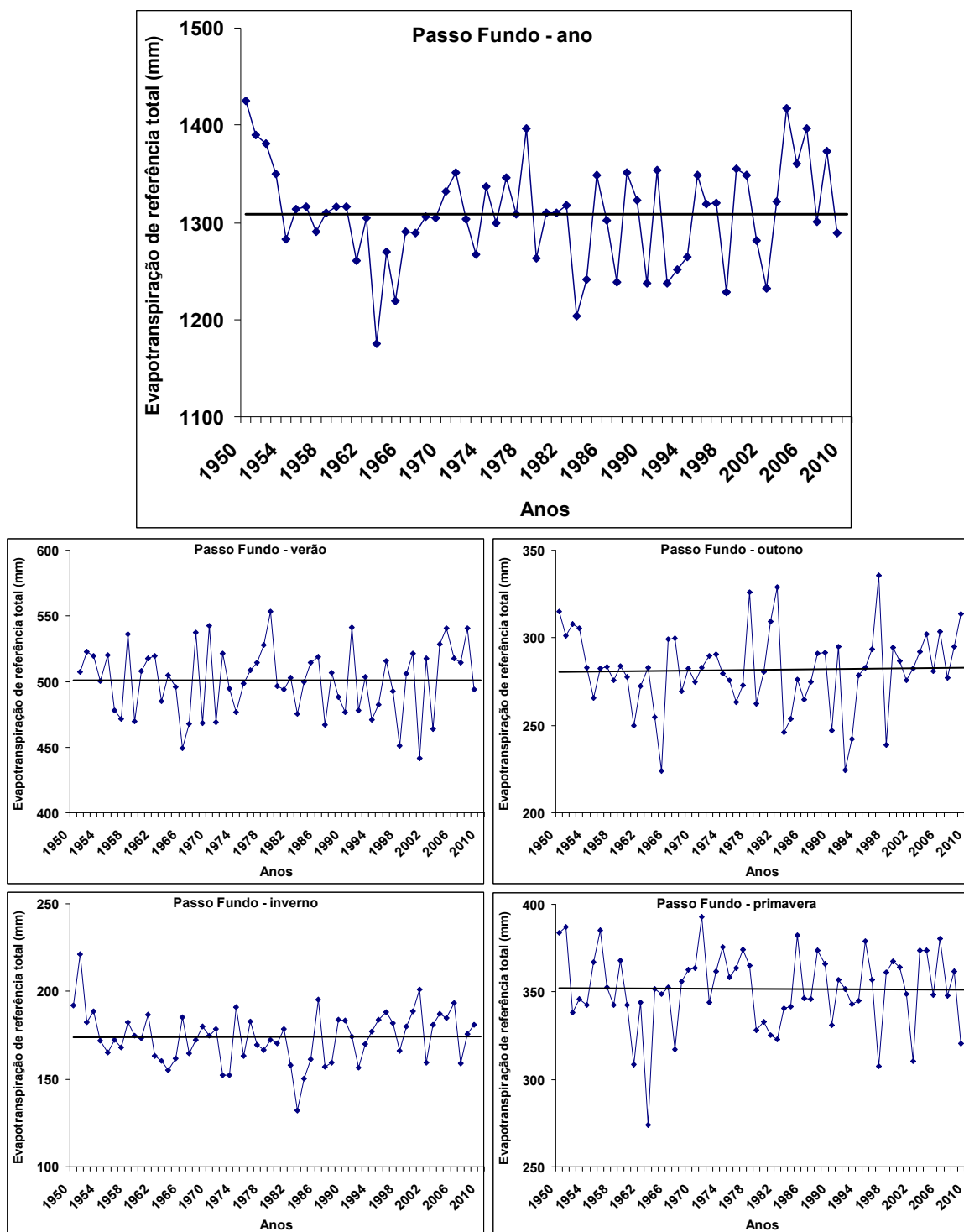
APÊNDICE 102. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



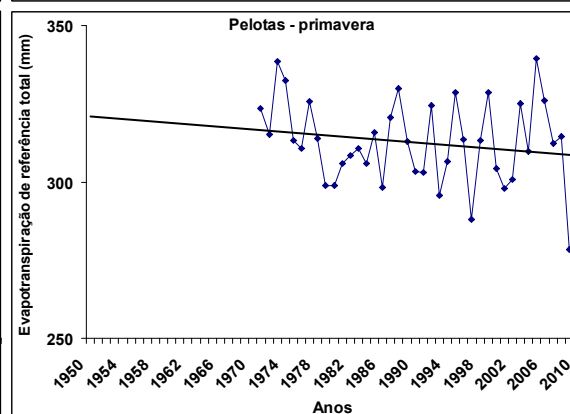
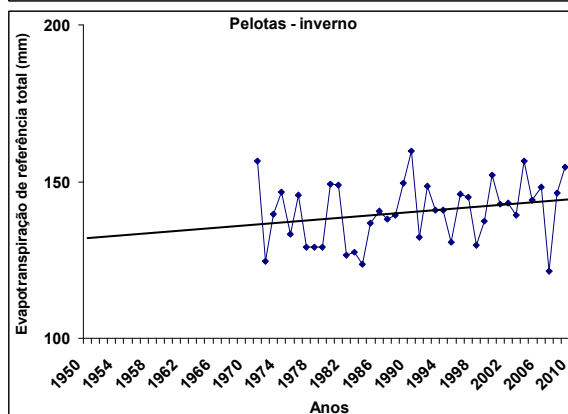
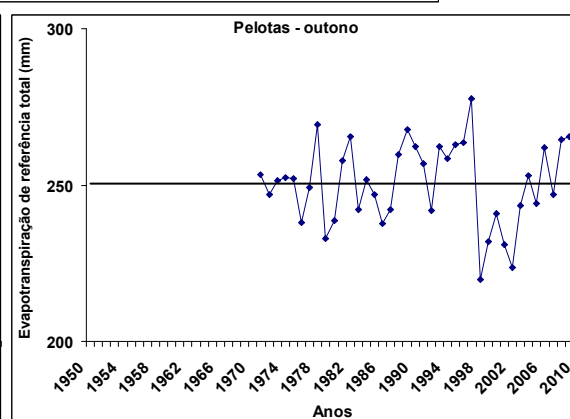
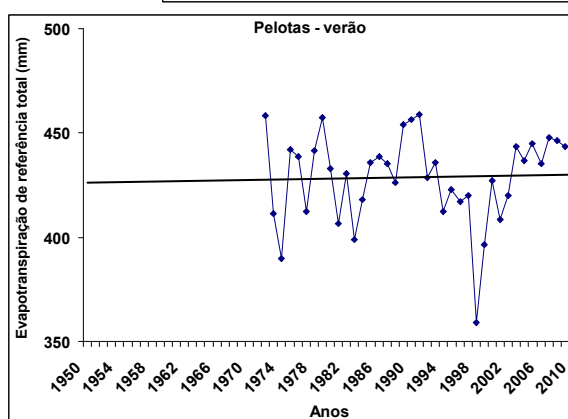
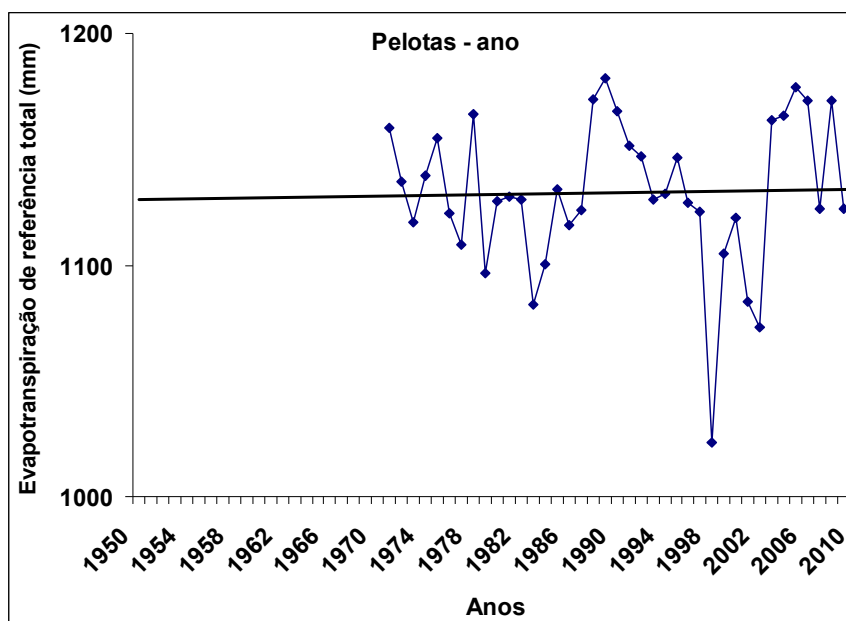
APÊNDICE 103. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



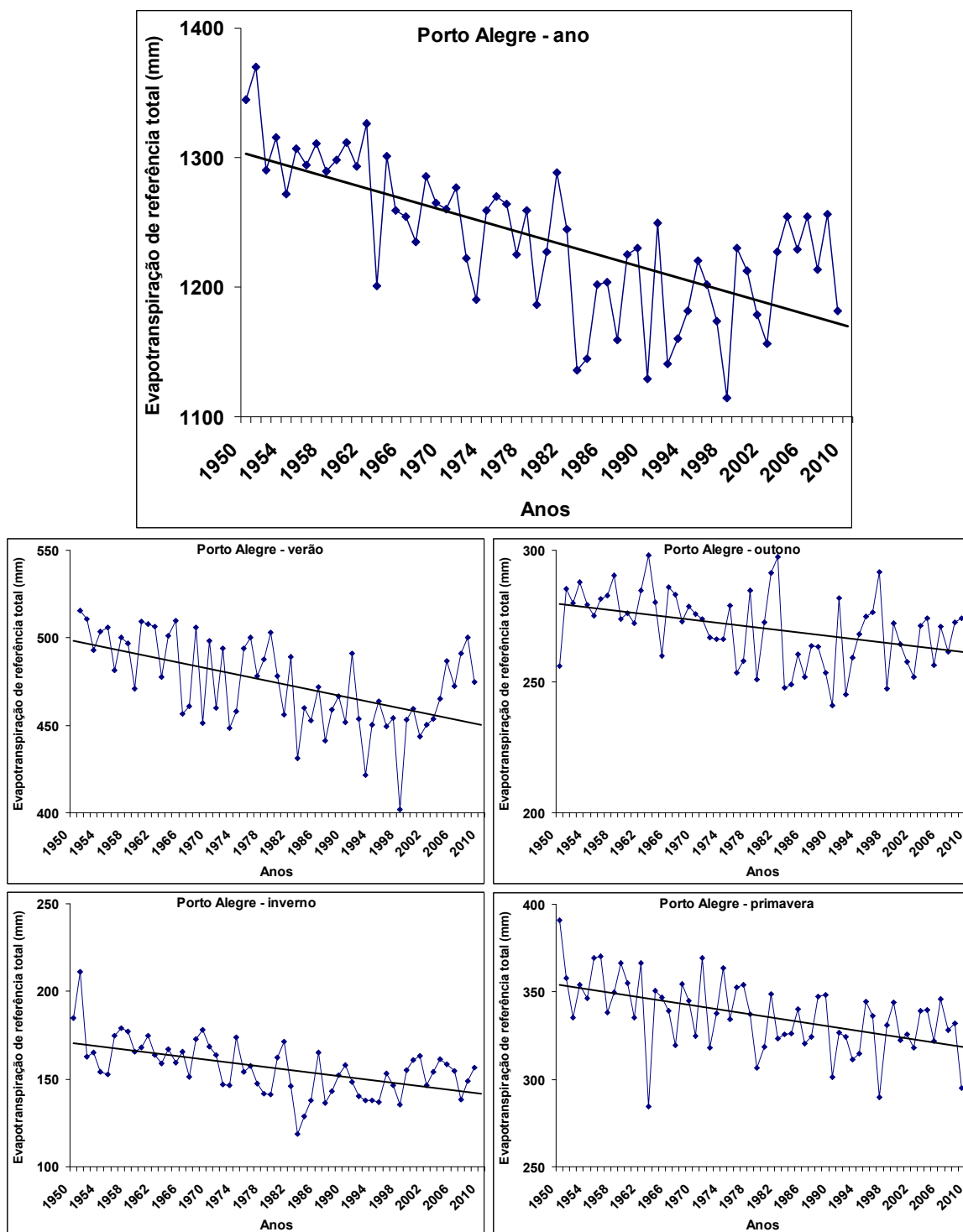
APÊNDICE 104. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



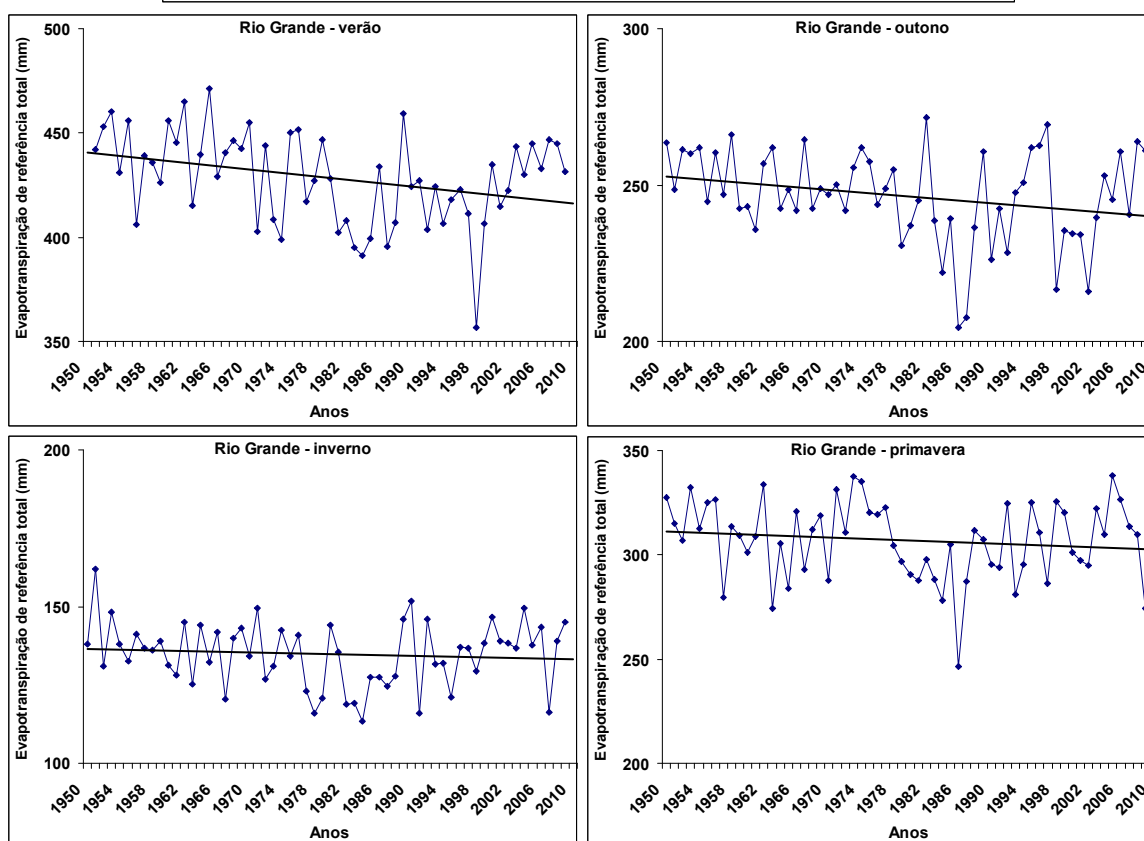
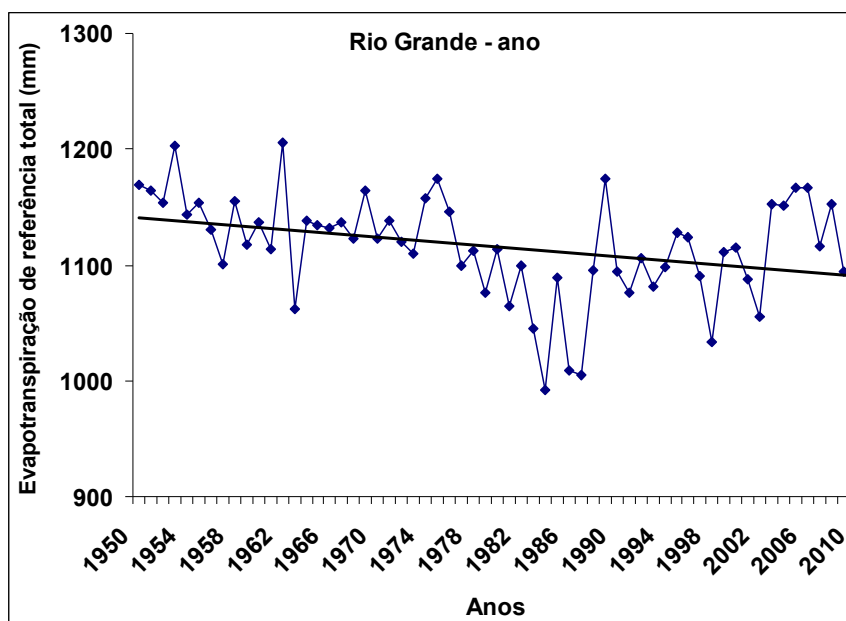
APÊNDICE 105. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



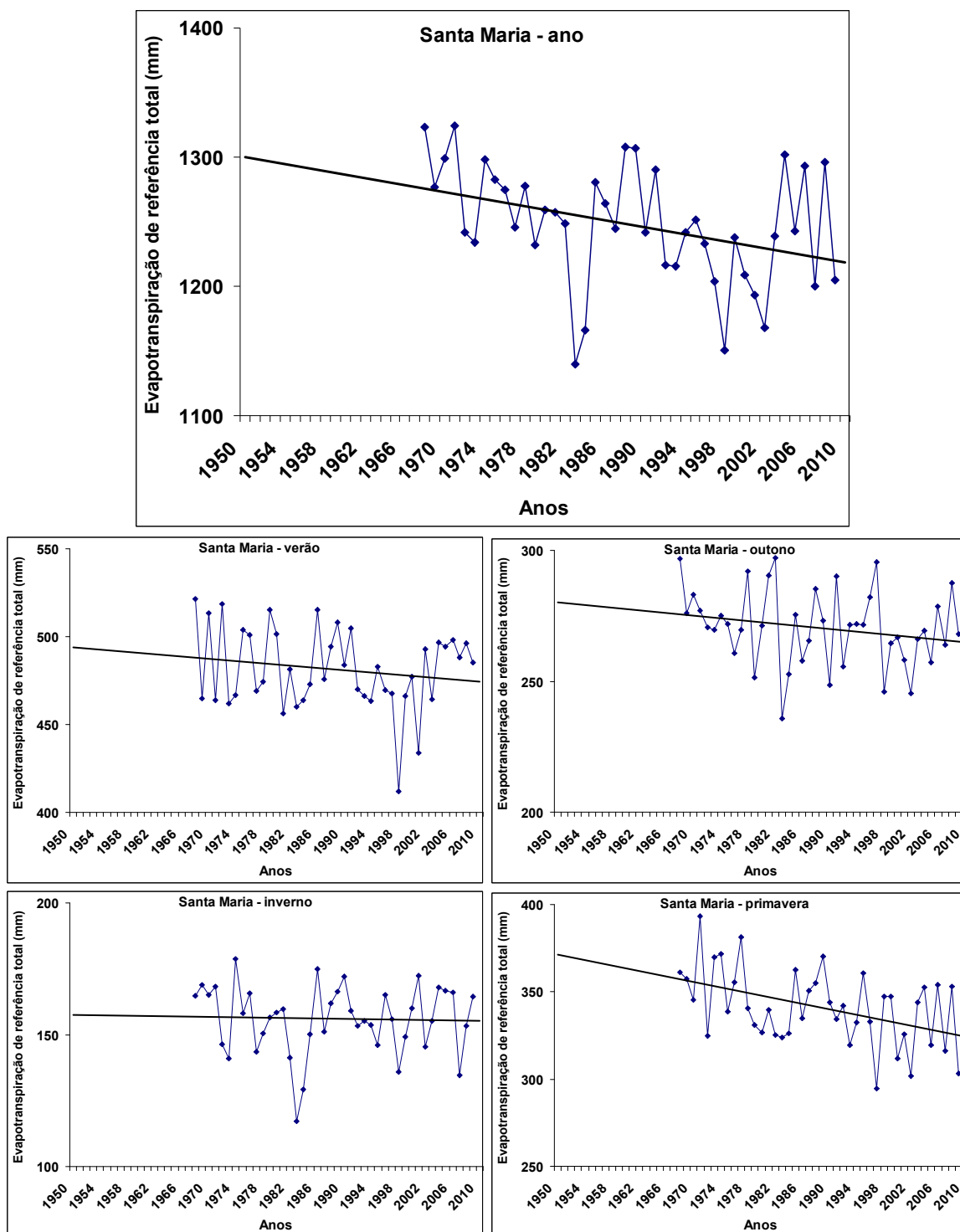
APÊNDICE 106. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



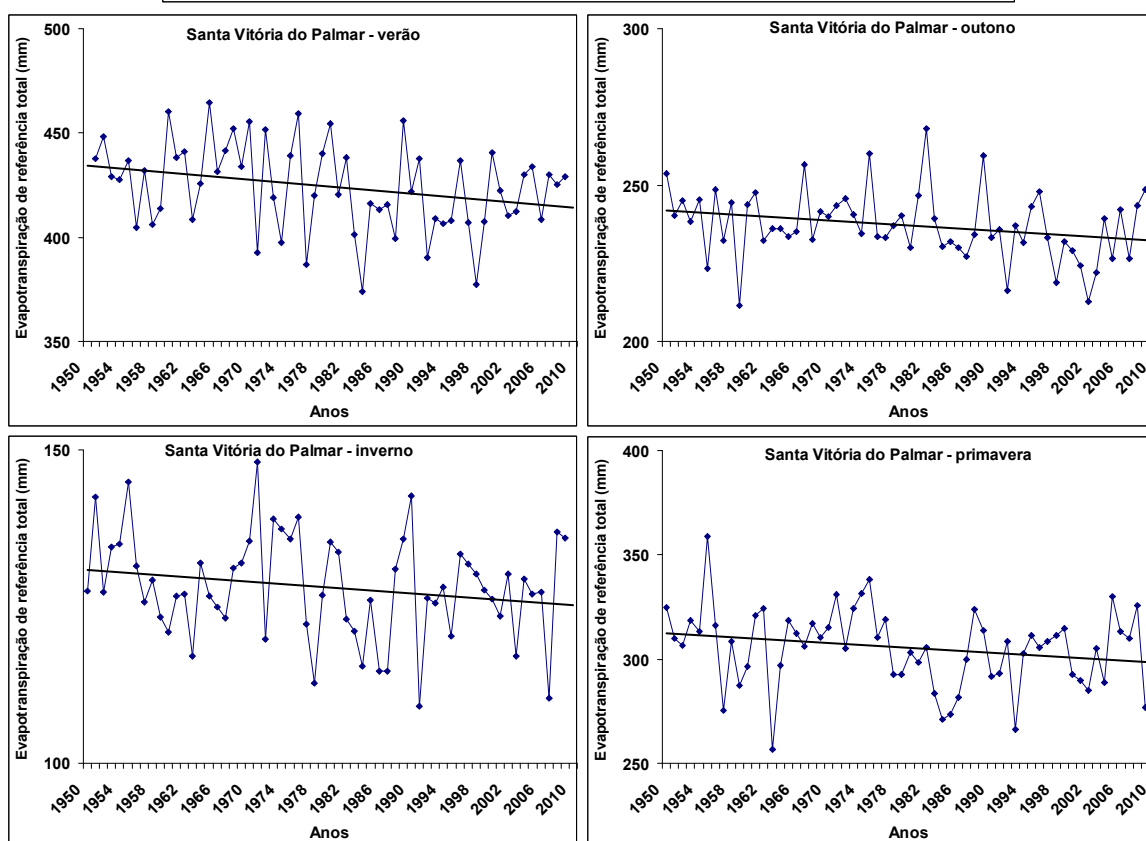
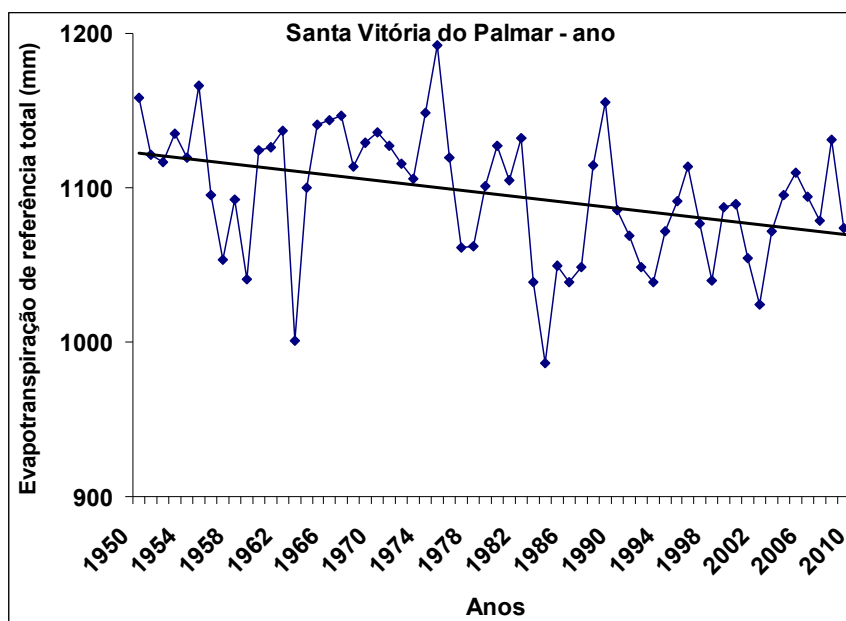
APÊNDICE 107. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



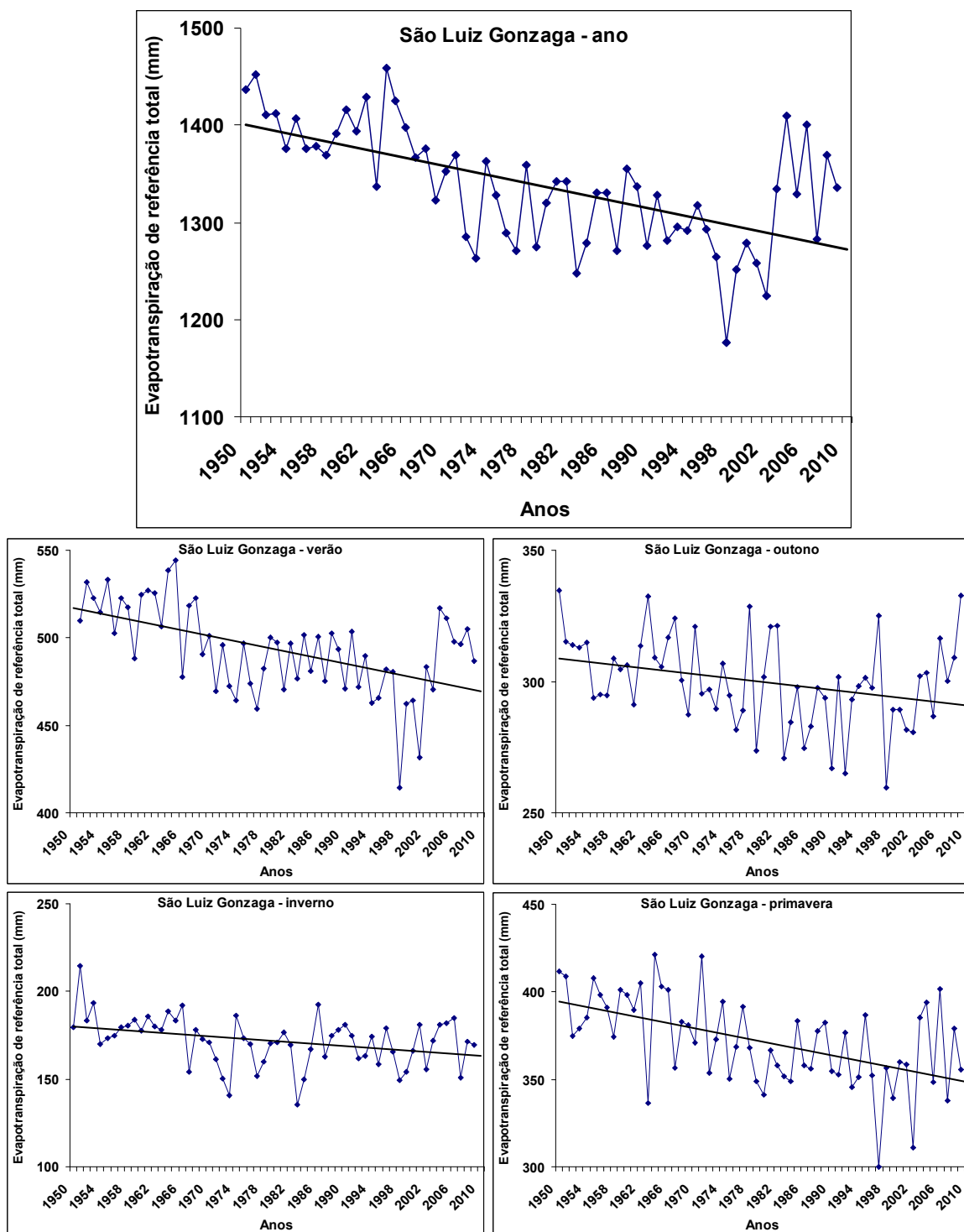
APÊNDICE 108. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



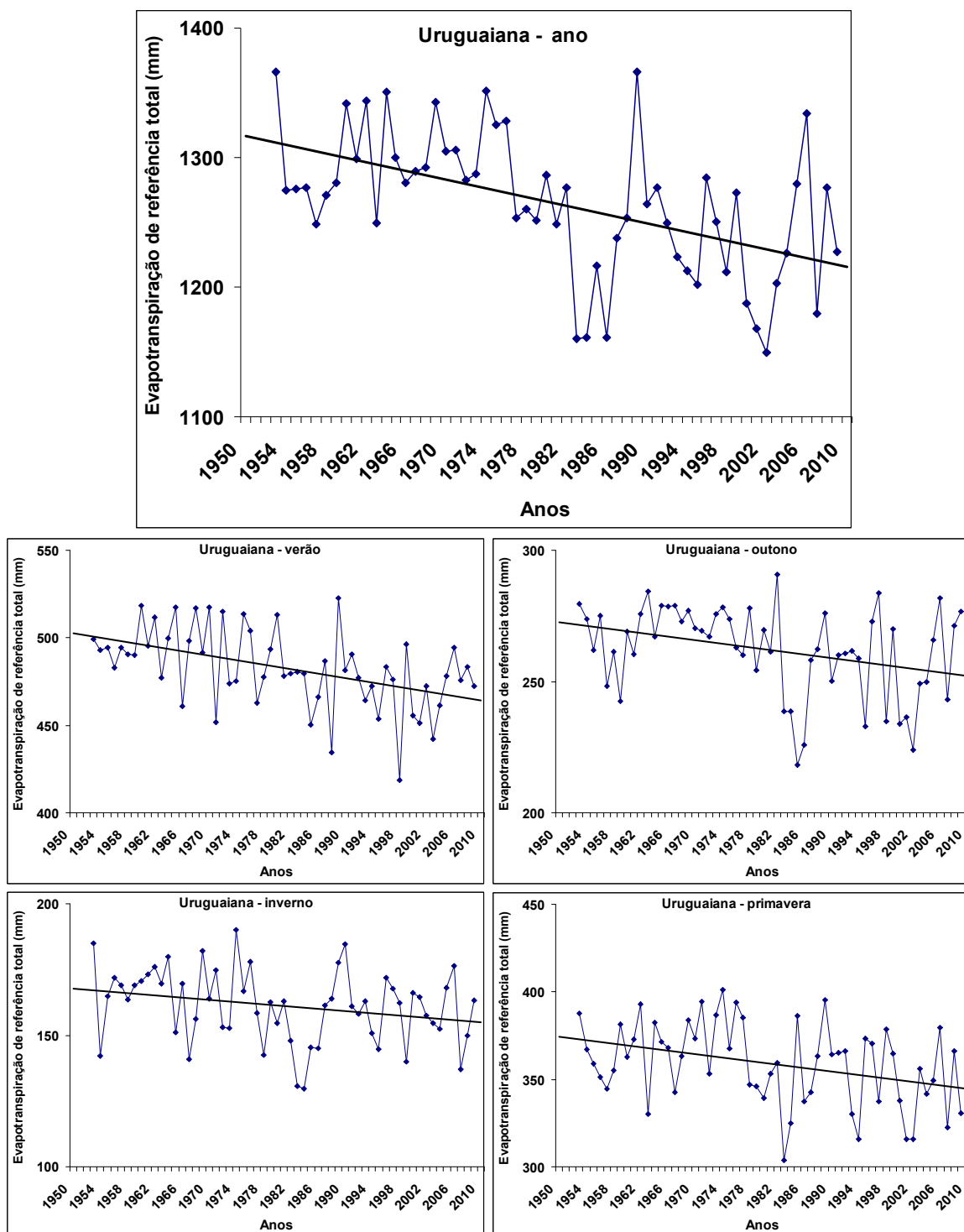
APÊNDICE 109. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



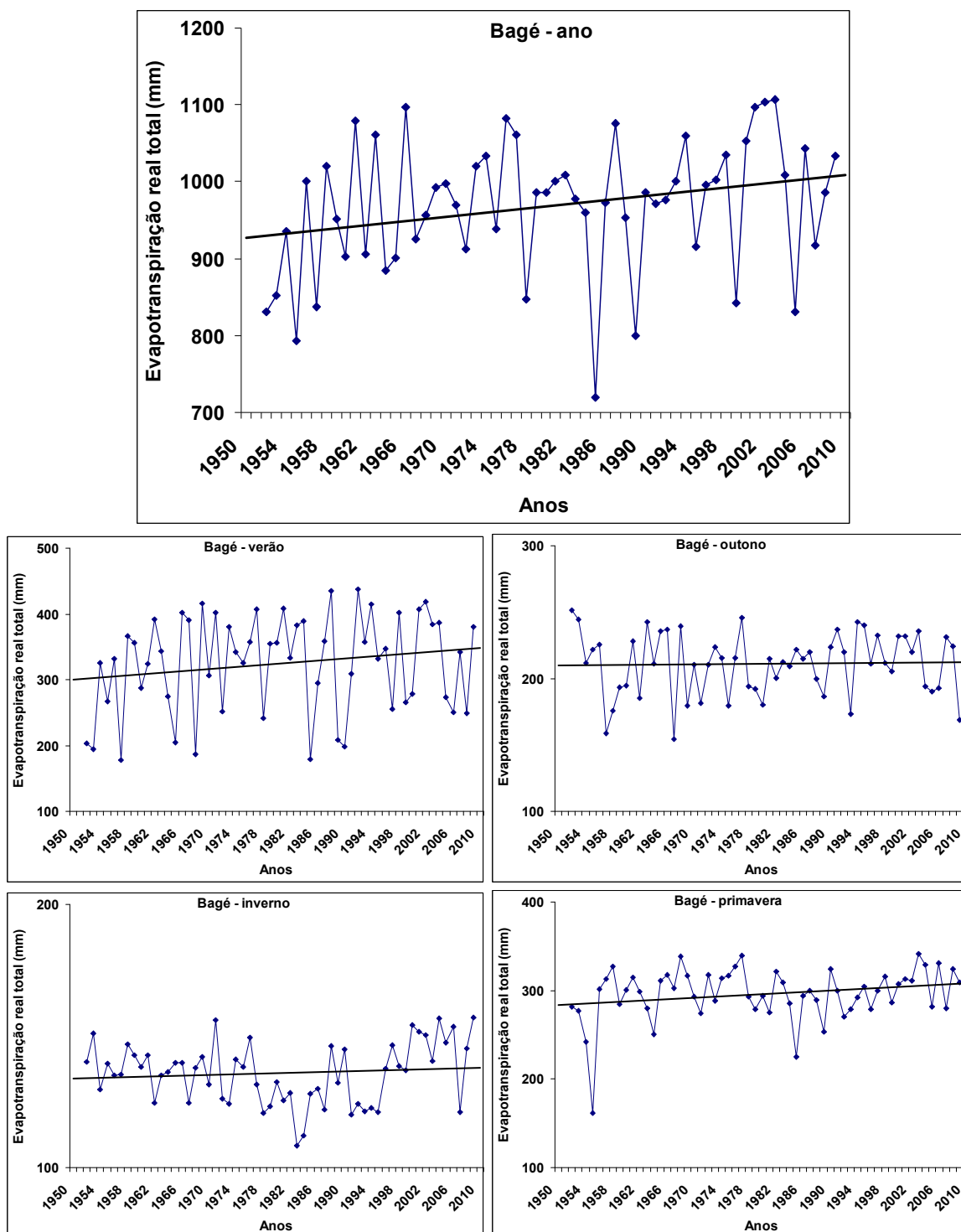
APÊNDICE 110. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



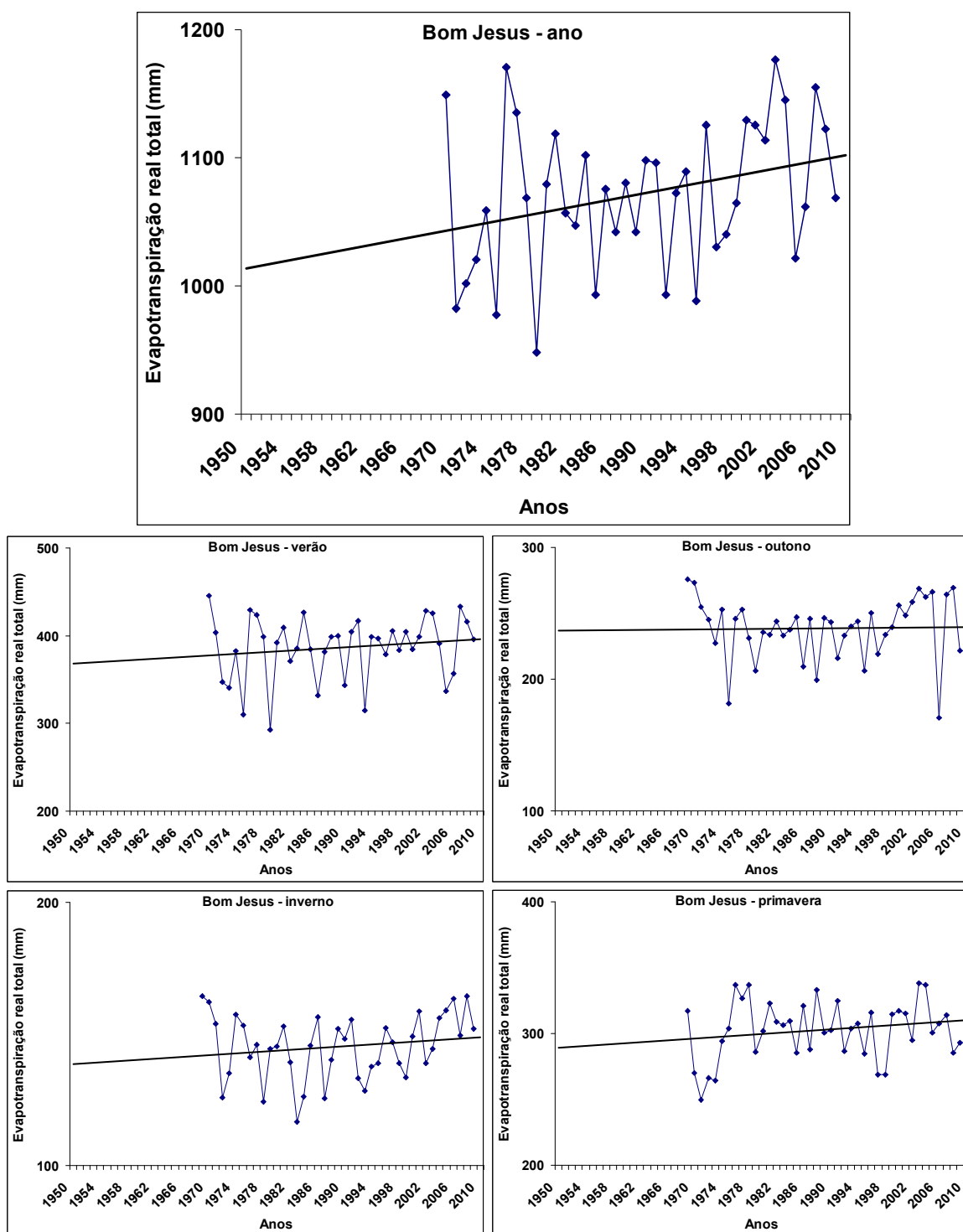
APÊNDICE 111. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



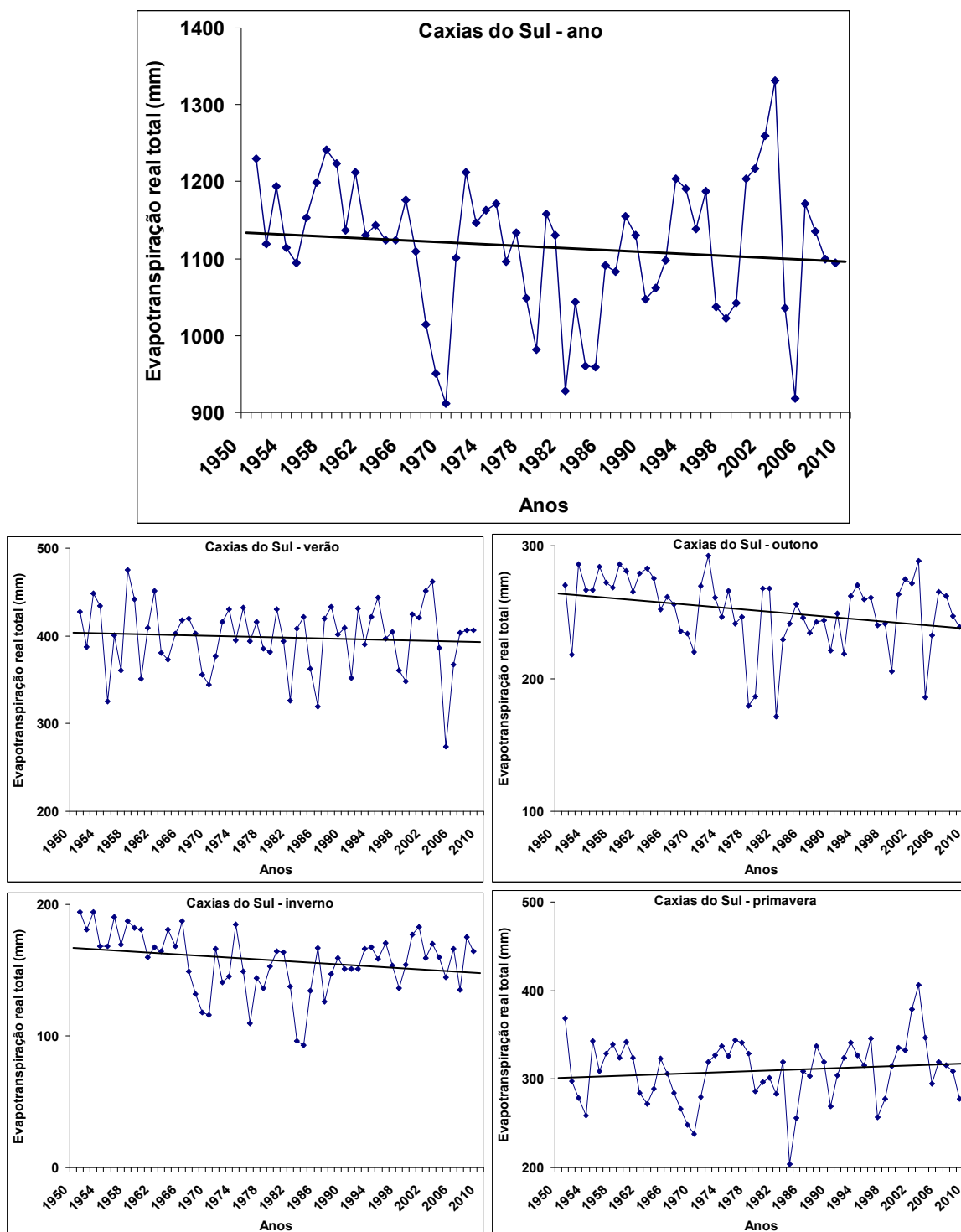
APÊNDICE 112. Tendência linear da evapotranspiração de referência anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



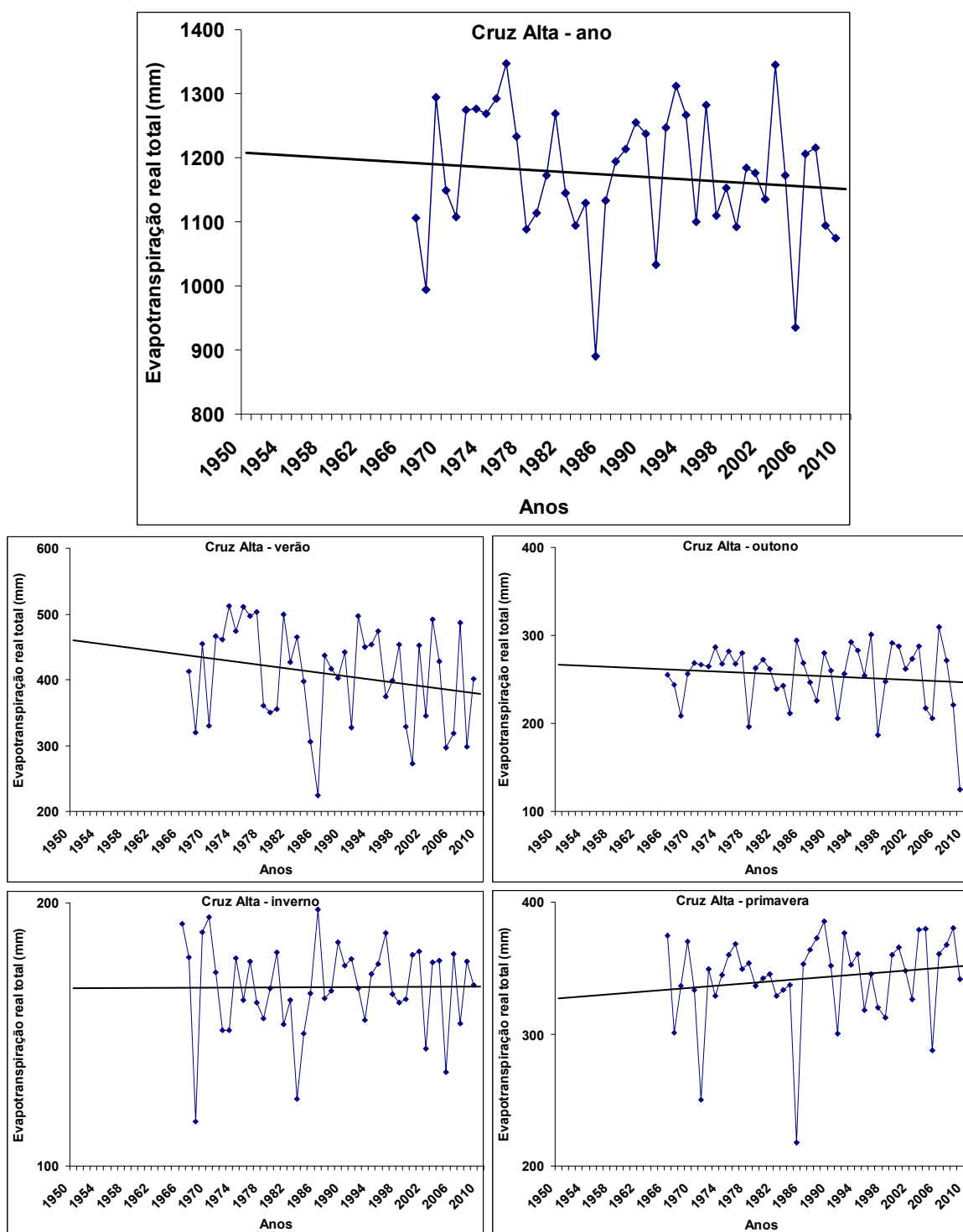
APÊNDICE 113. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



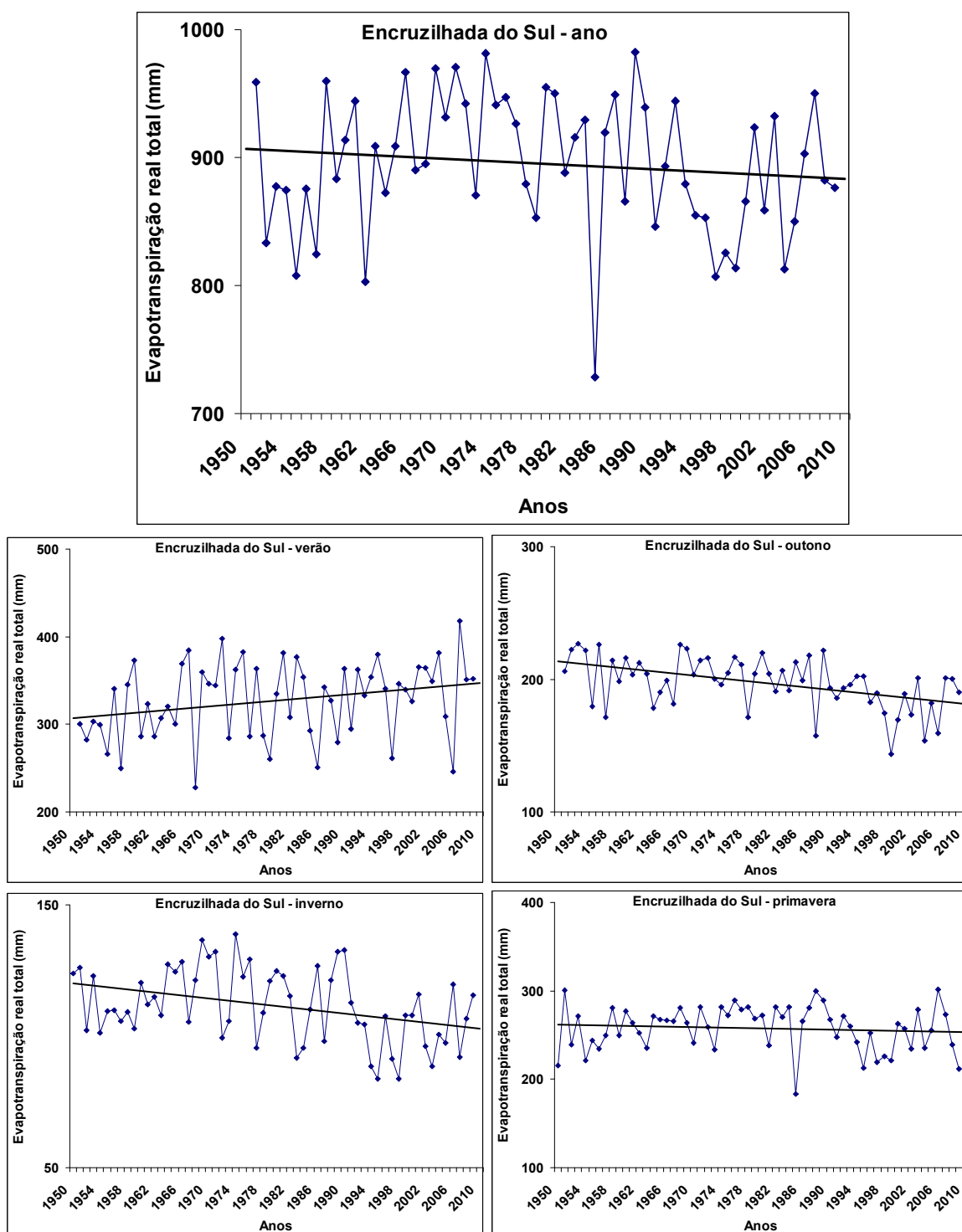
APÊNDICE 114. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



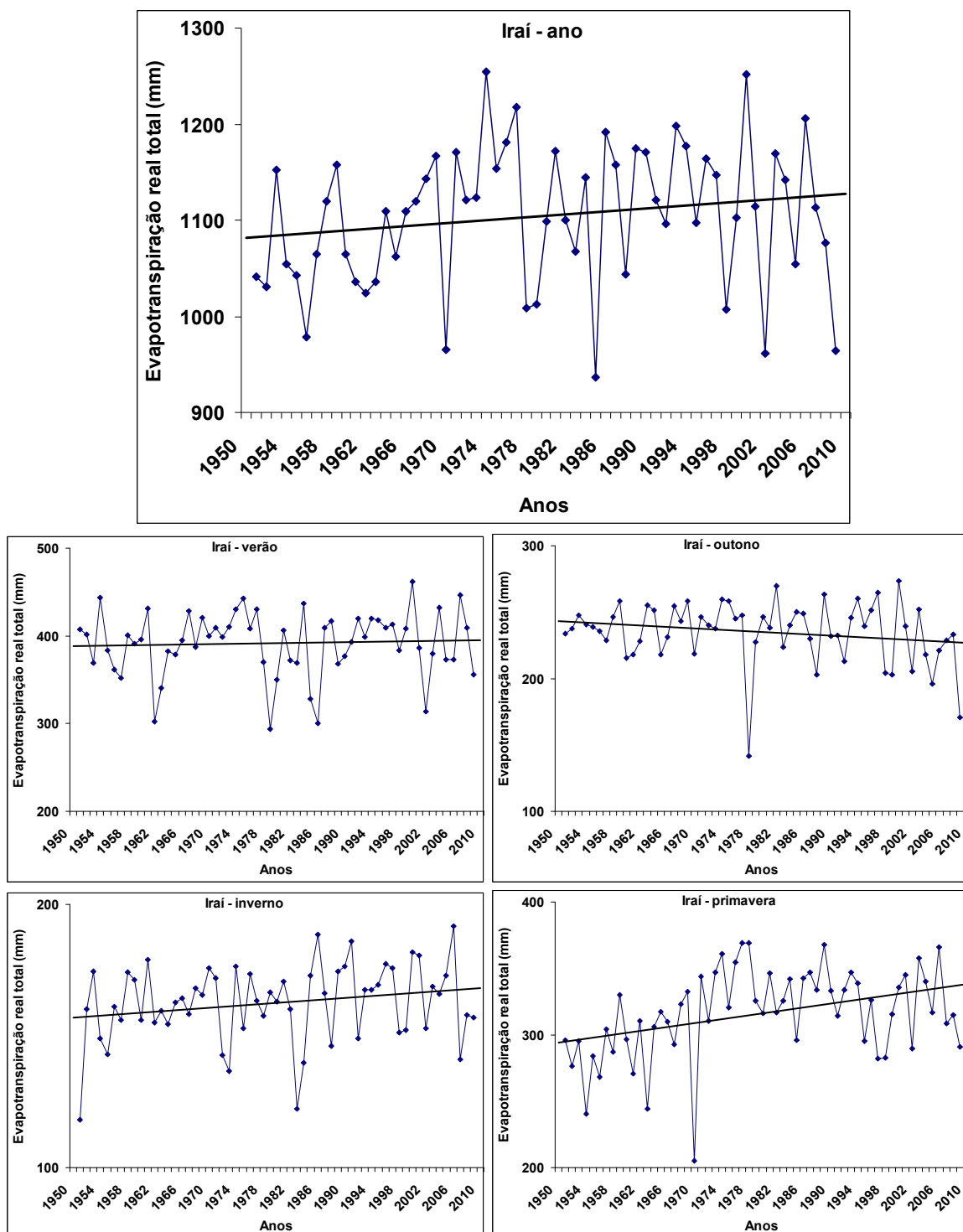
APÊNDICE 115. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



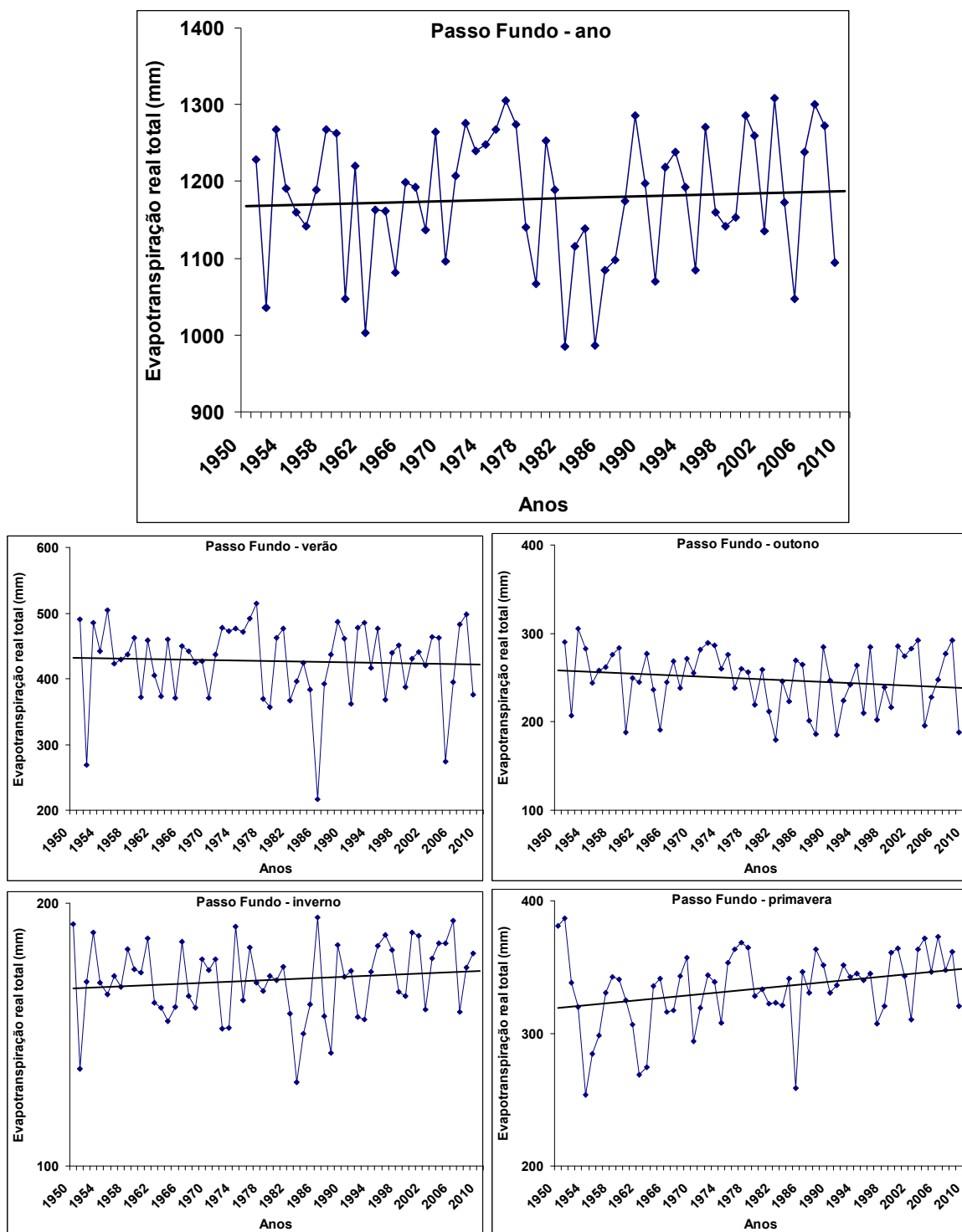
APÊNDICE 116. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



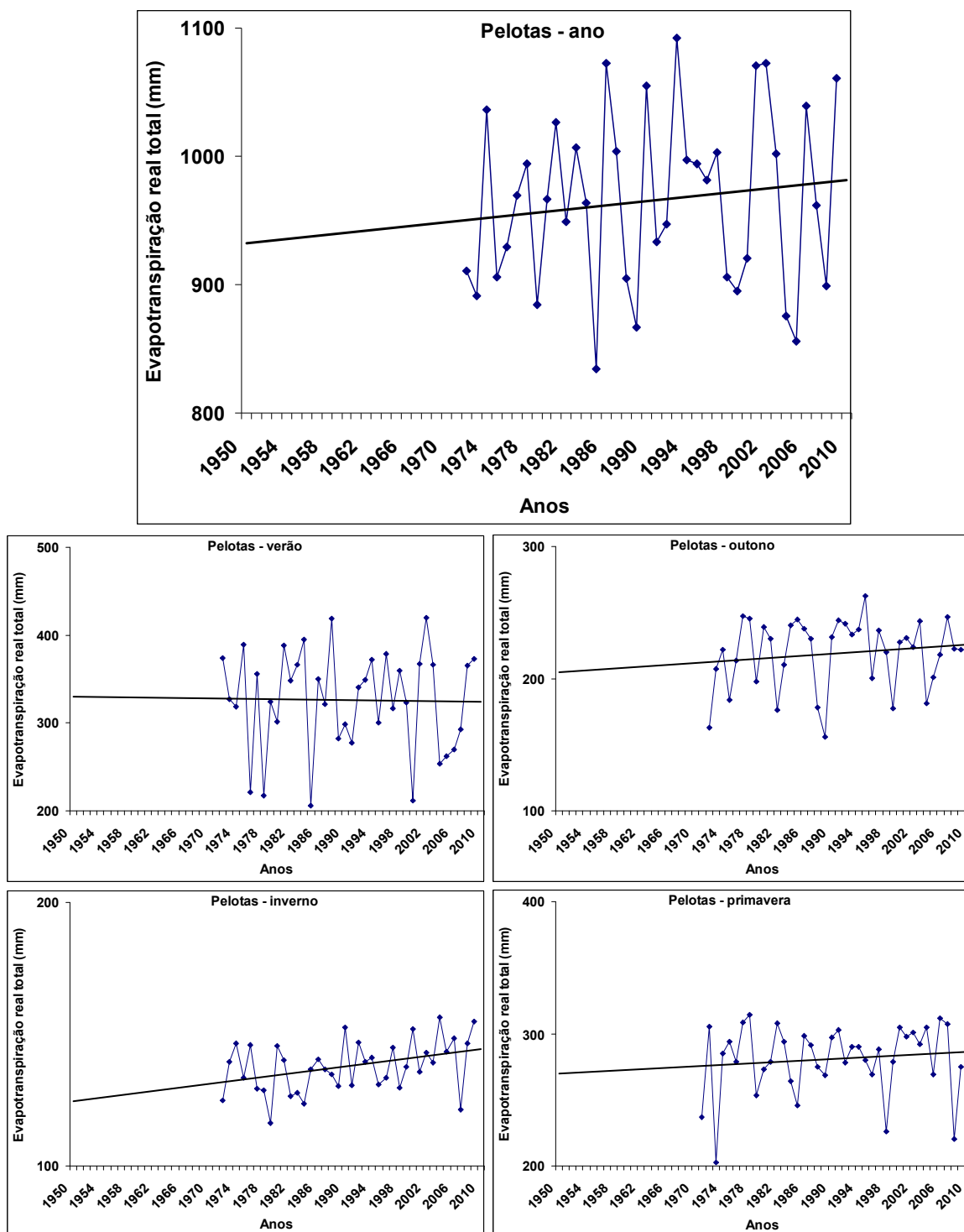
APÊNDICE 117. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



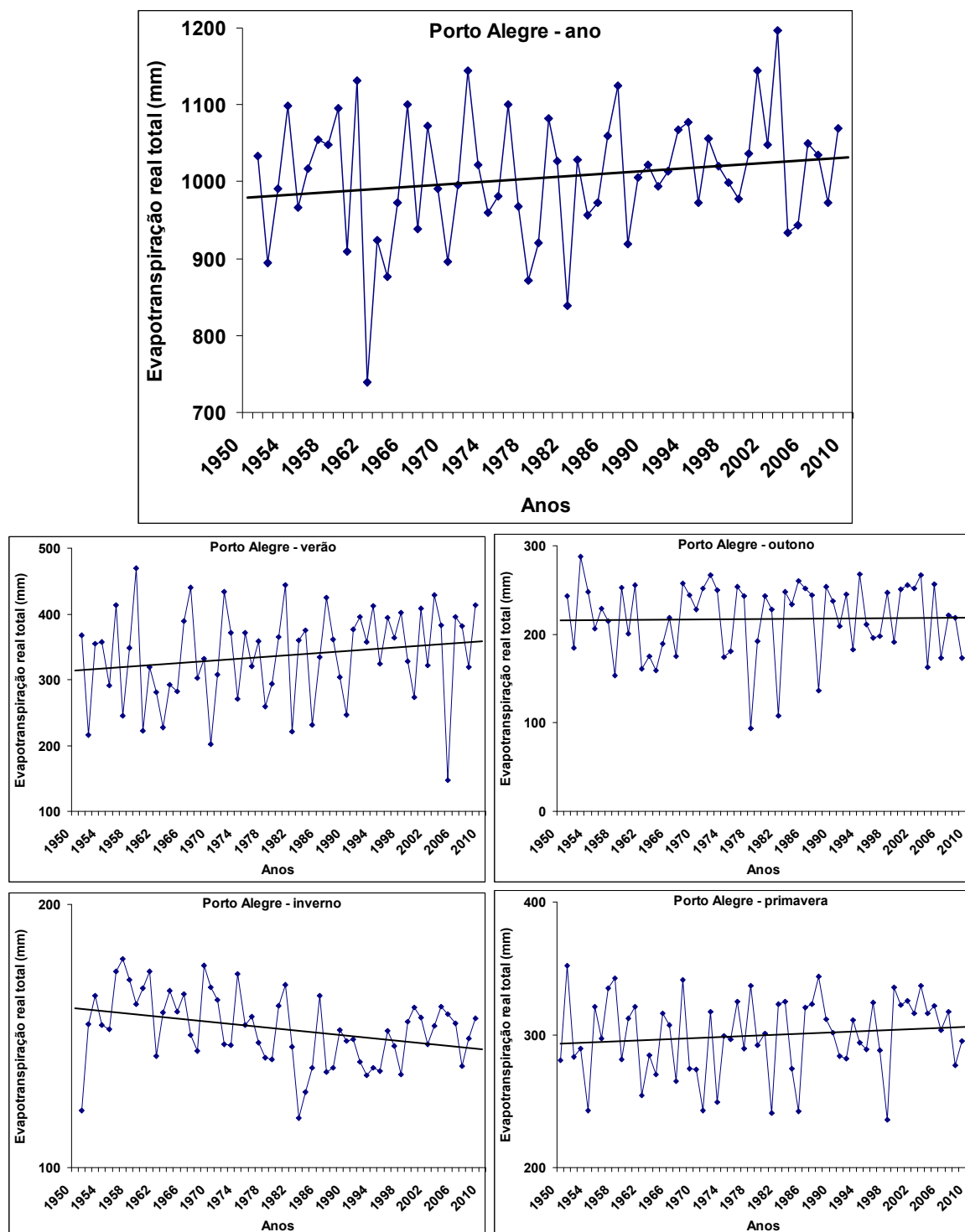
APÊNDICE 118. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



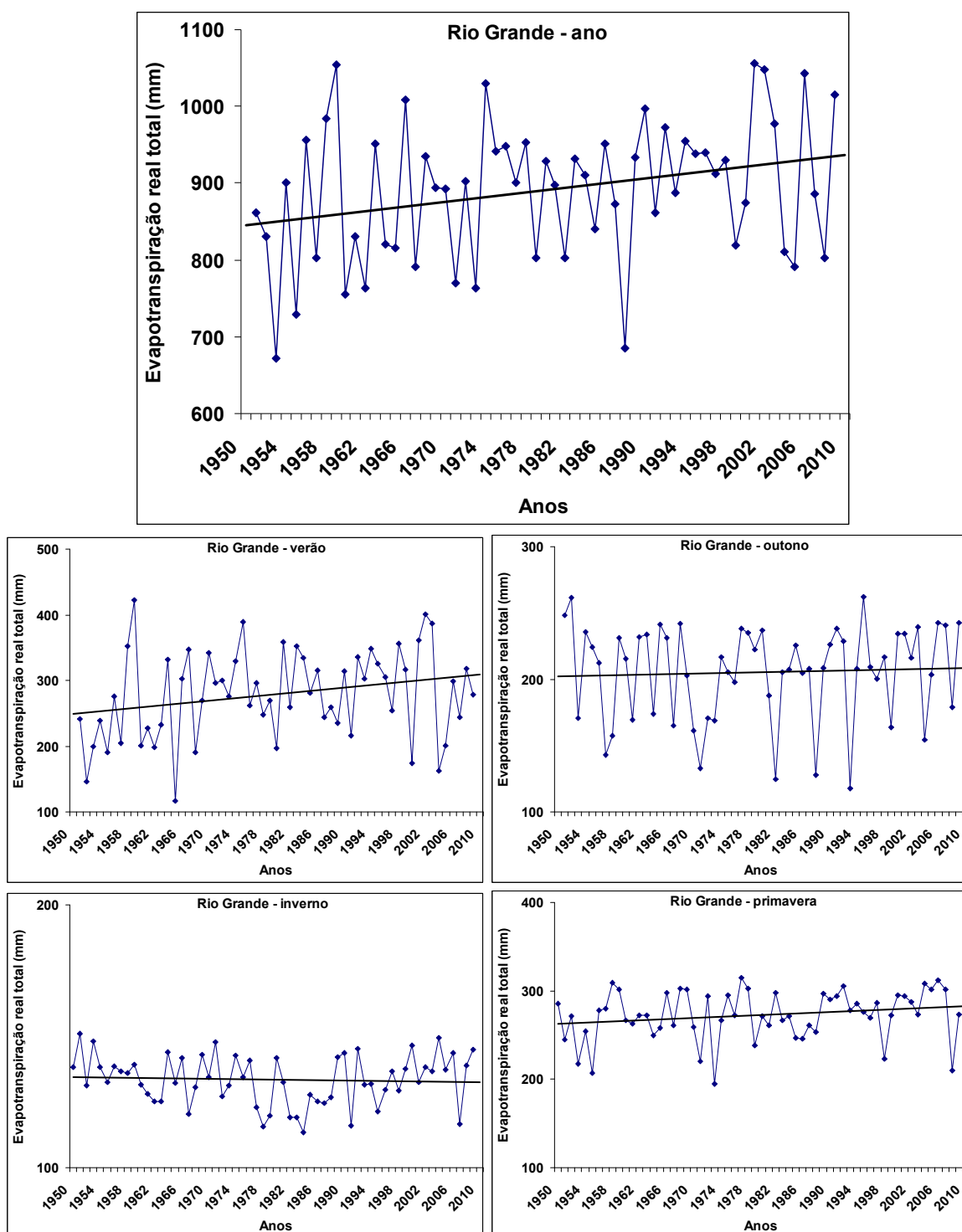
APÊNDICE 119. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



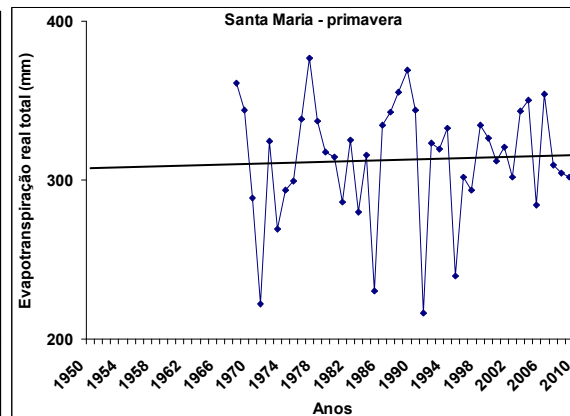
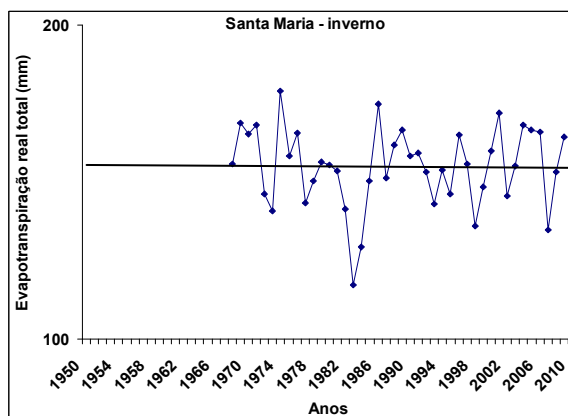
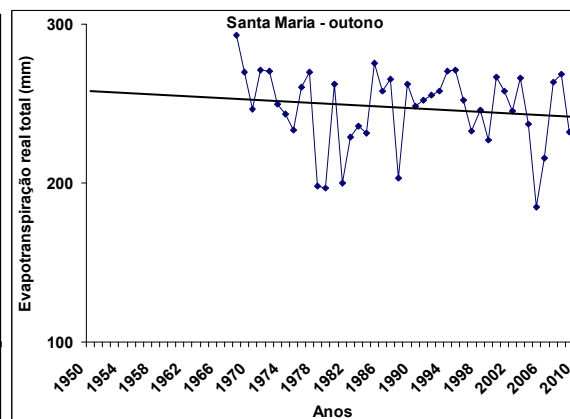
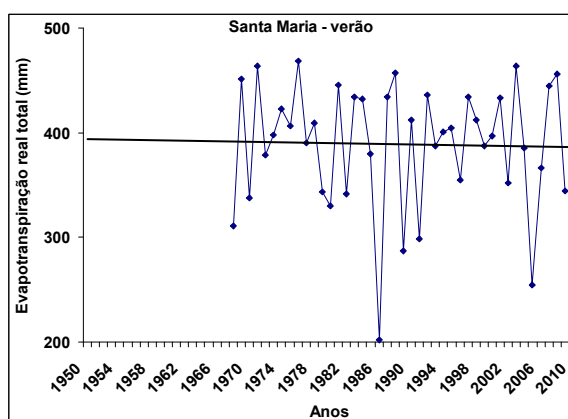
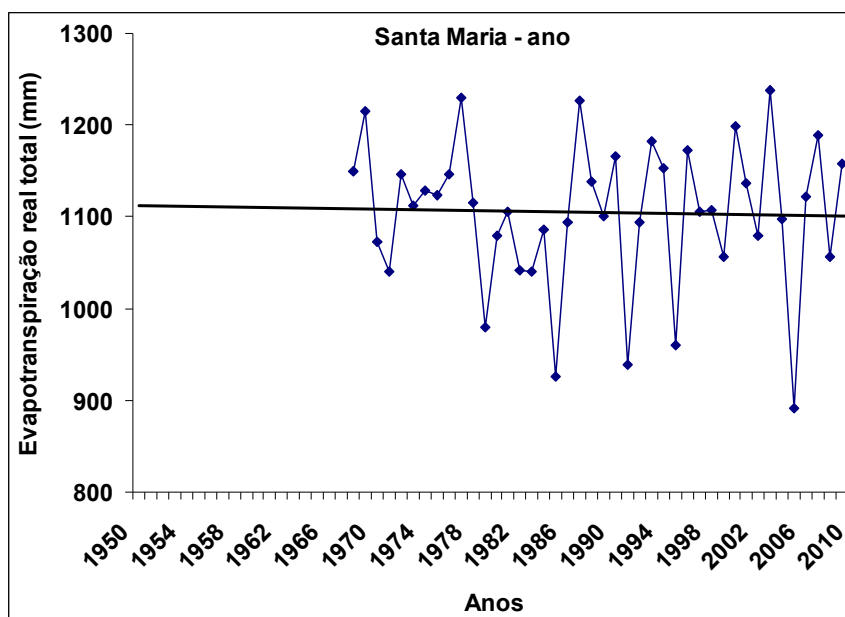
APÊNDICE 120. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



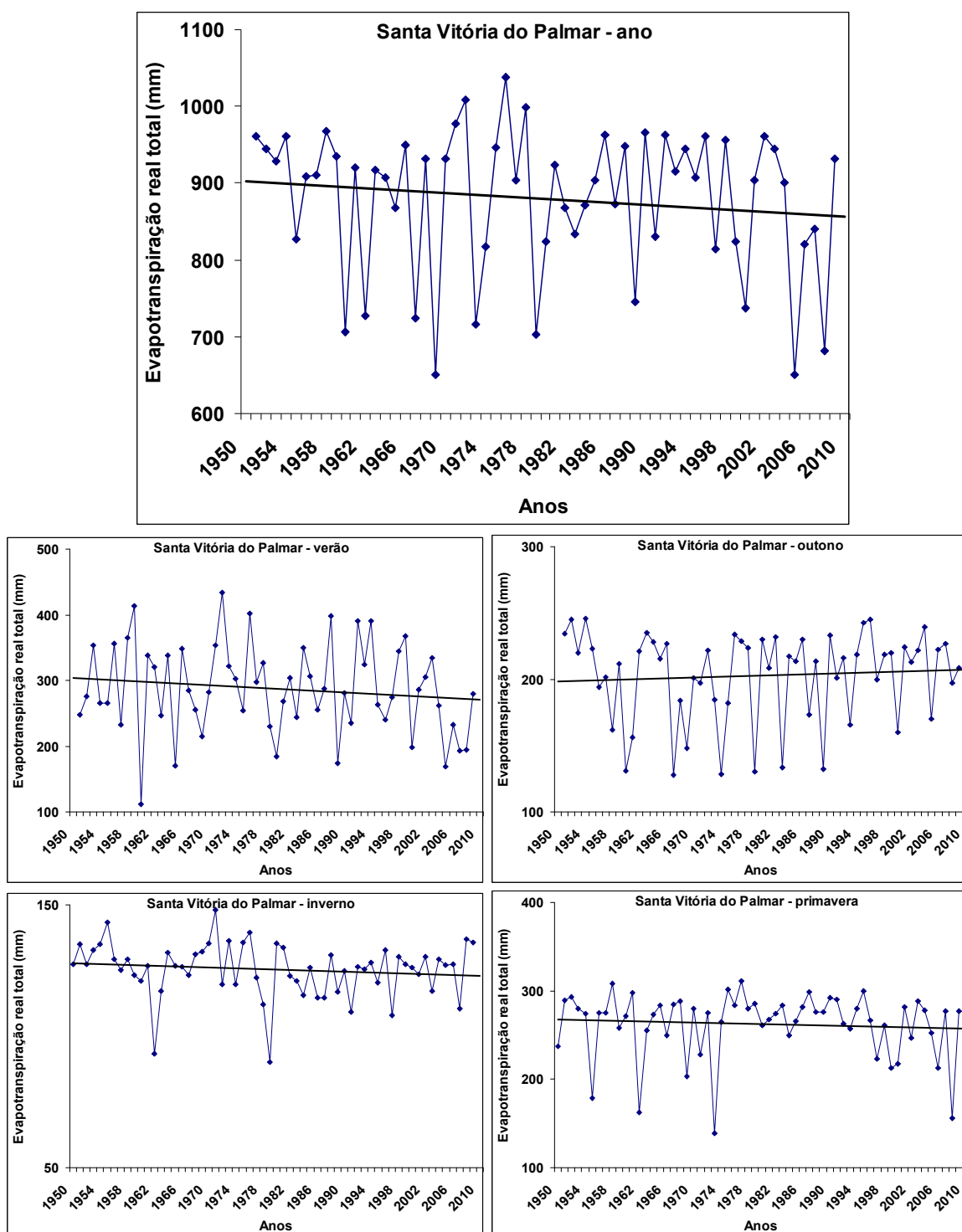
APÊNDICE 121. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



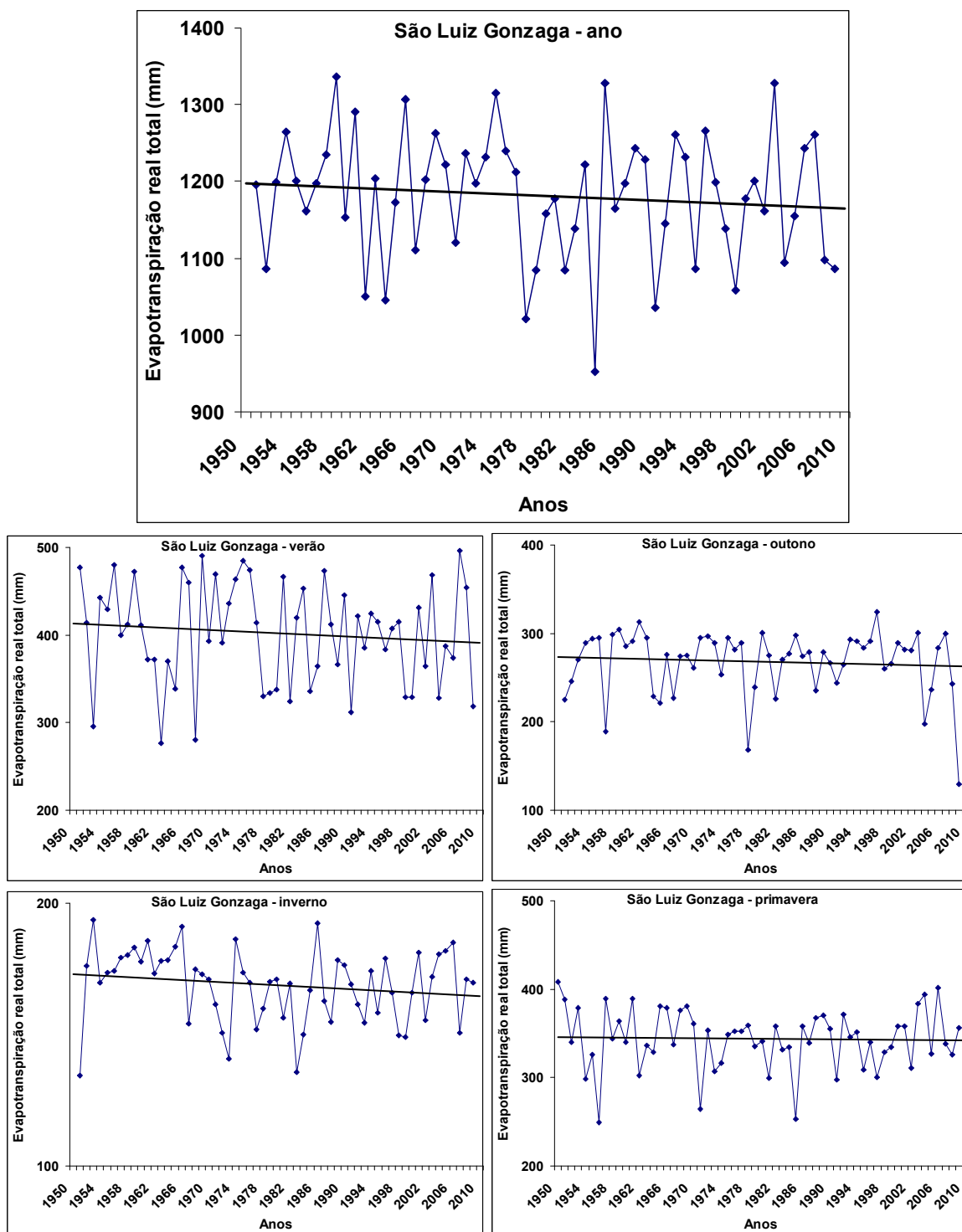
APÊNDICE 122. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



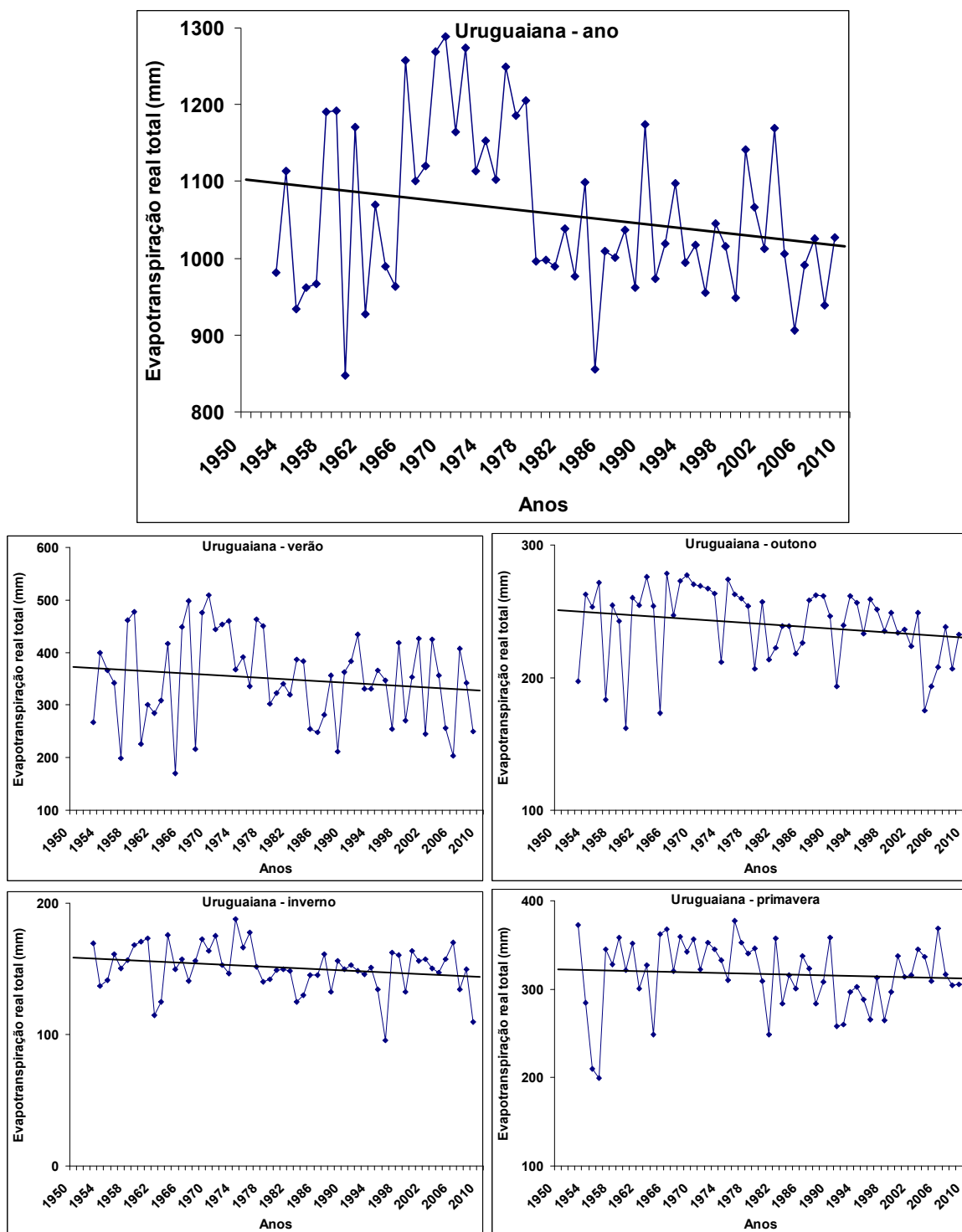
APÊNDICE 123. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



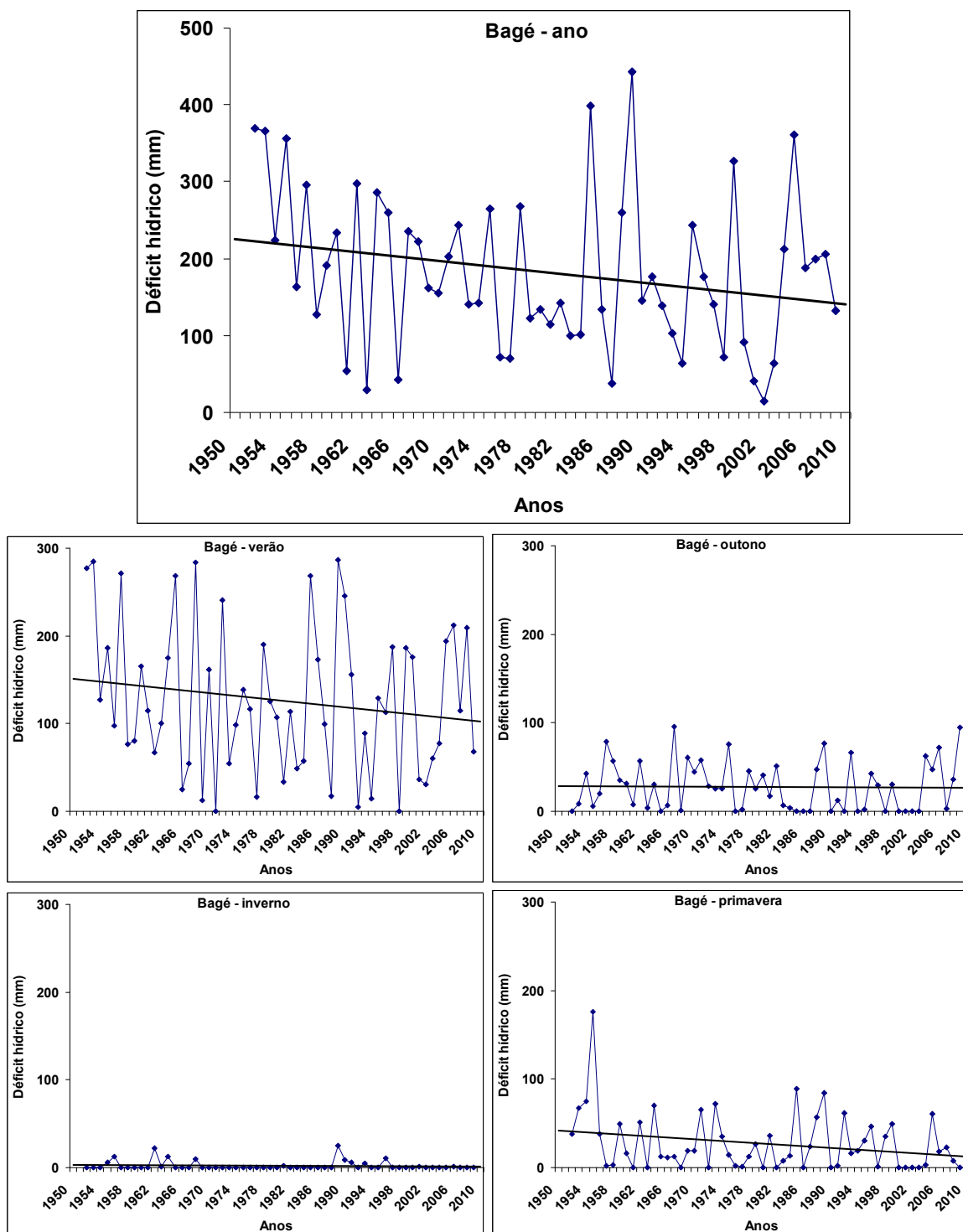
APÊNDICE 124. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



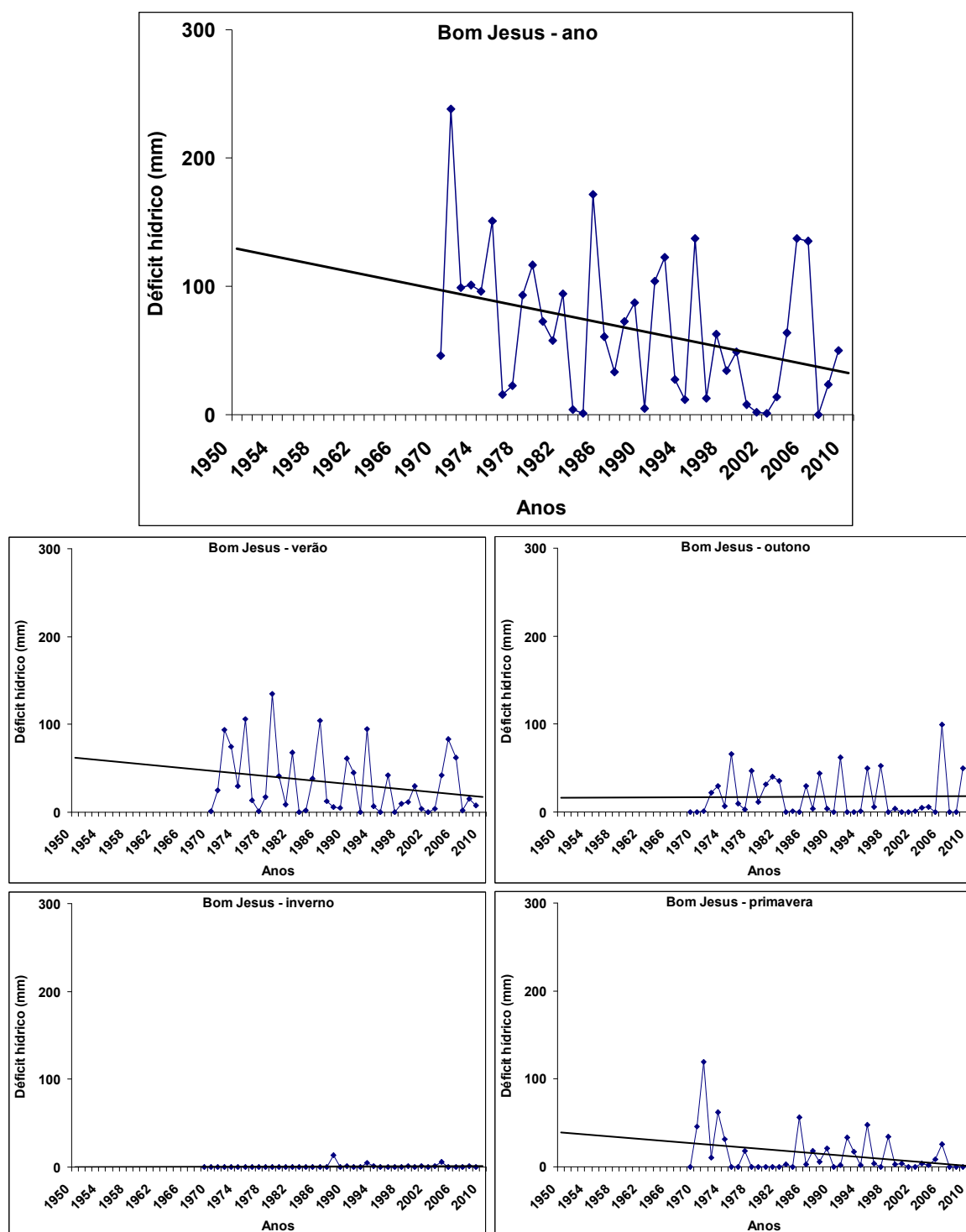
APÊNDICE 125. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



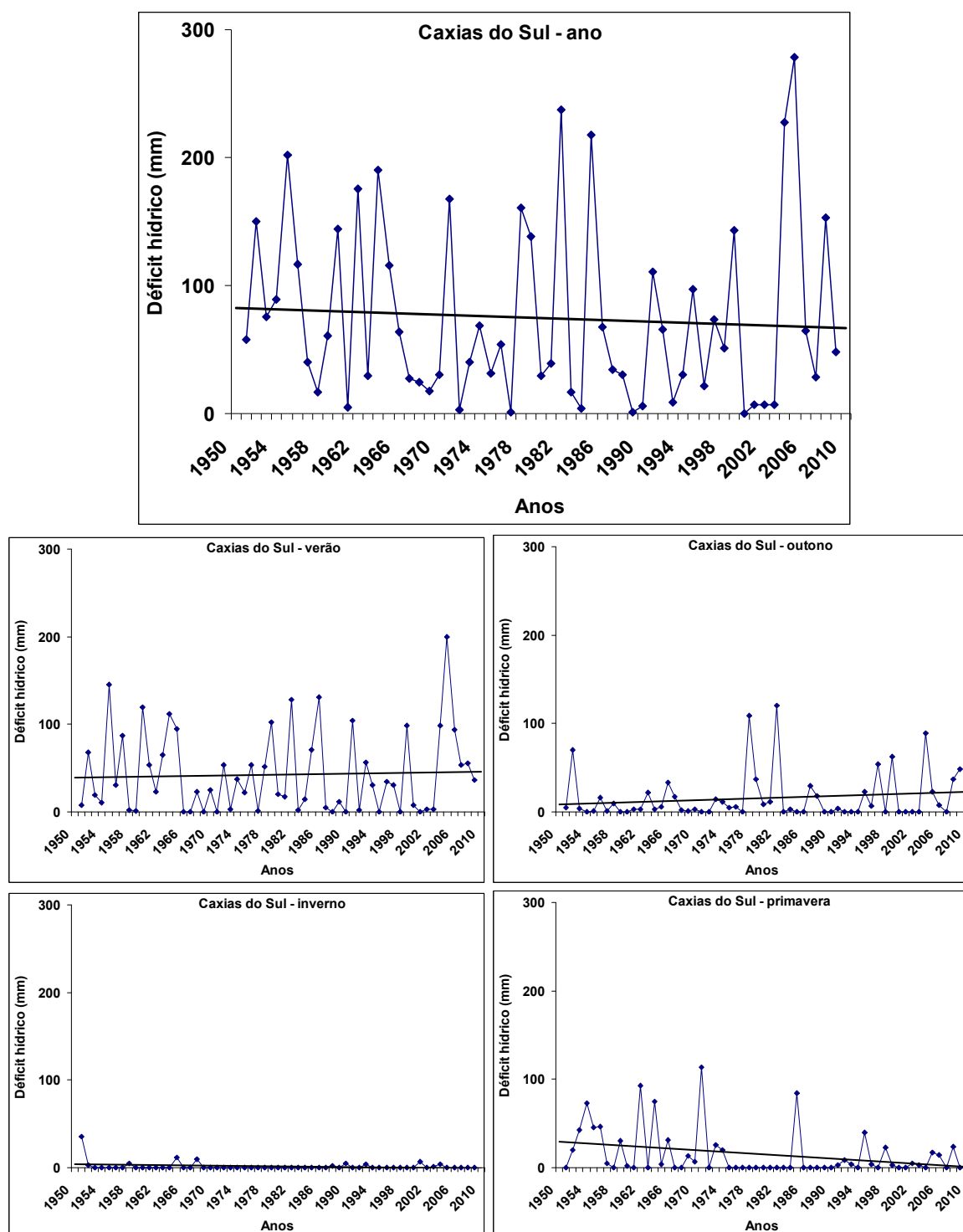
APÊNDICE 126. Tendência linear da evapotranspiração real anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



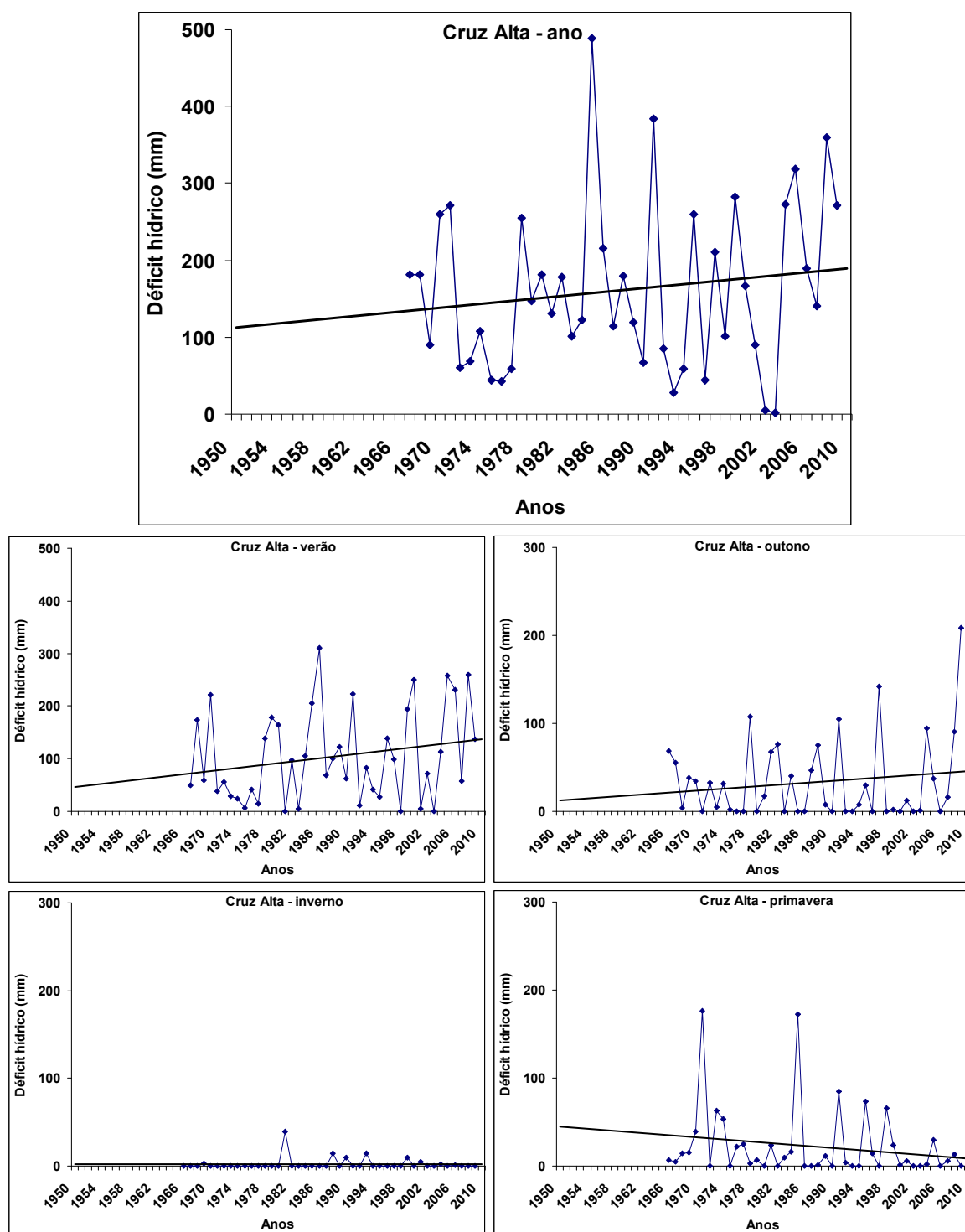
APÊNDICE 127. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



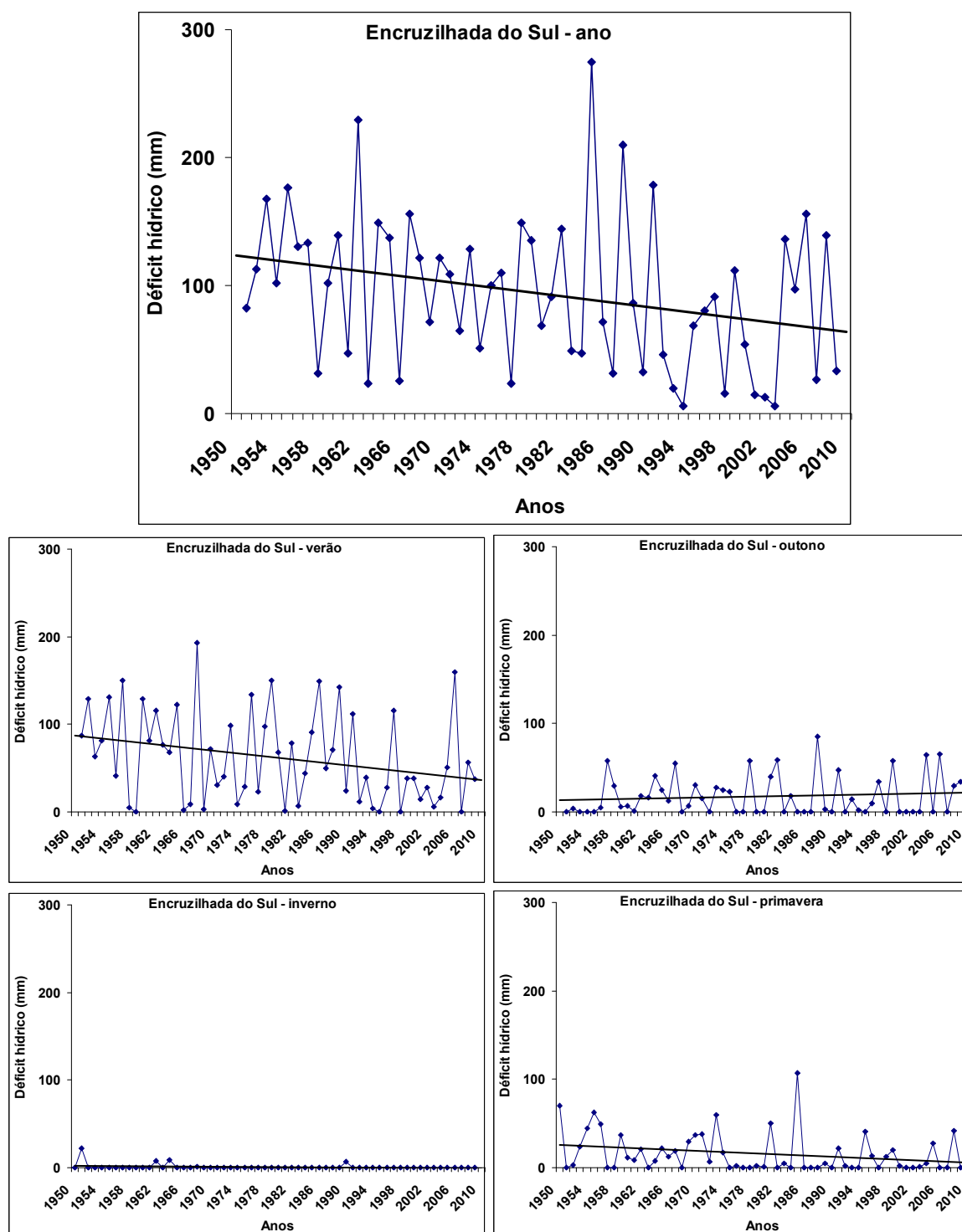
APÊNDICE 128. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



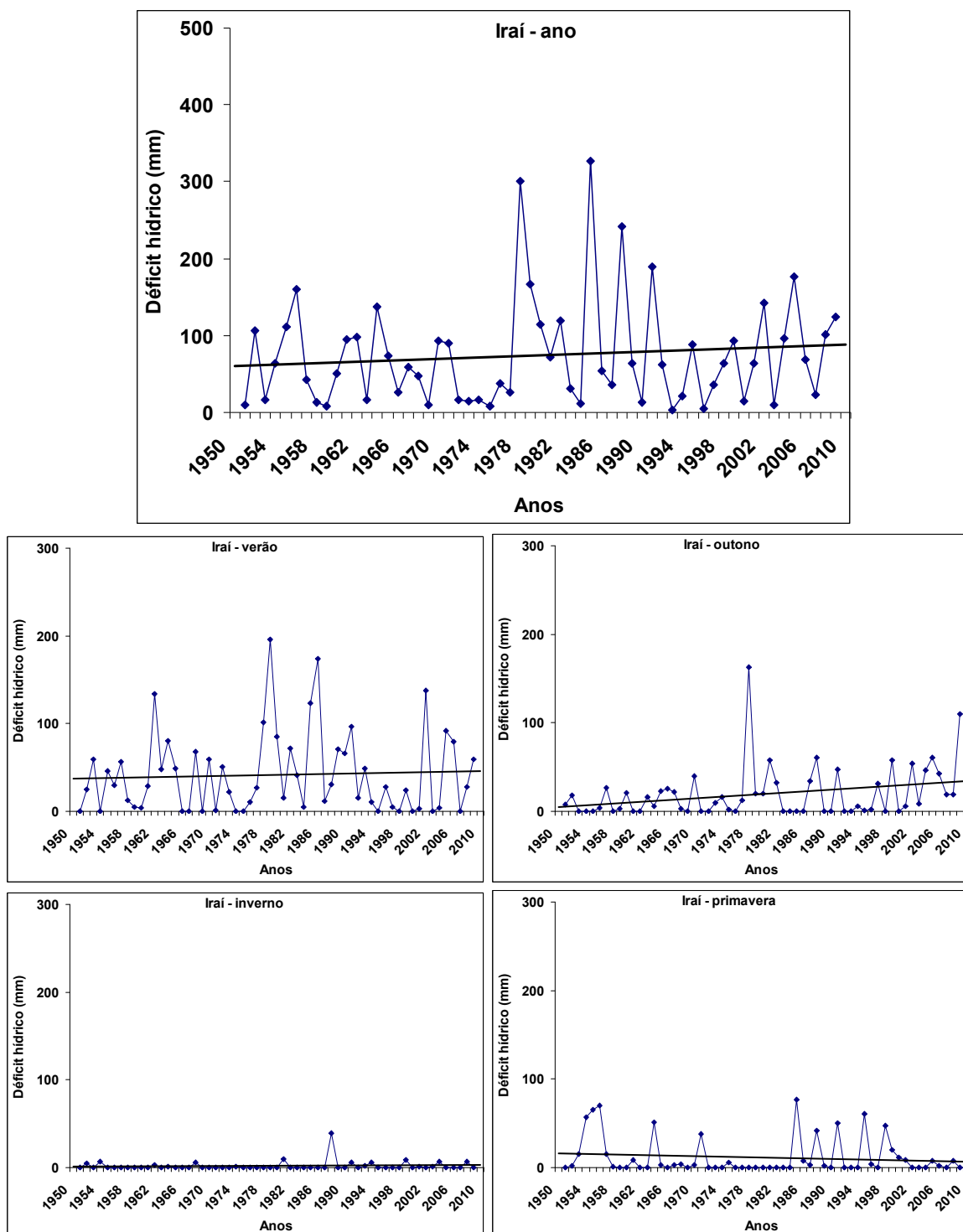
APÊNDICE 129. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



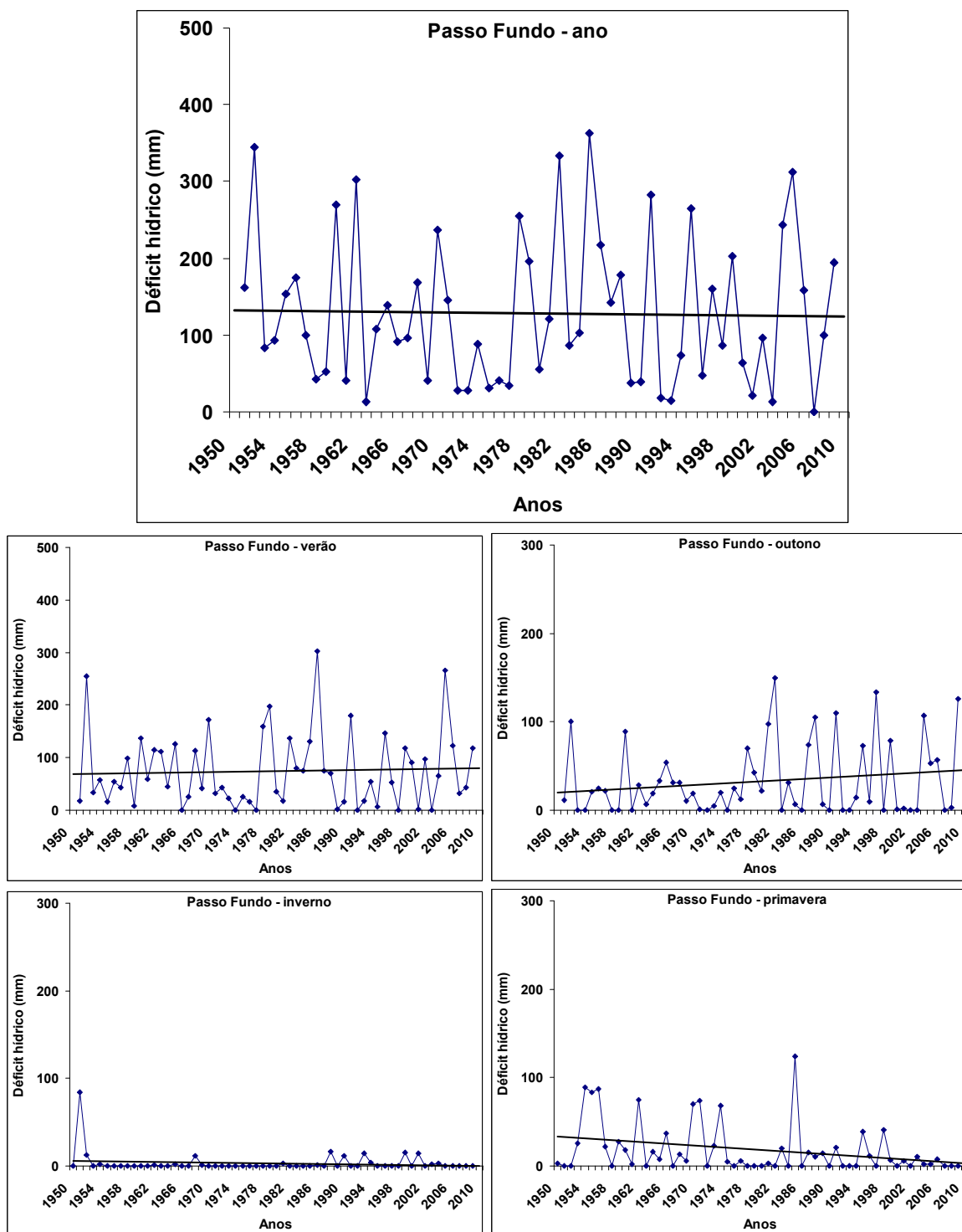
APÊNDICE 130. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



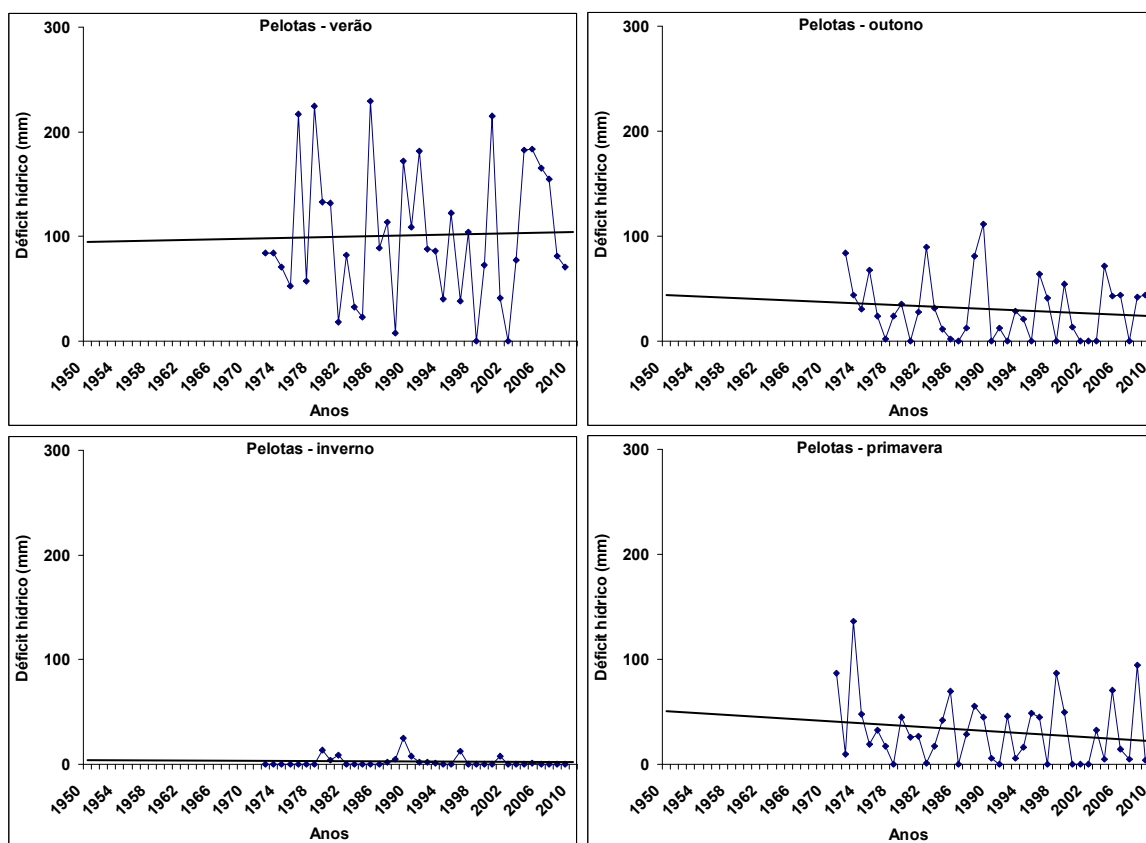
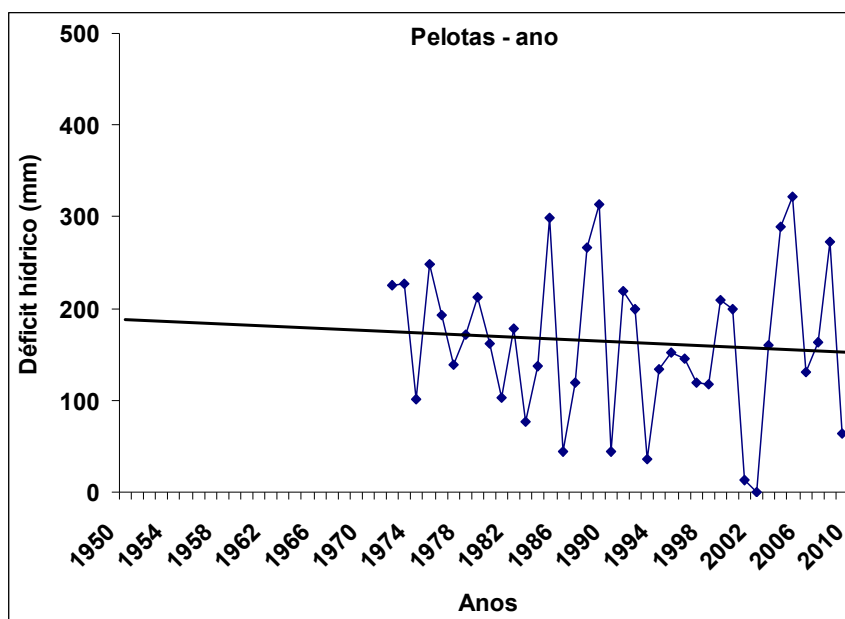
APÊNDICE 131. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



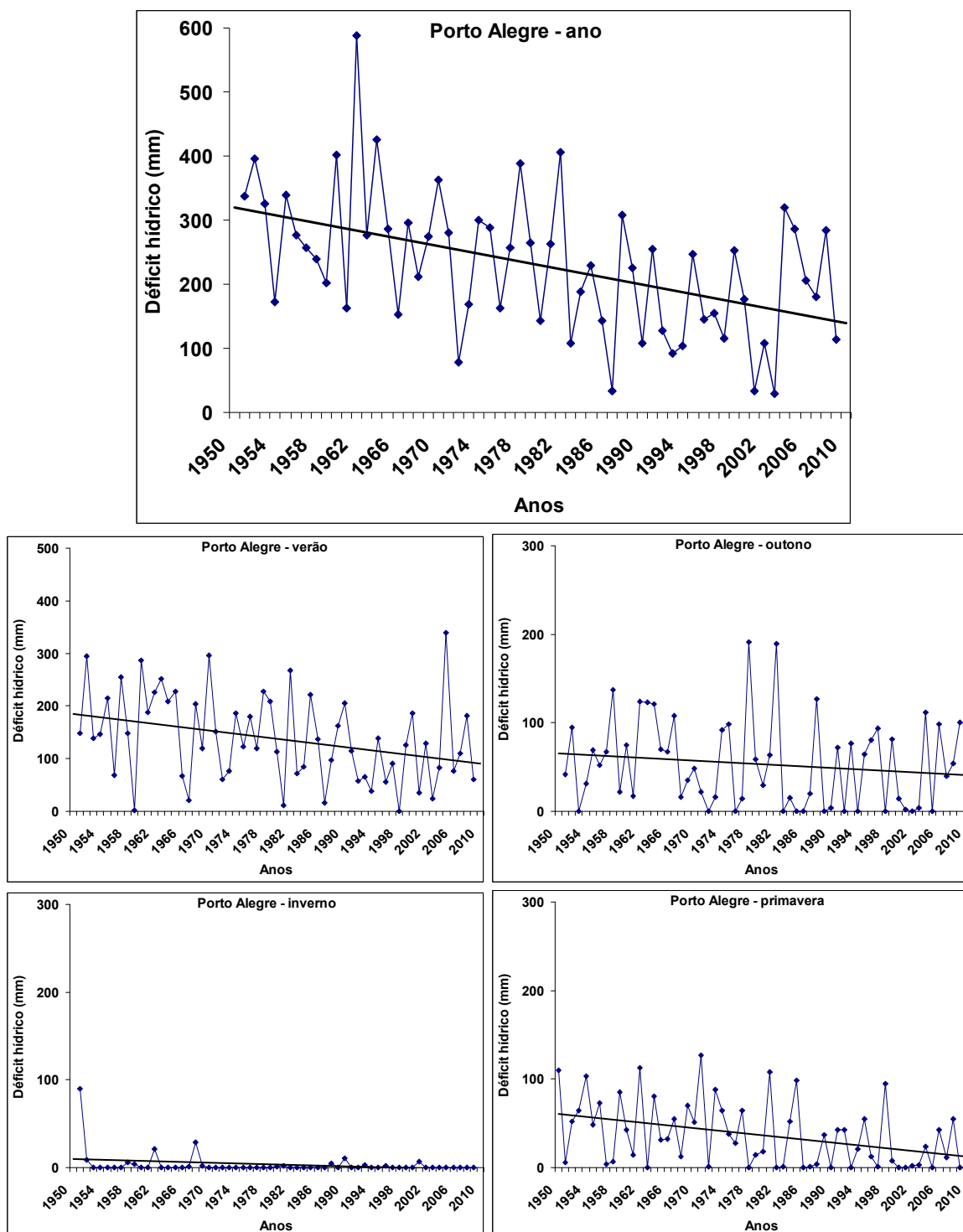
APÊNDICE 132. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



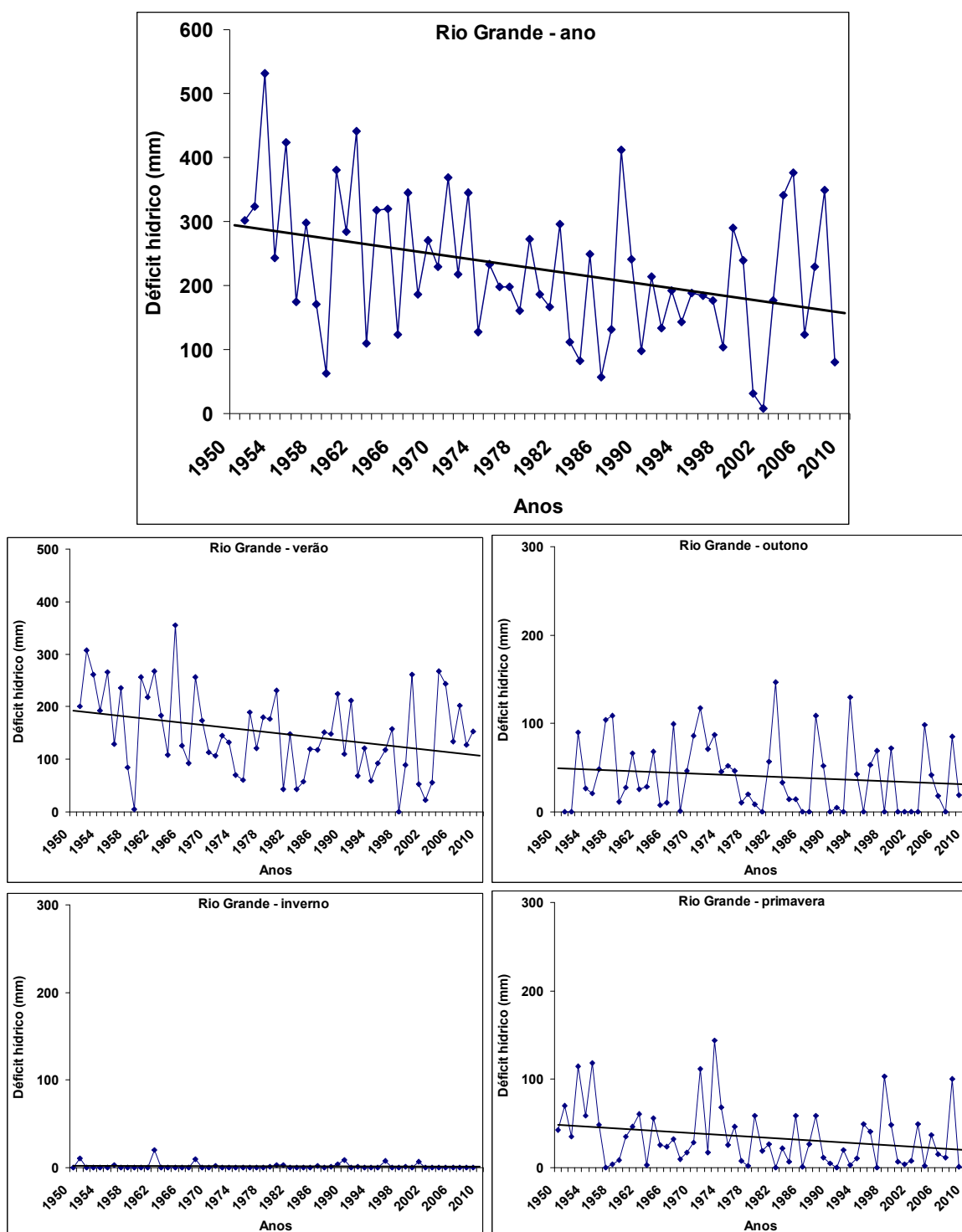
APÊNDICE 133. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



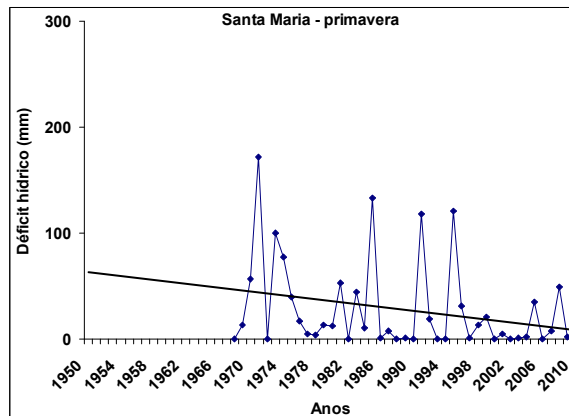
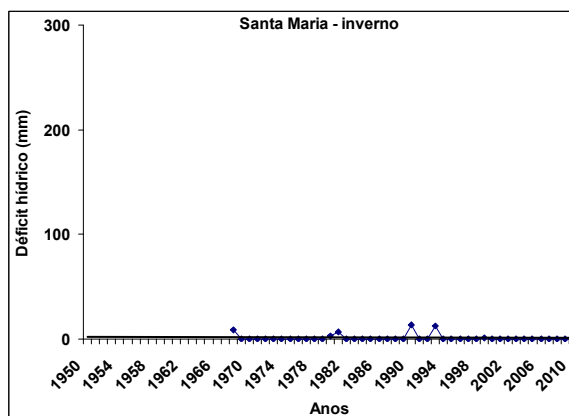
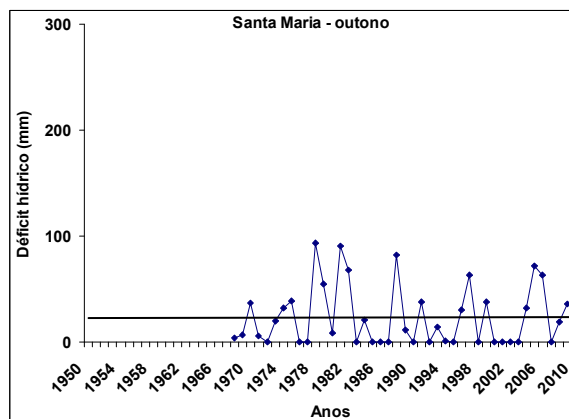
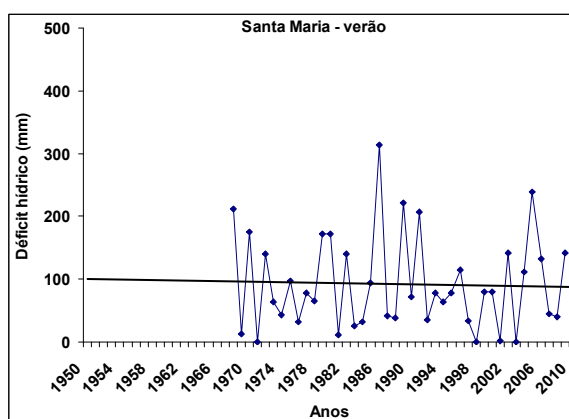
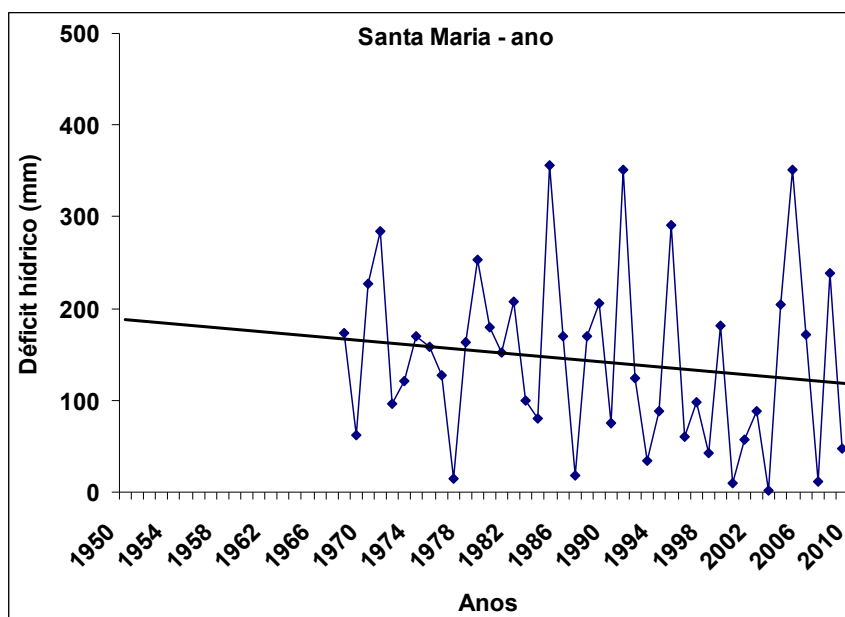
APÊNDICE 134. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



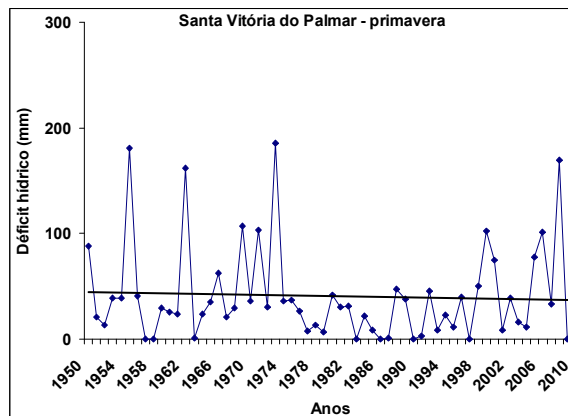
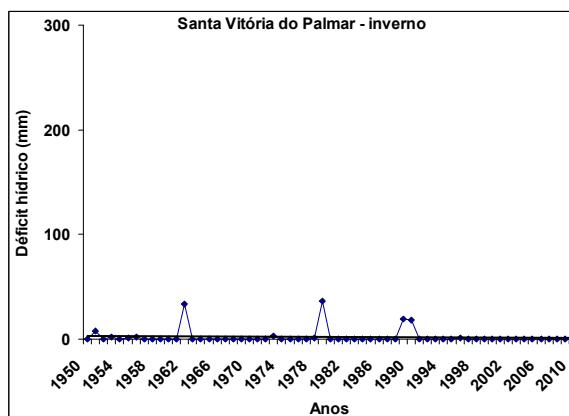
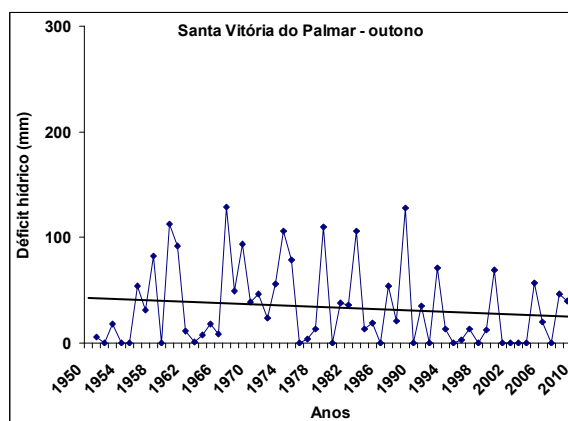
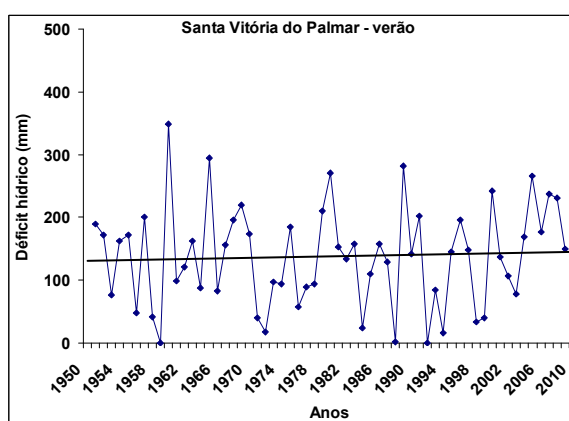
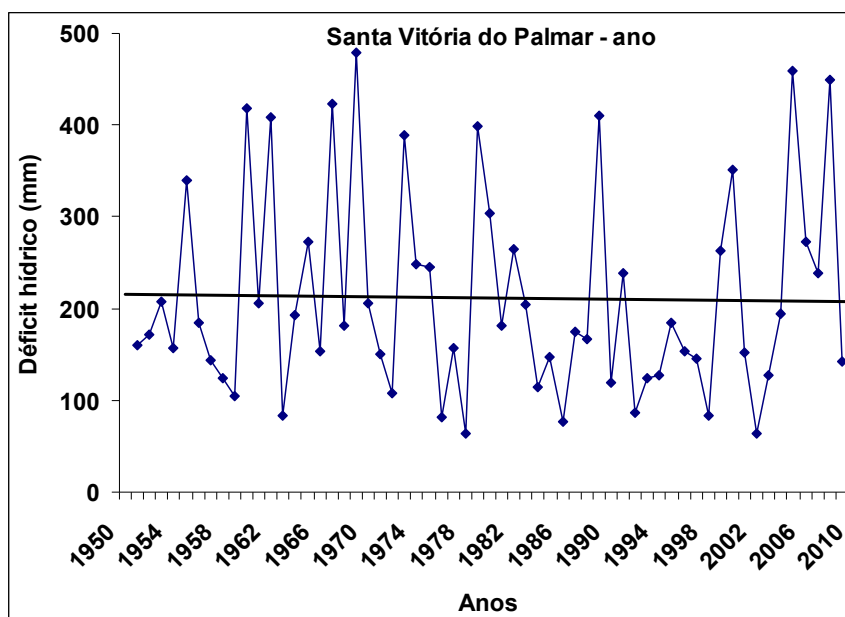
APÊNDICE 135. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



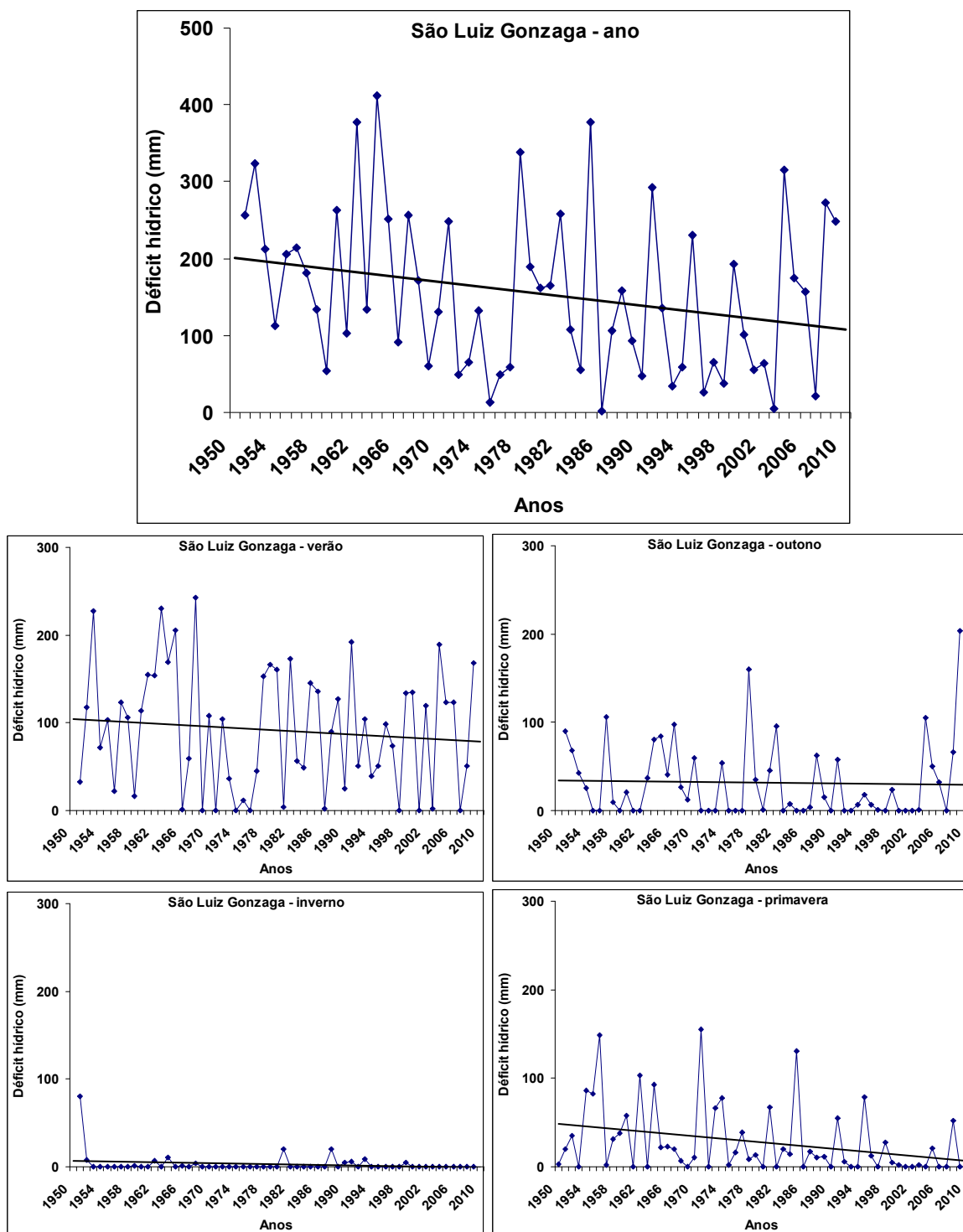
APÊNDICE 136. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



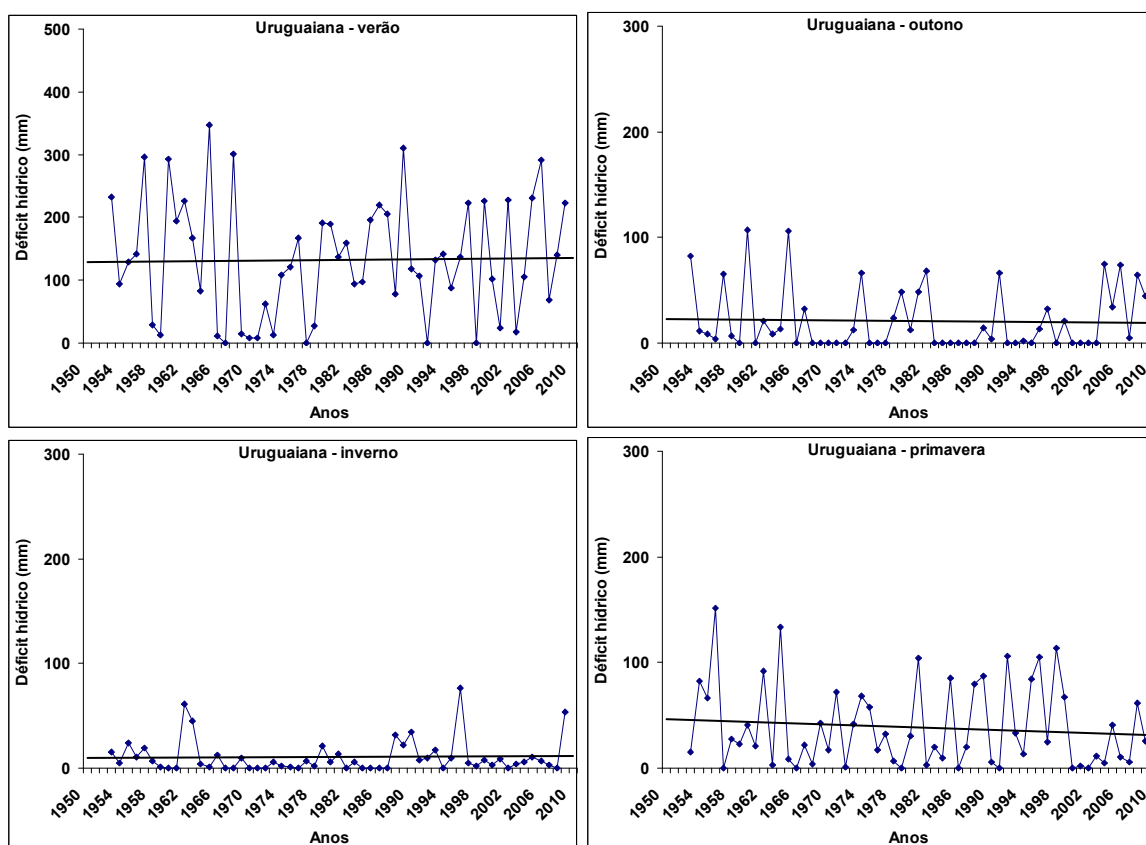
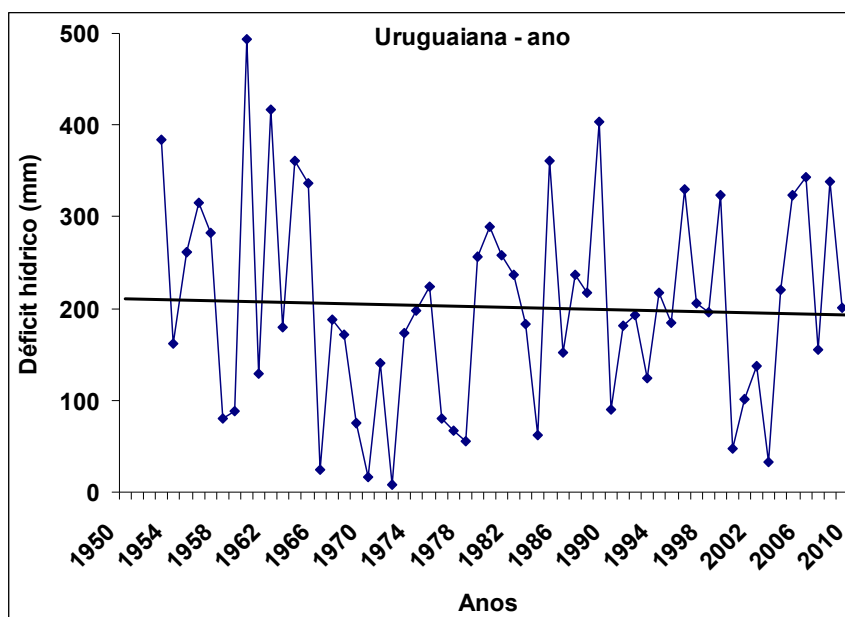
APÊNDICE 137. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



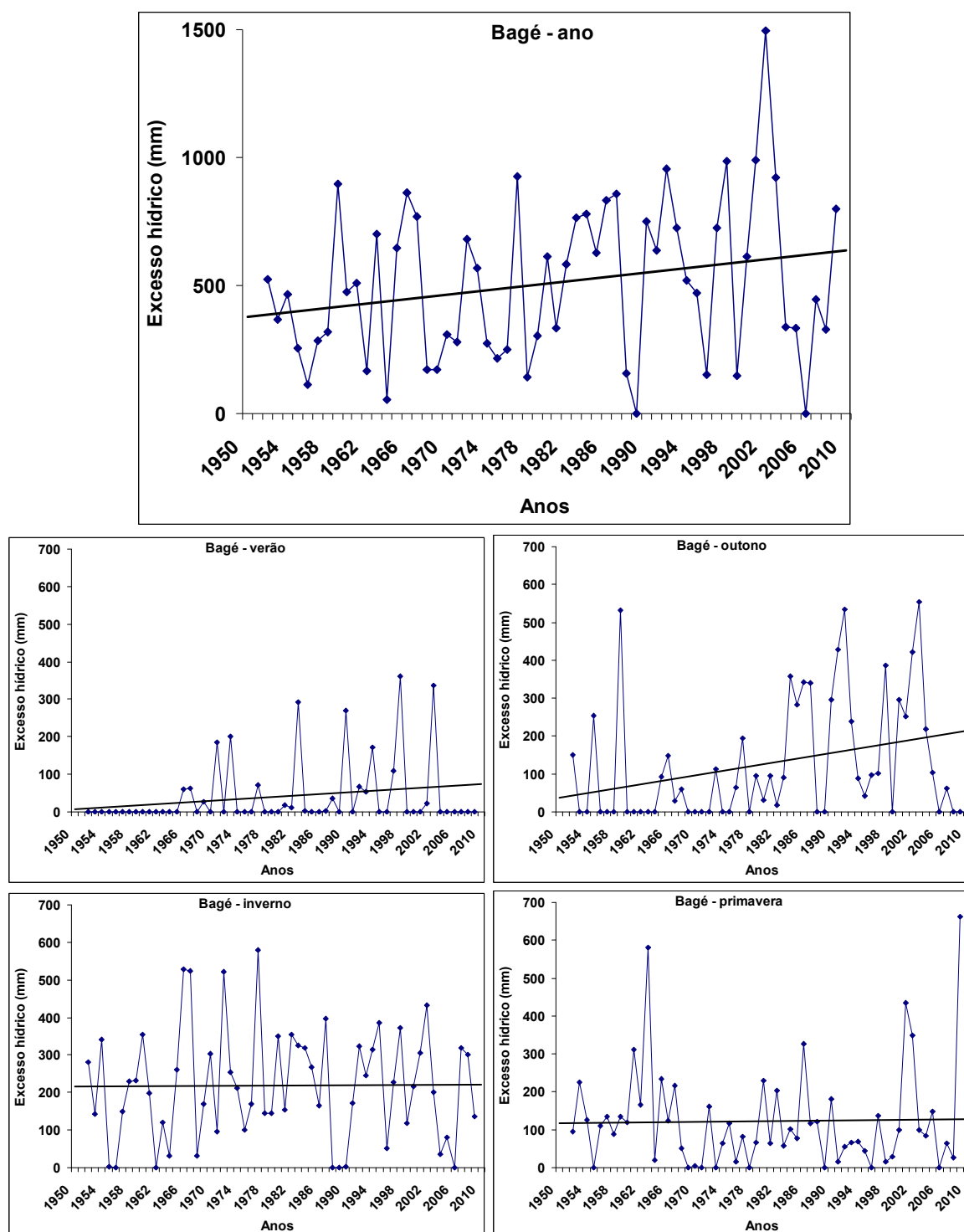
APÊNDICE 138. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



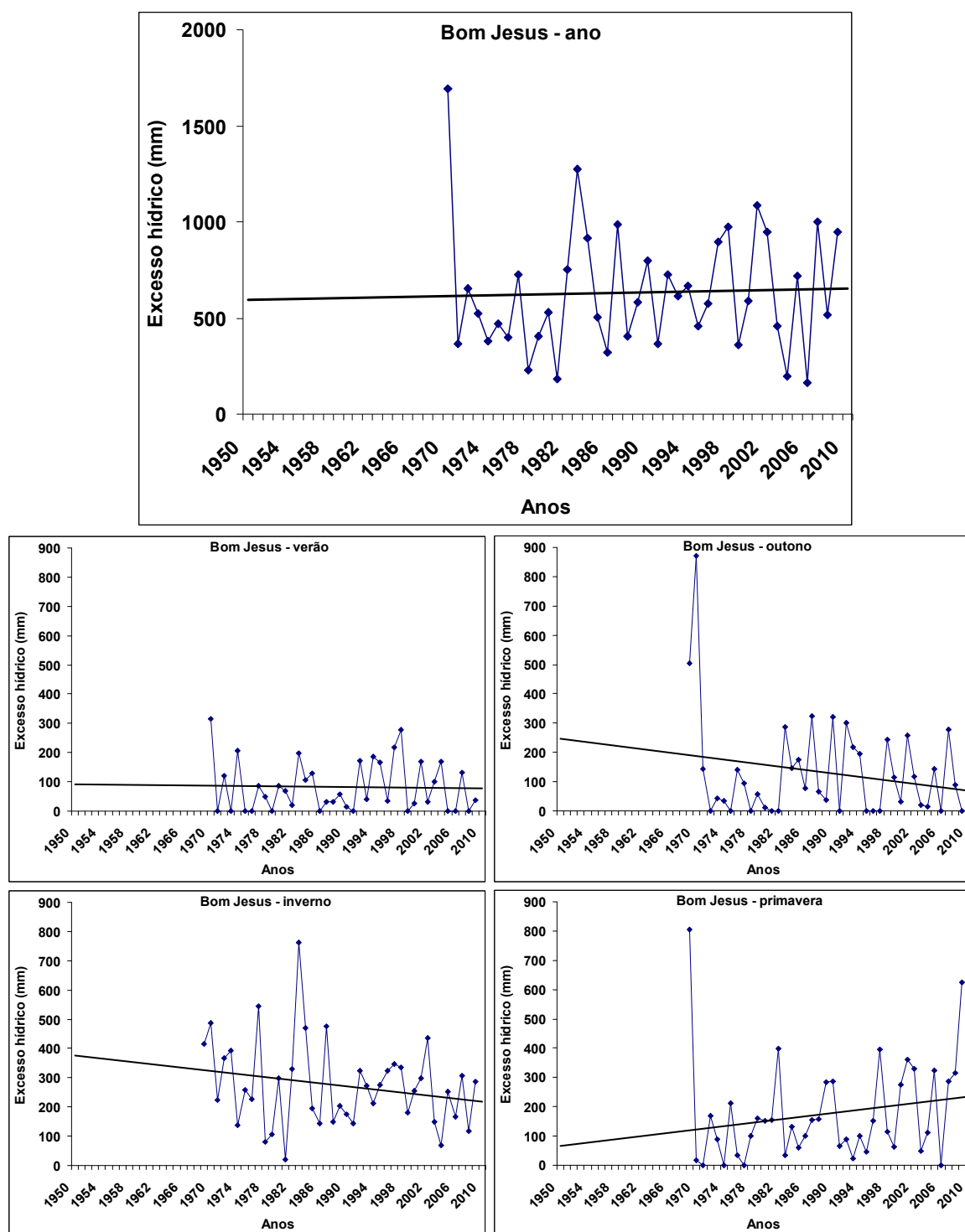
APÊNDICE 139. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



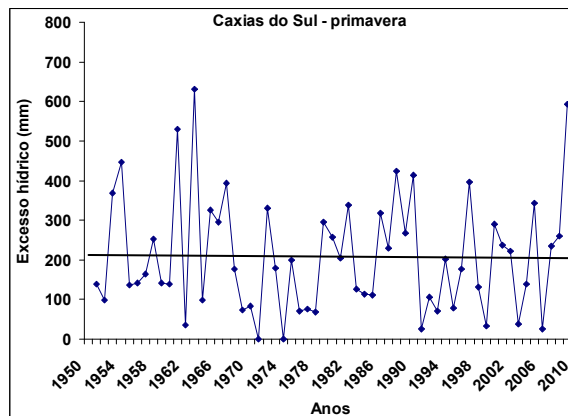
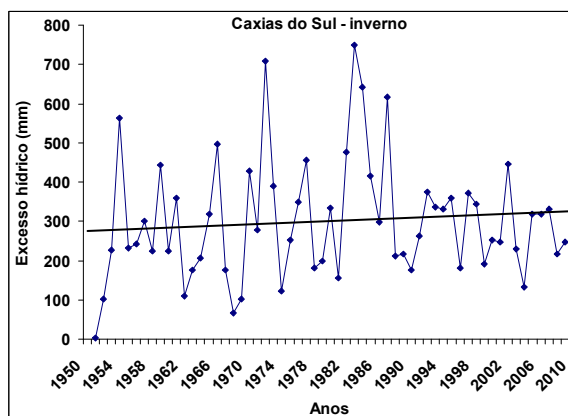
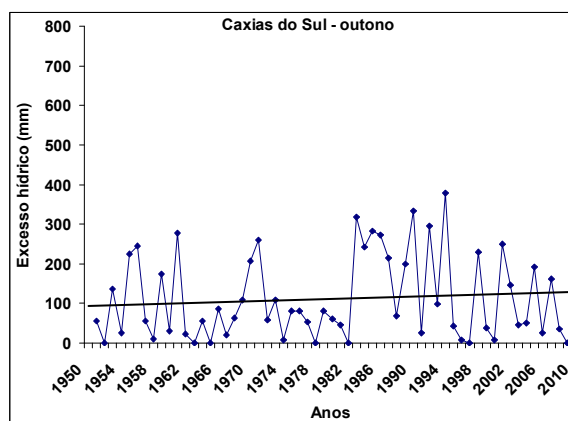
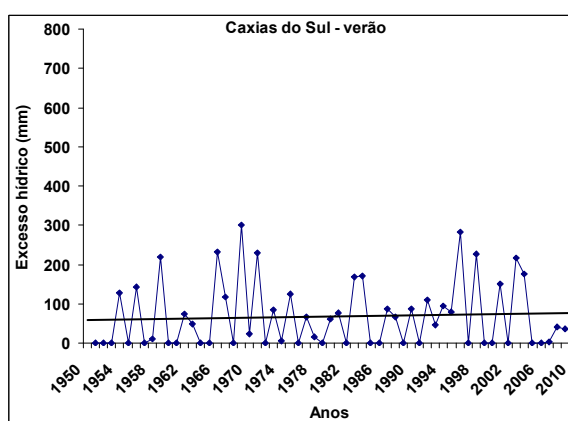
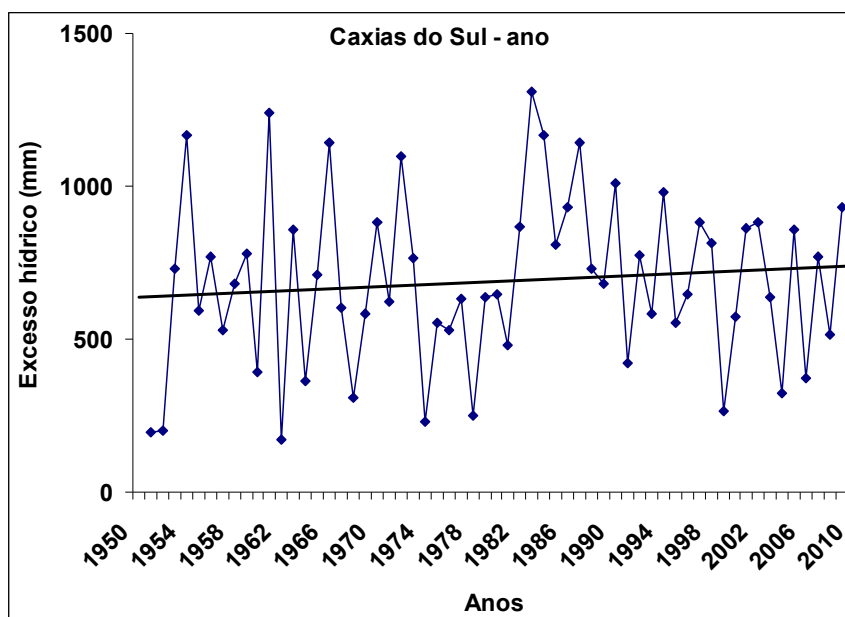
APÊNDICE 140. Tendência linear do déficit hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



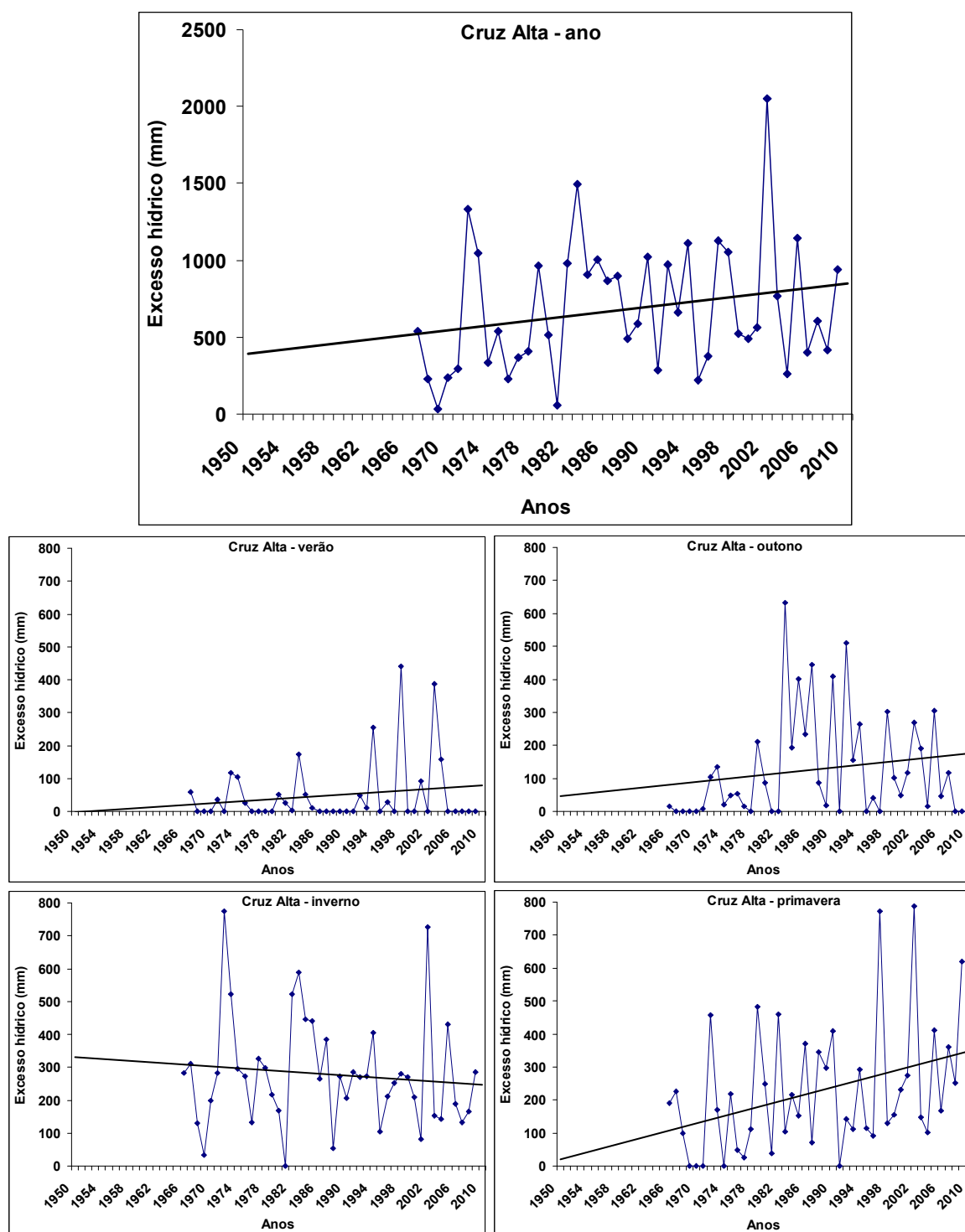
APÊNDICE 141. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



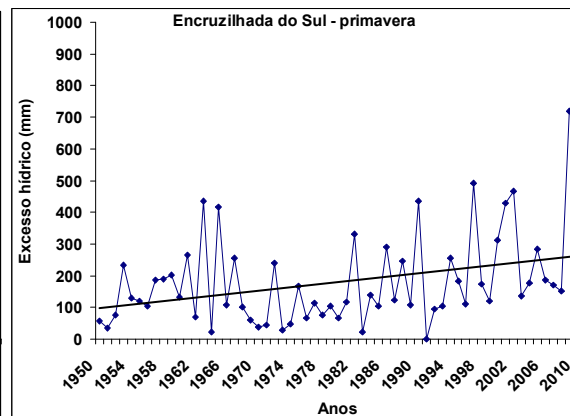
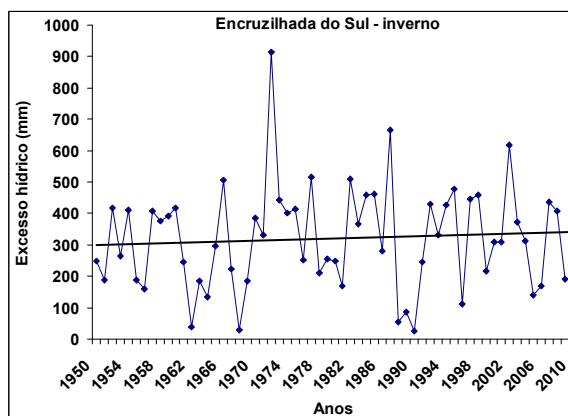
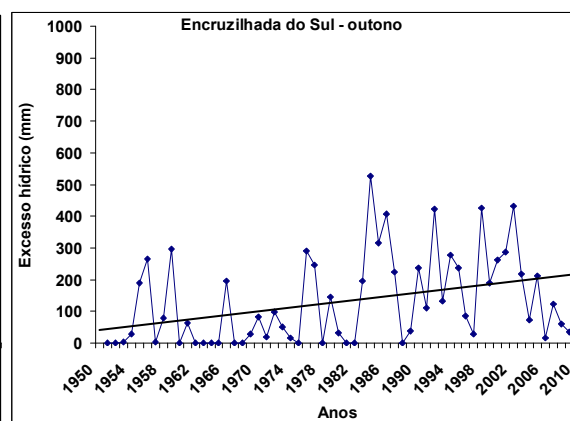
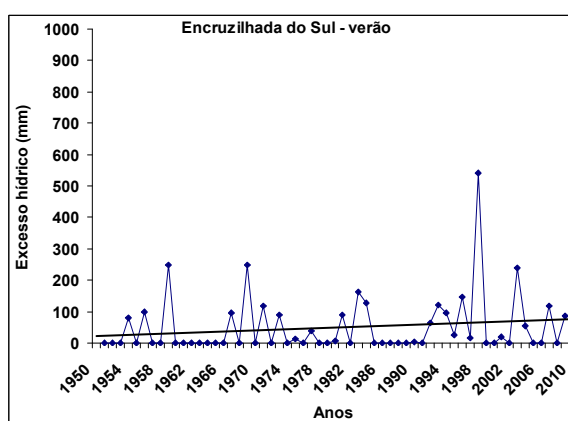
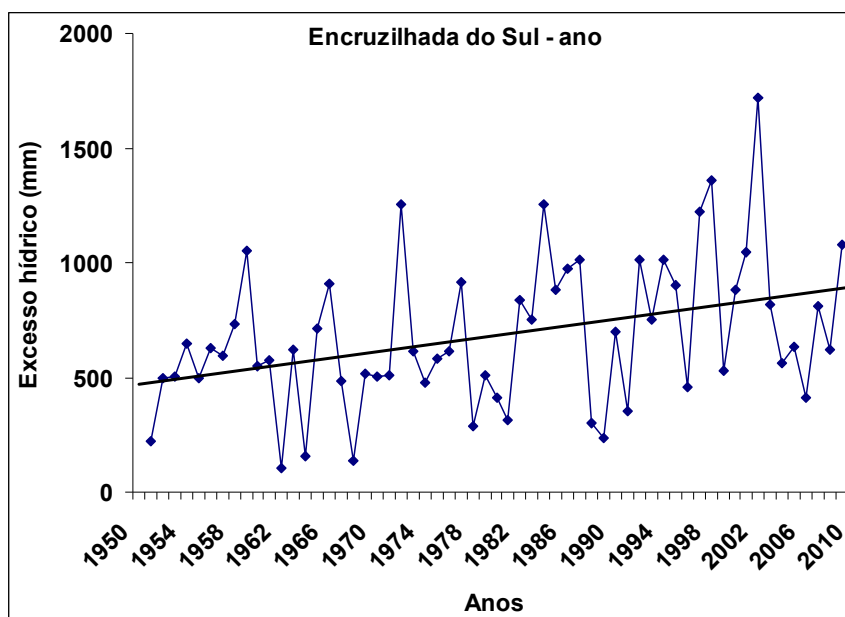
APÊNDICE 142. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



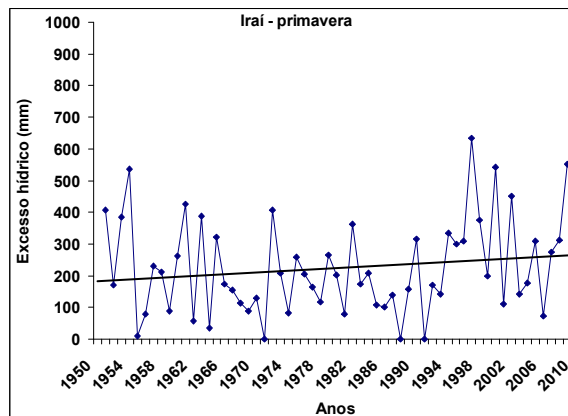
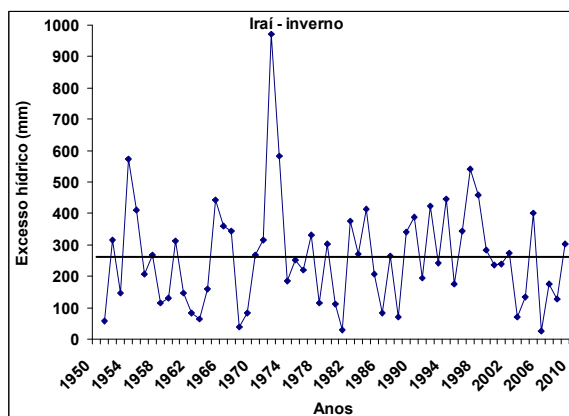
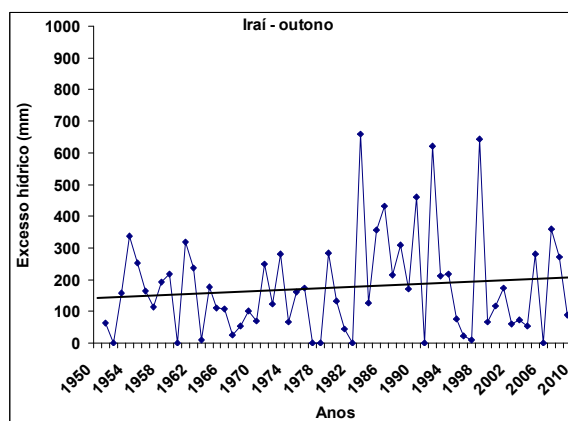
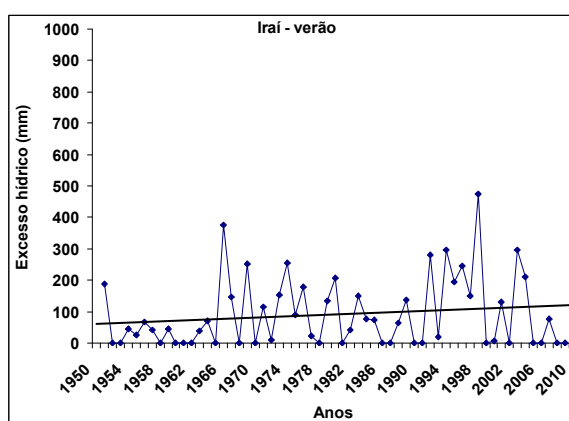
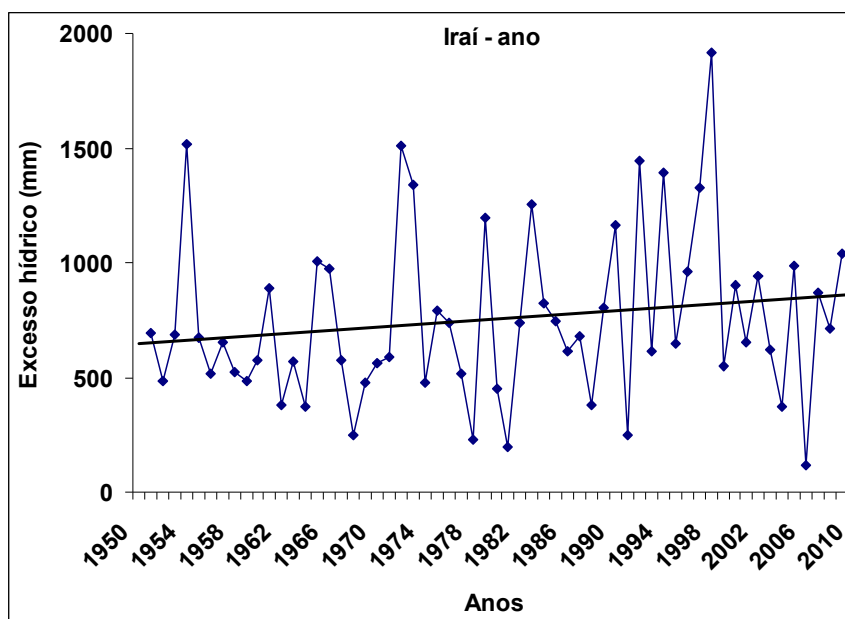
APÊNDICE 143. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



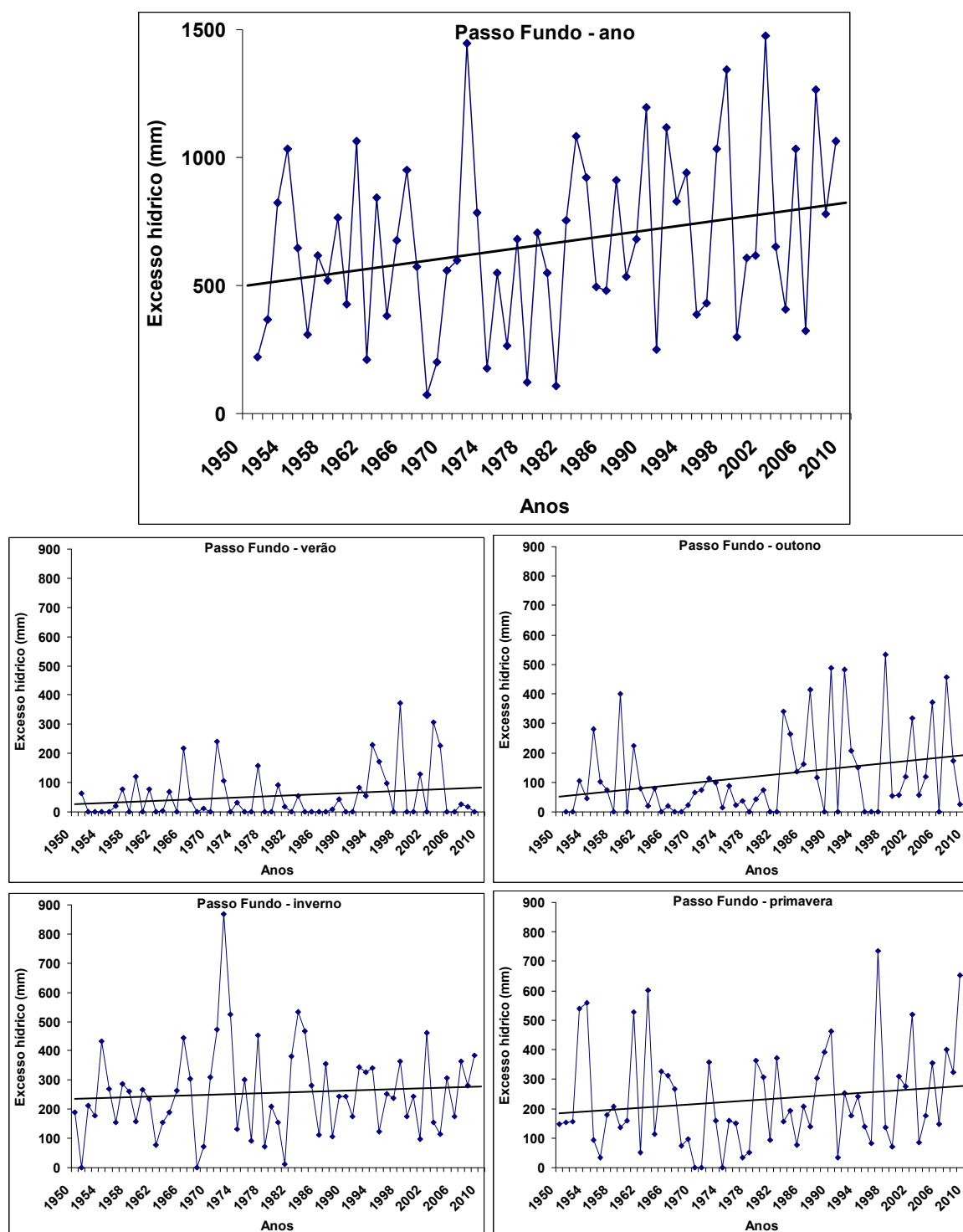
APÊNDICE 144. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



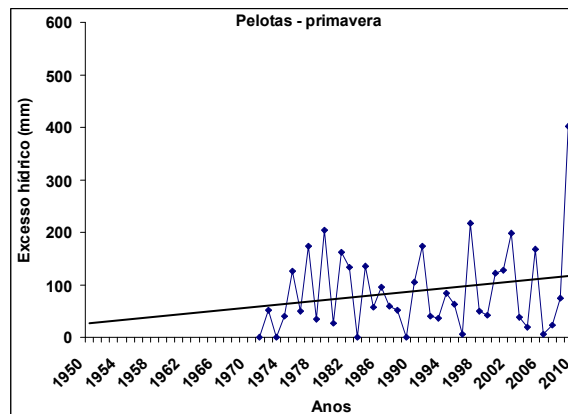
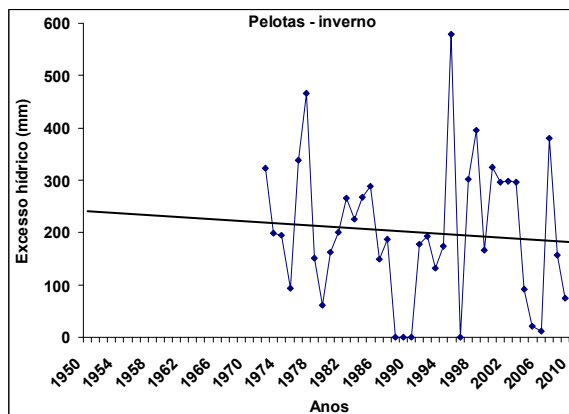
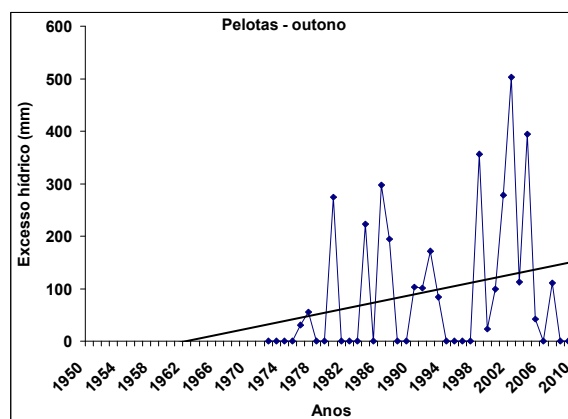
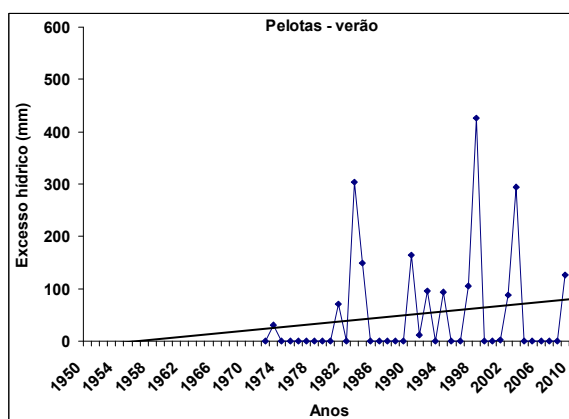
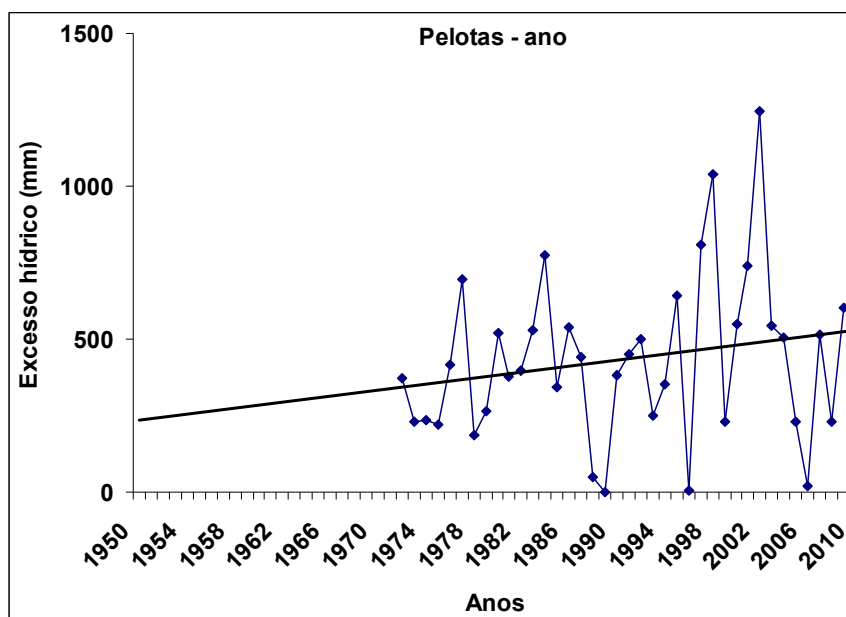
APÊNDICE 145. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



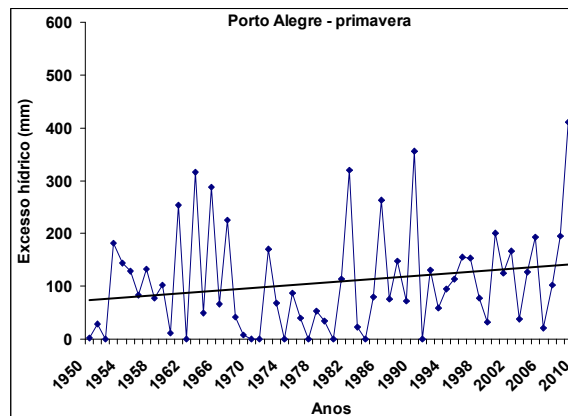
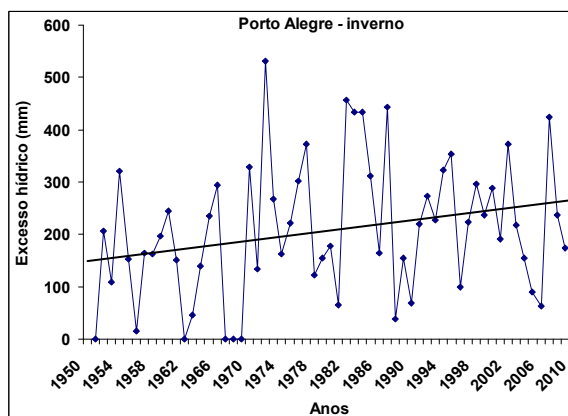
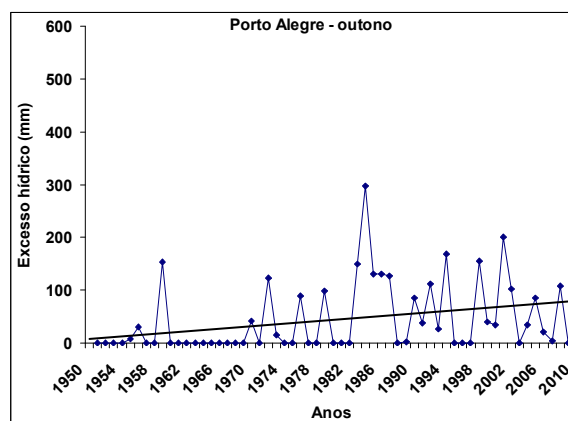
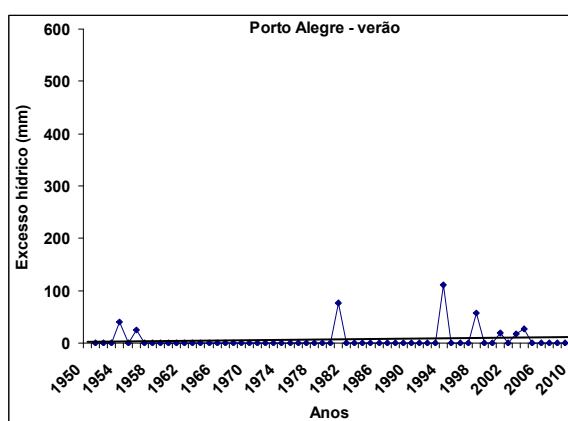
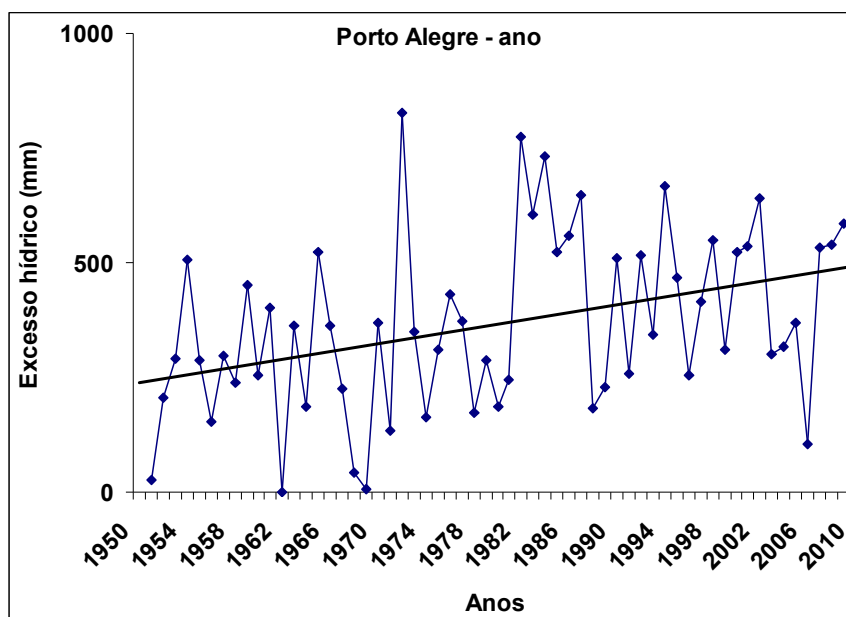
APÊNDICE 146. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



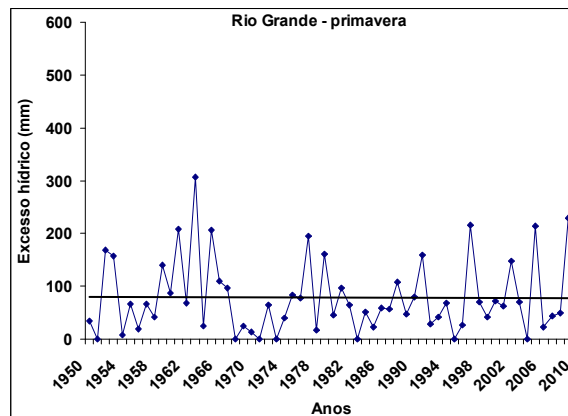
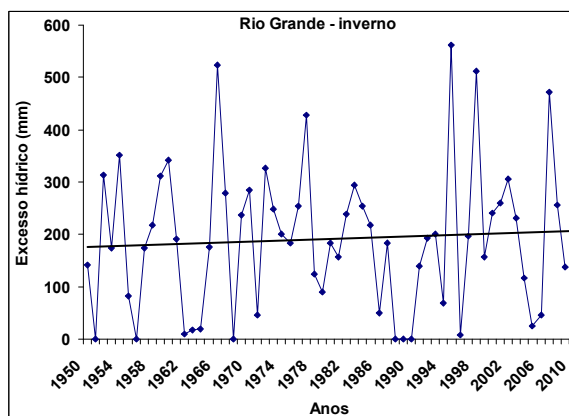
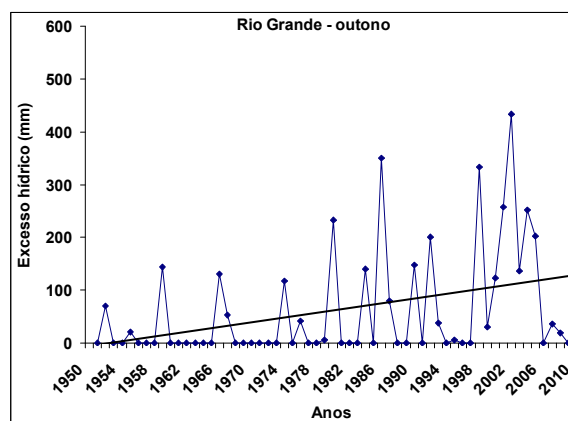
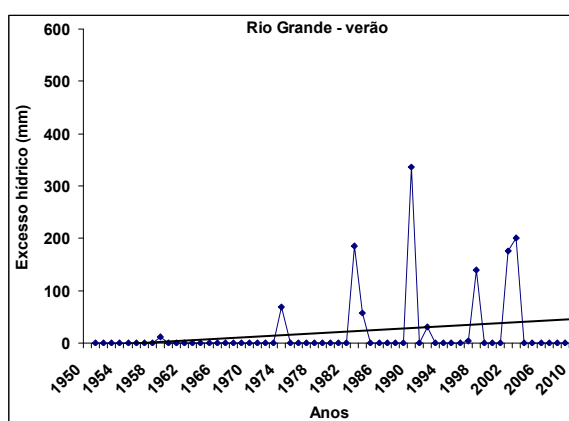
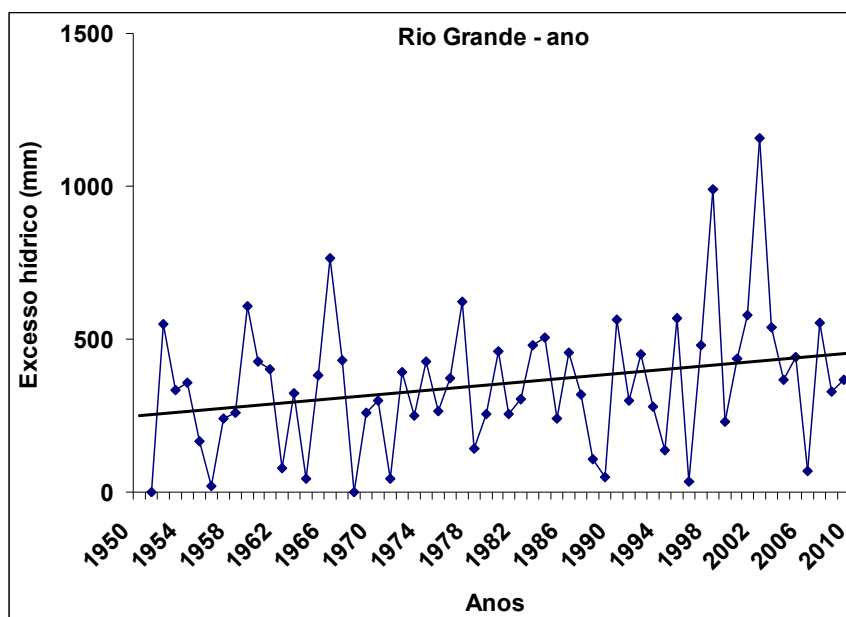
APÊNDICE 147. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



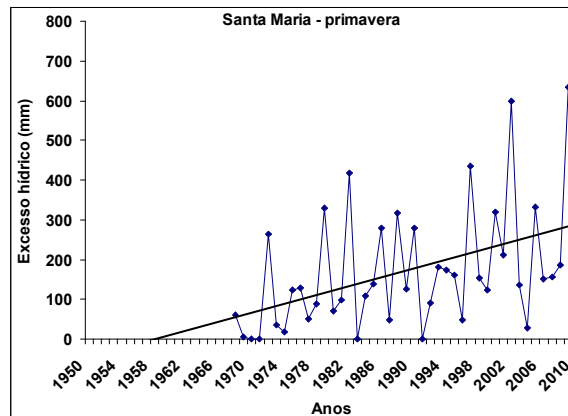
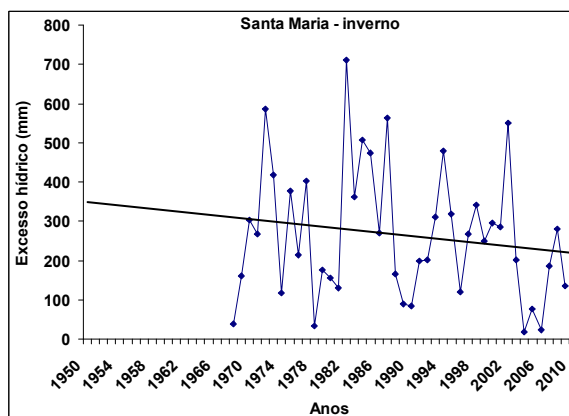
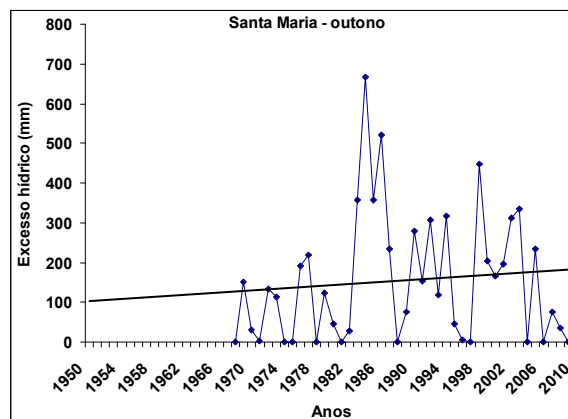
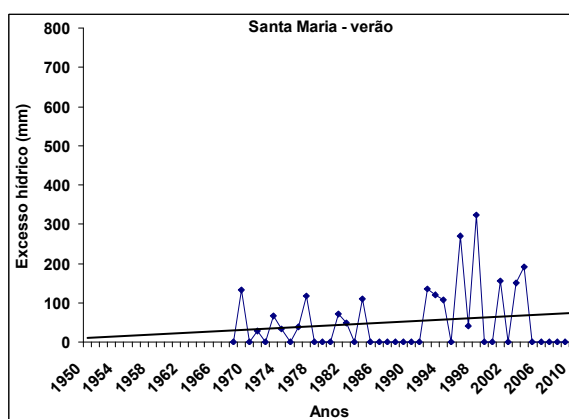
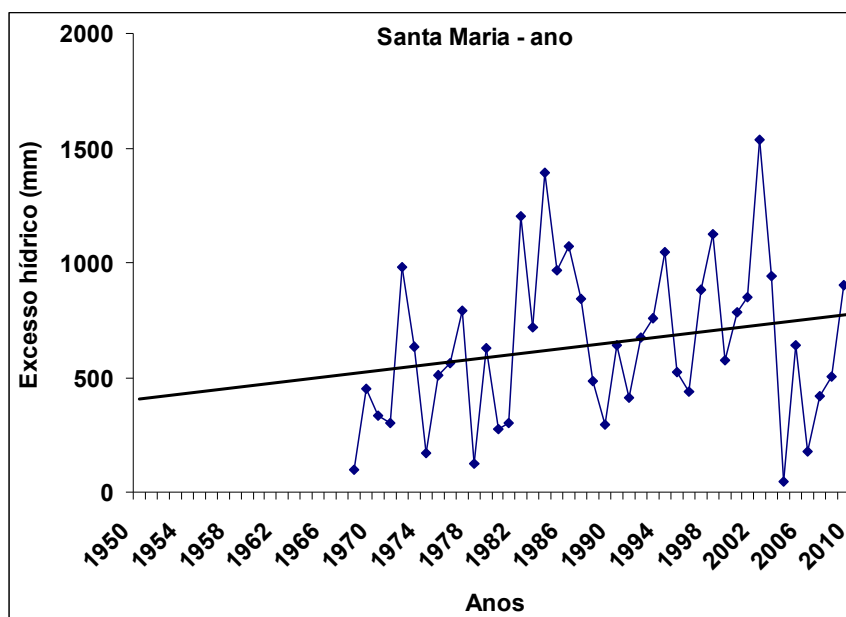
APÊNDICE 148. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



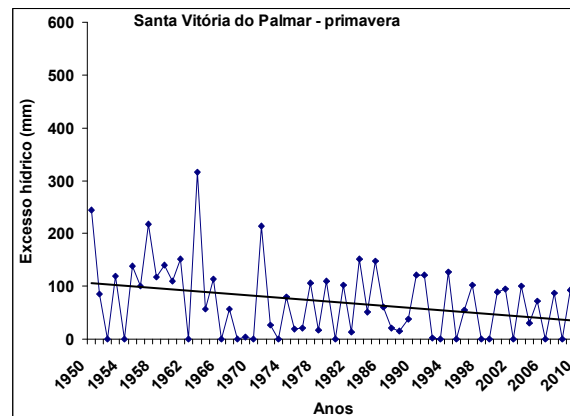
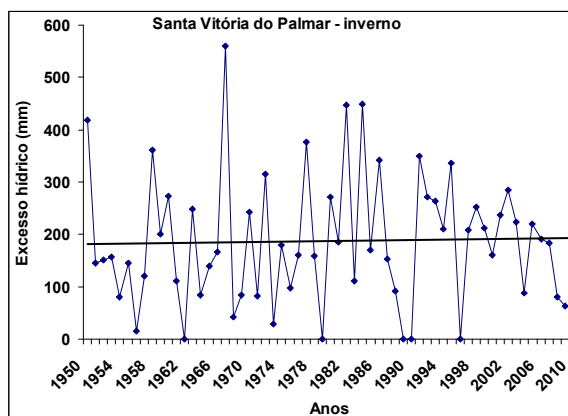
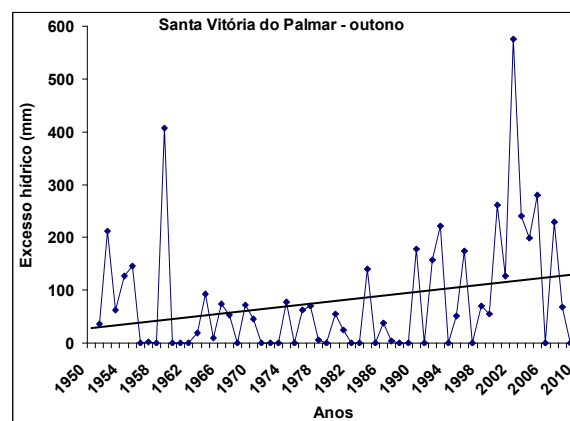
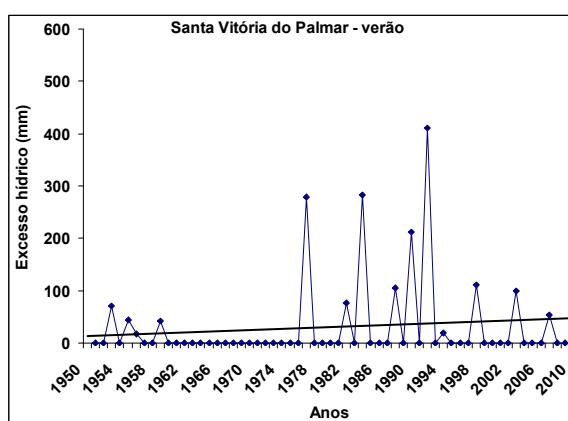
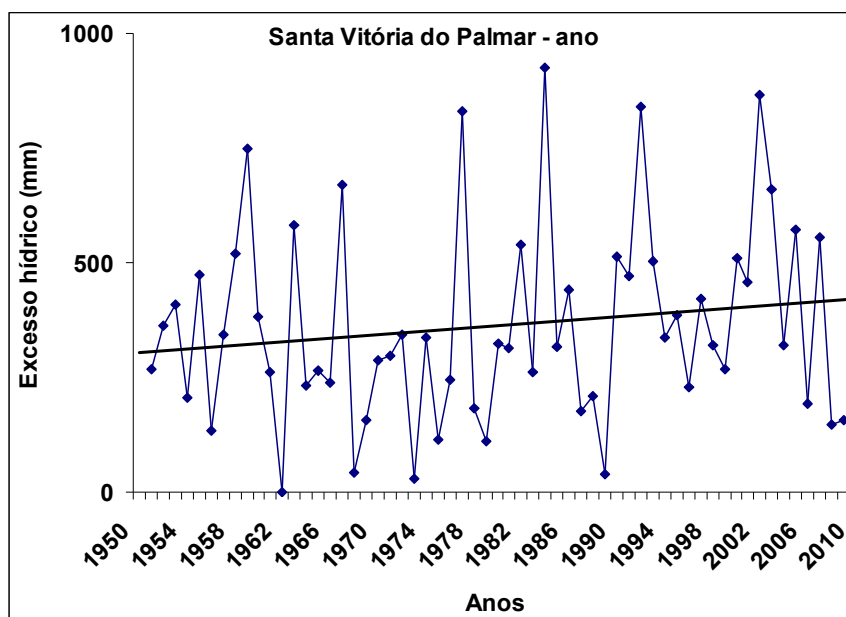
APÊNDICE 149. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



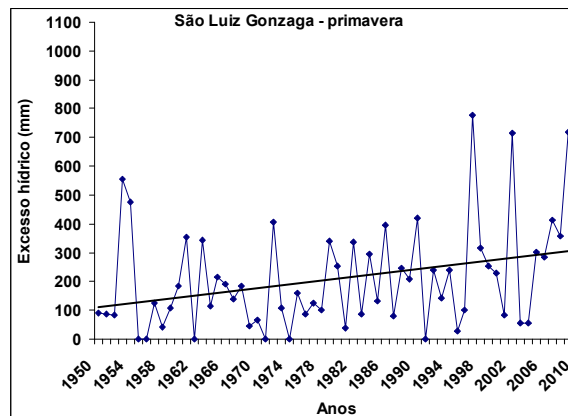
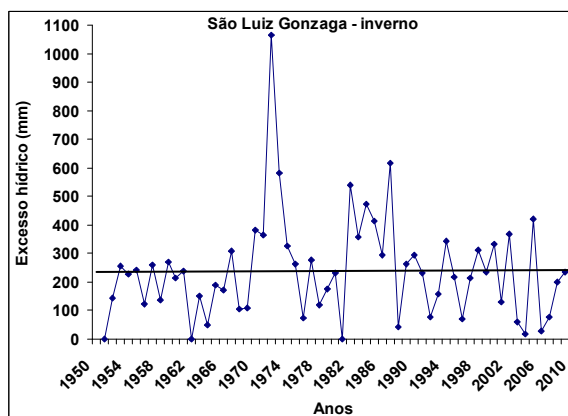
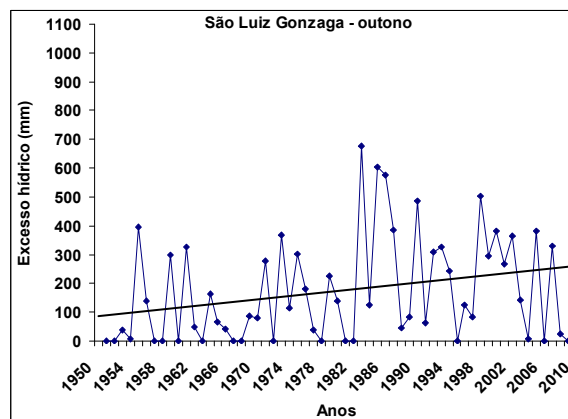
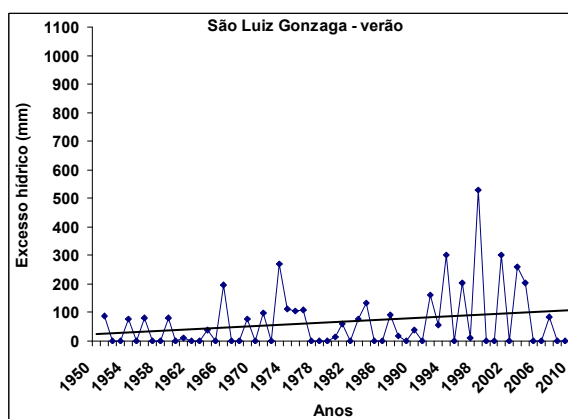
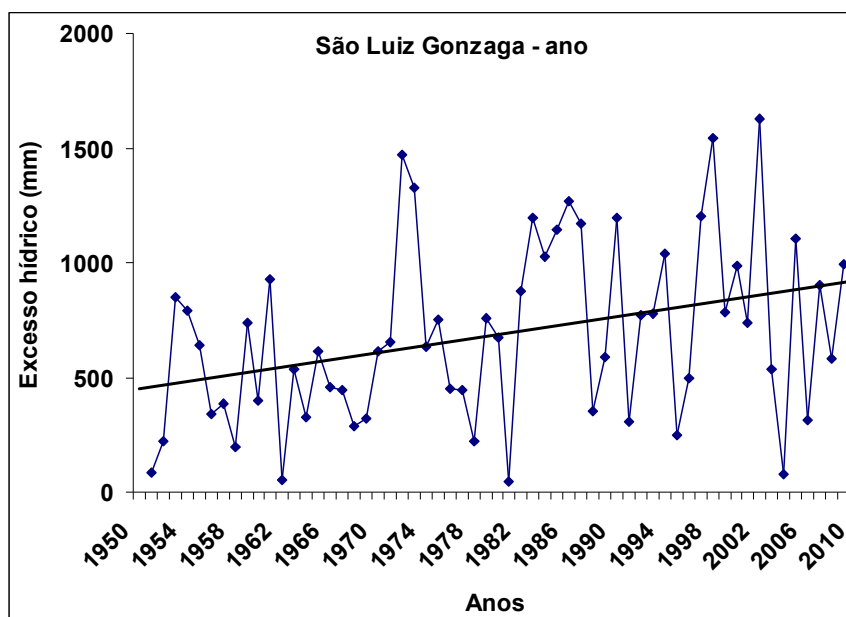
APÊNDICE 150. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



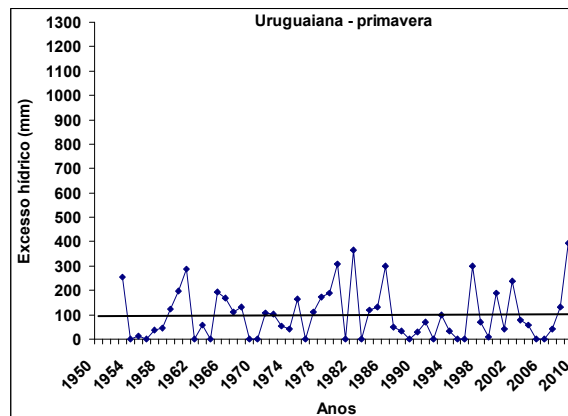
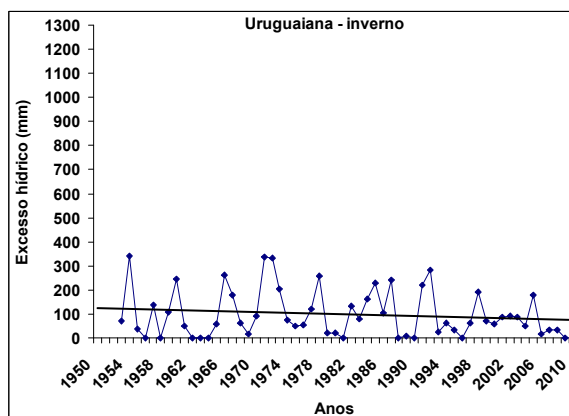
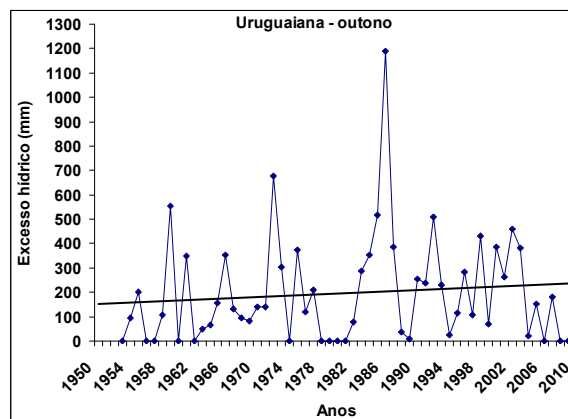
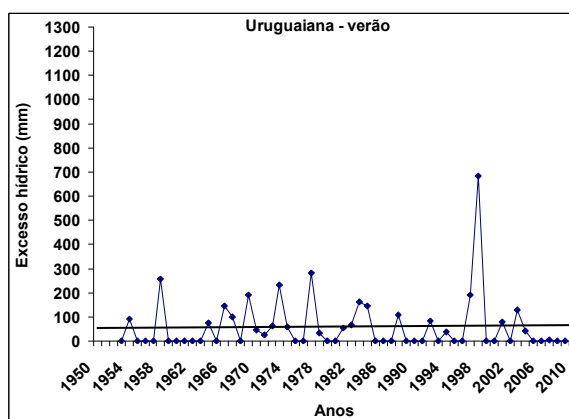
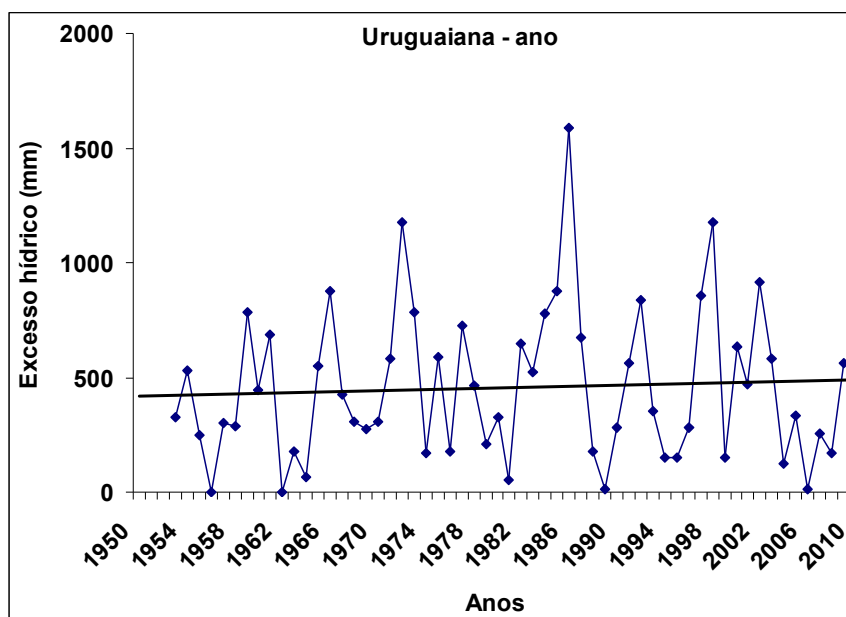
APÊNDICE 151. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



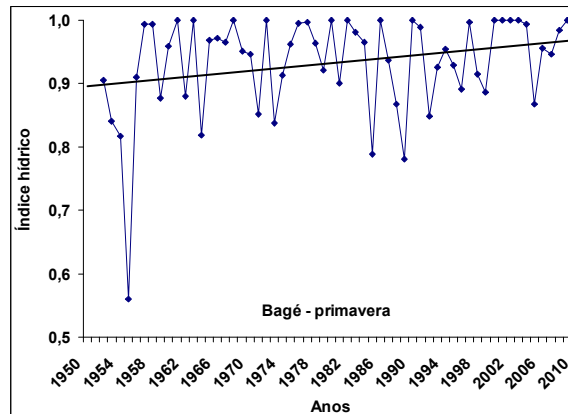
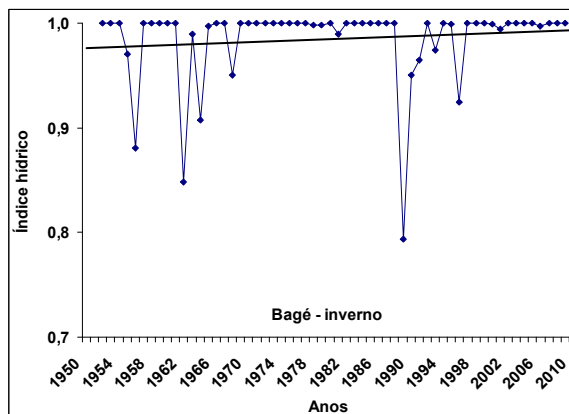
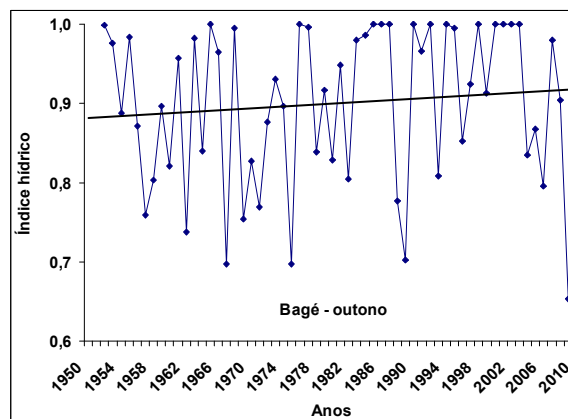
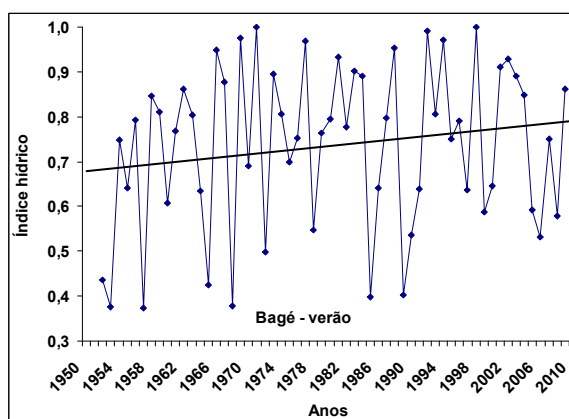
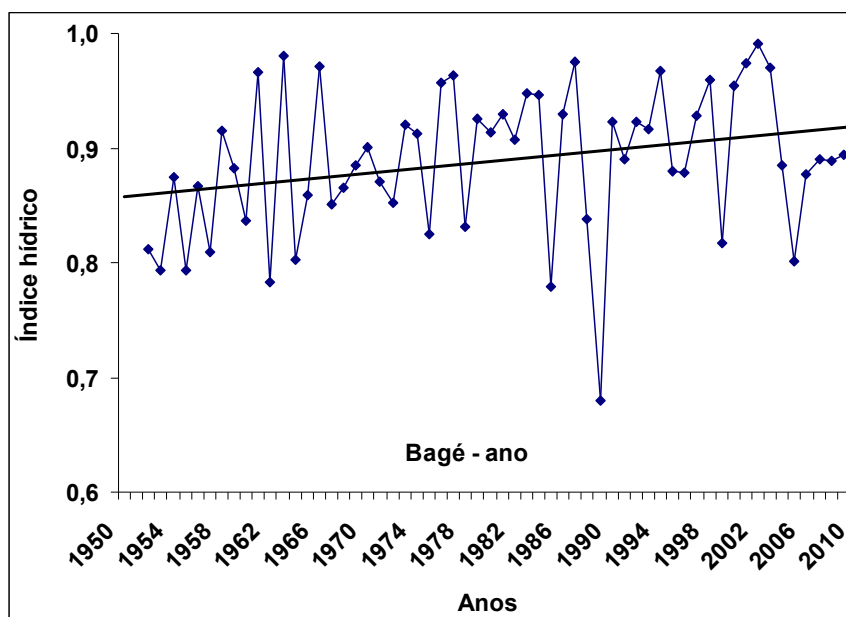
APÊNDICE 152. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



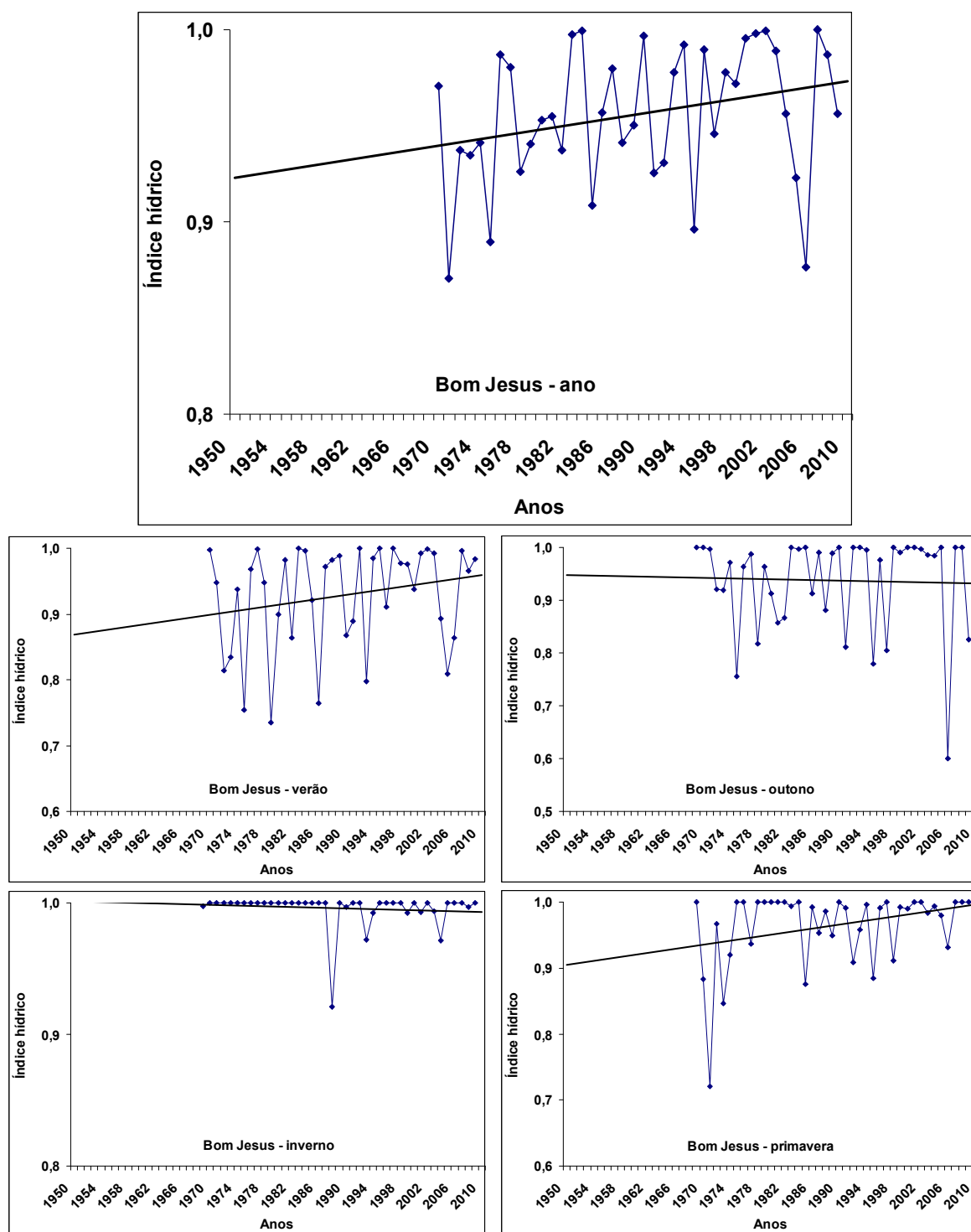
APÊNDICE 153. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



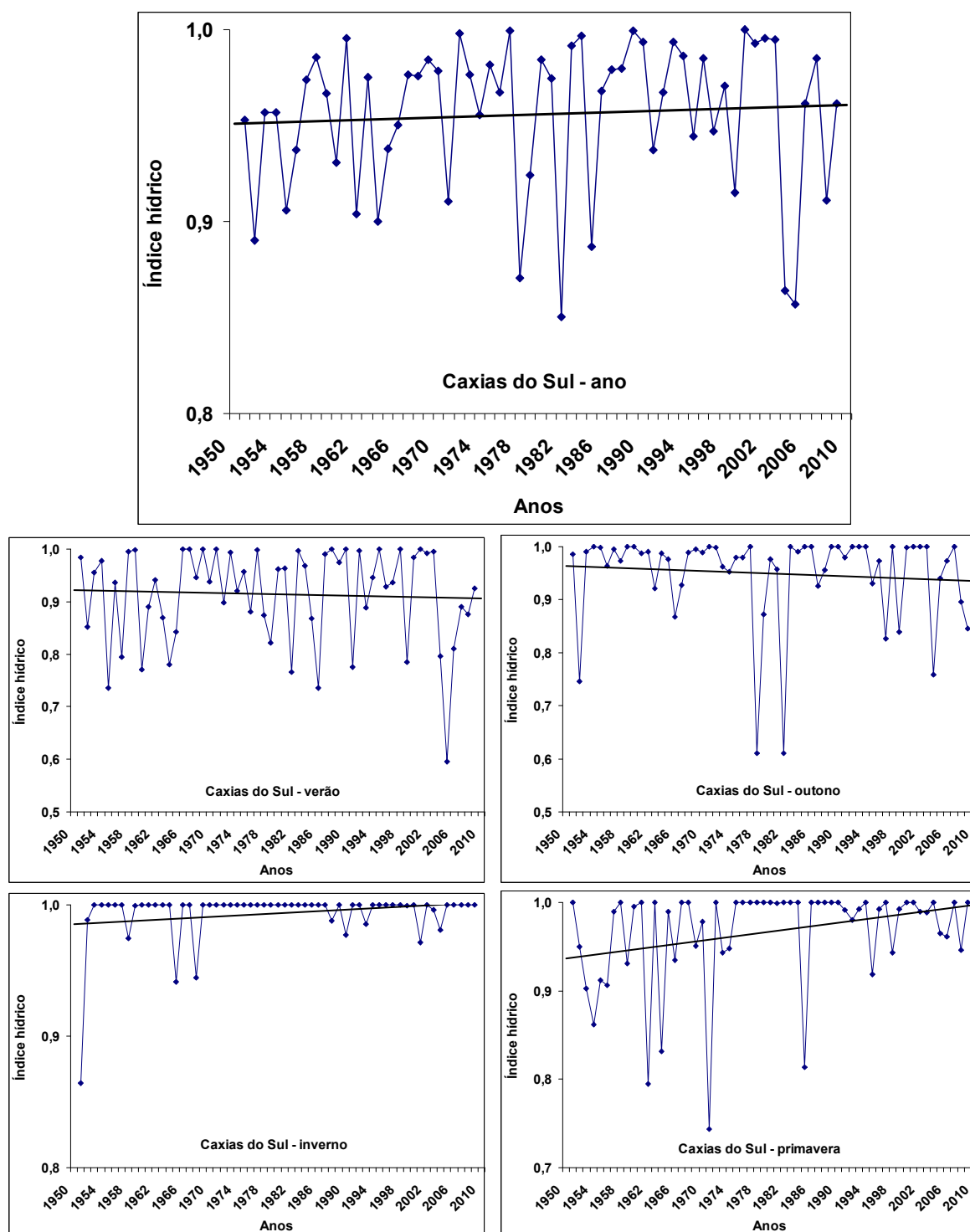
APÊNDICE 154. Tendência linear do excesso hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



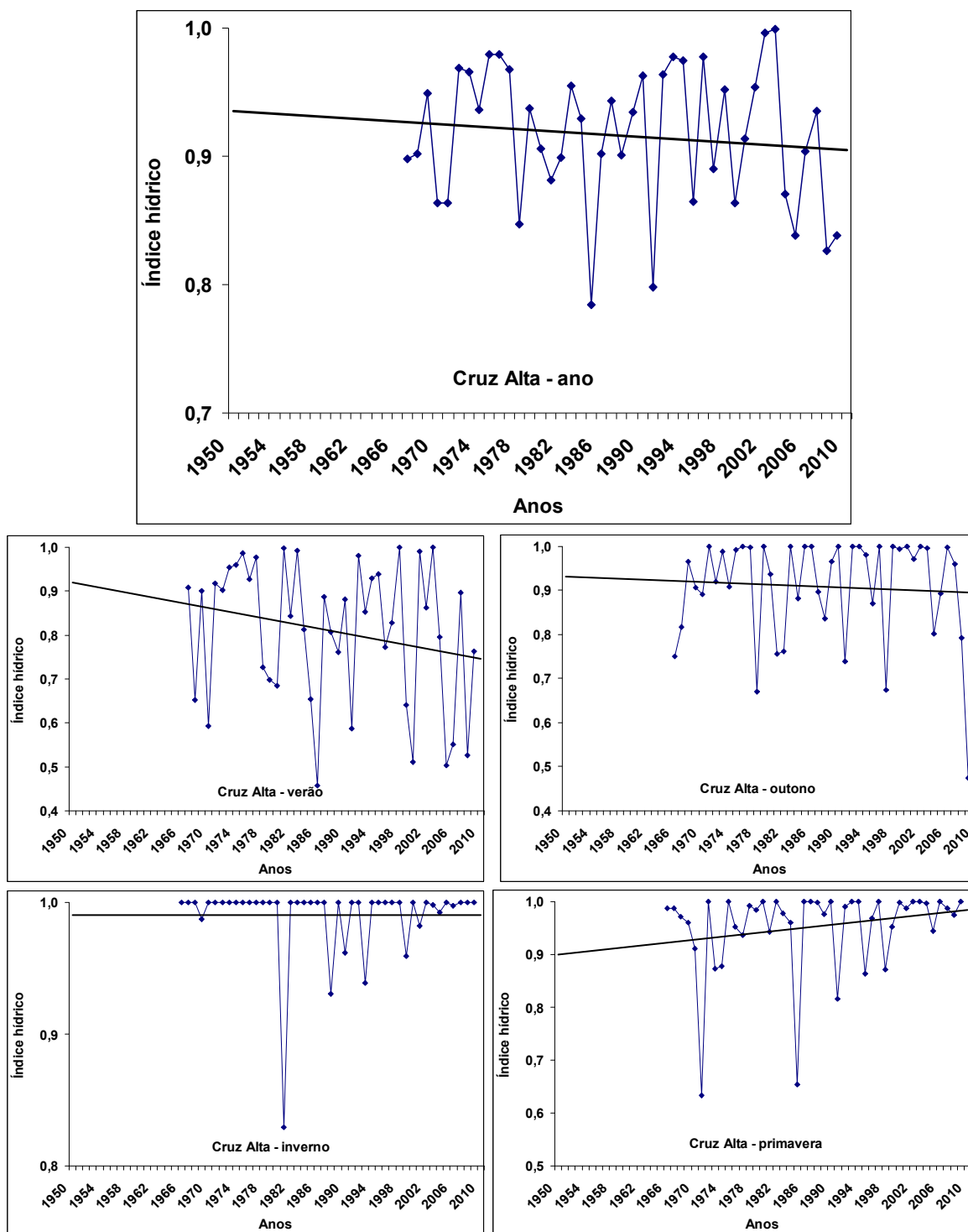
APÊNDICE 155. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bagé, Rio Grande do Sul.



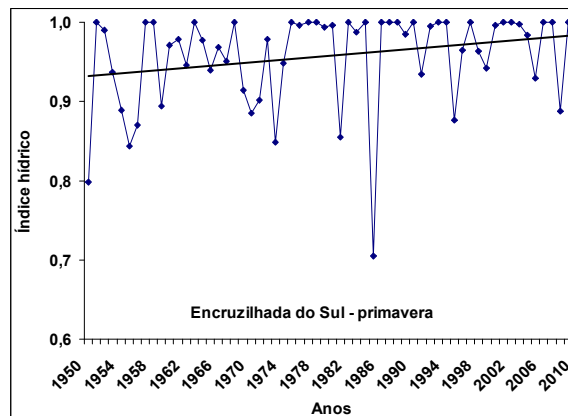
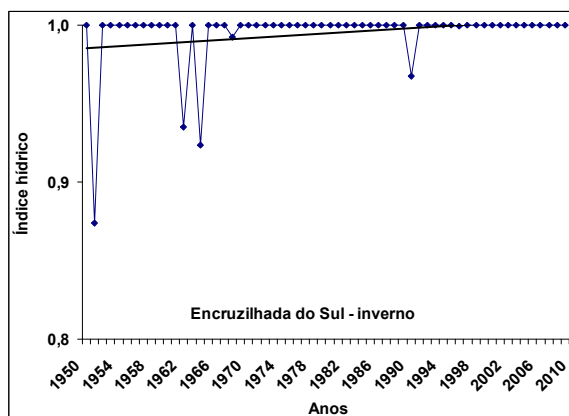
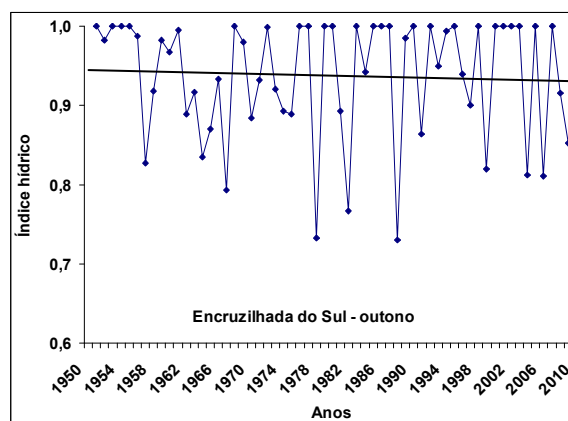
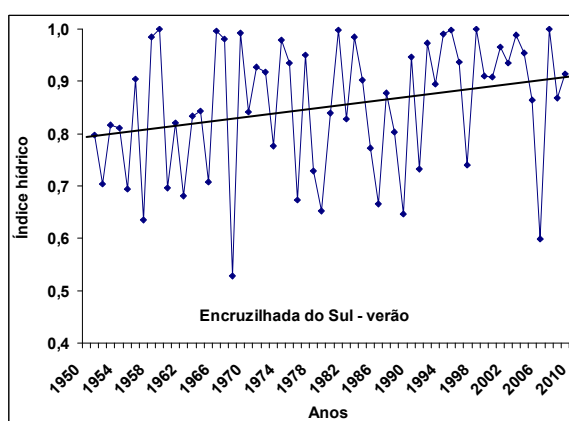
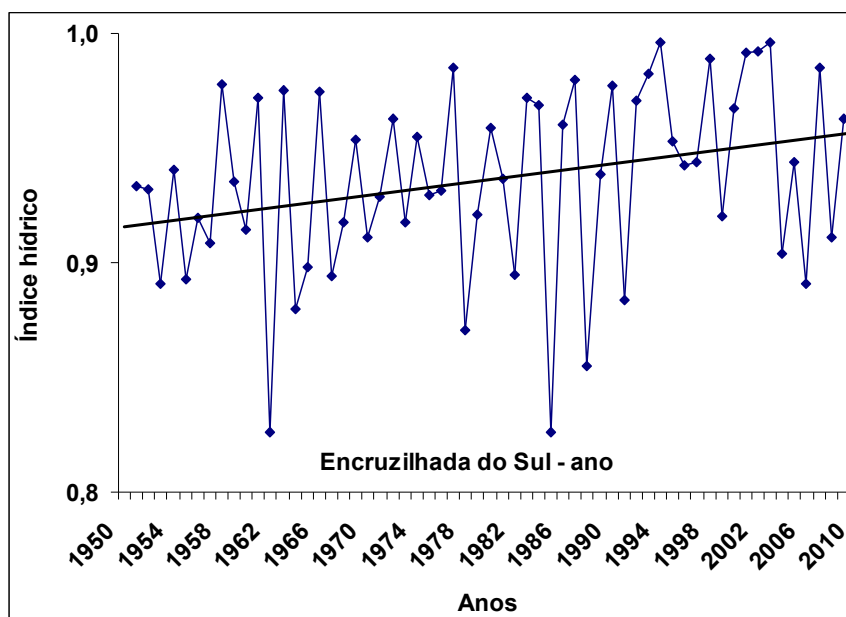
APÊNDICE 156. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Bom Jesus, Rio Grande do Sul.



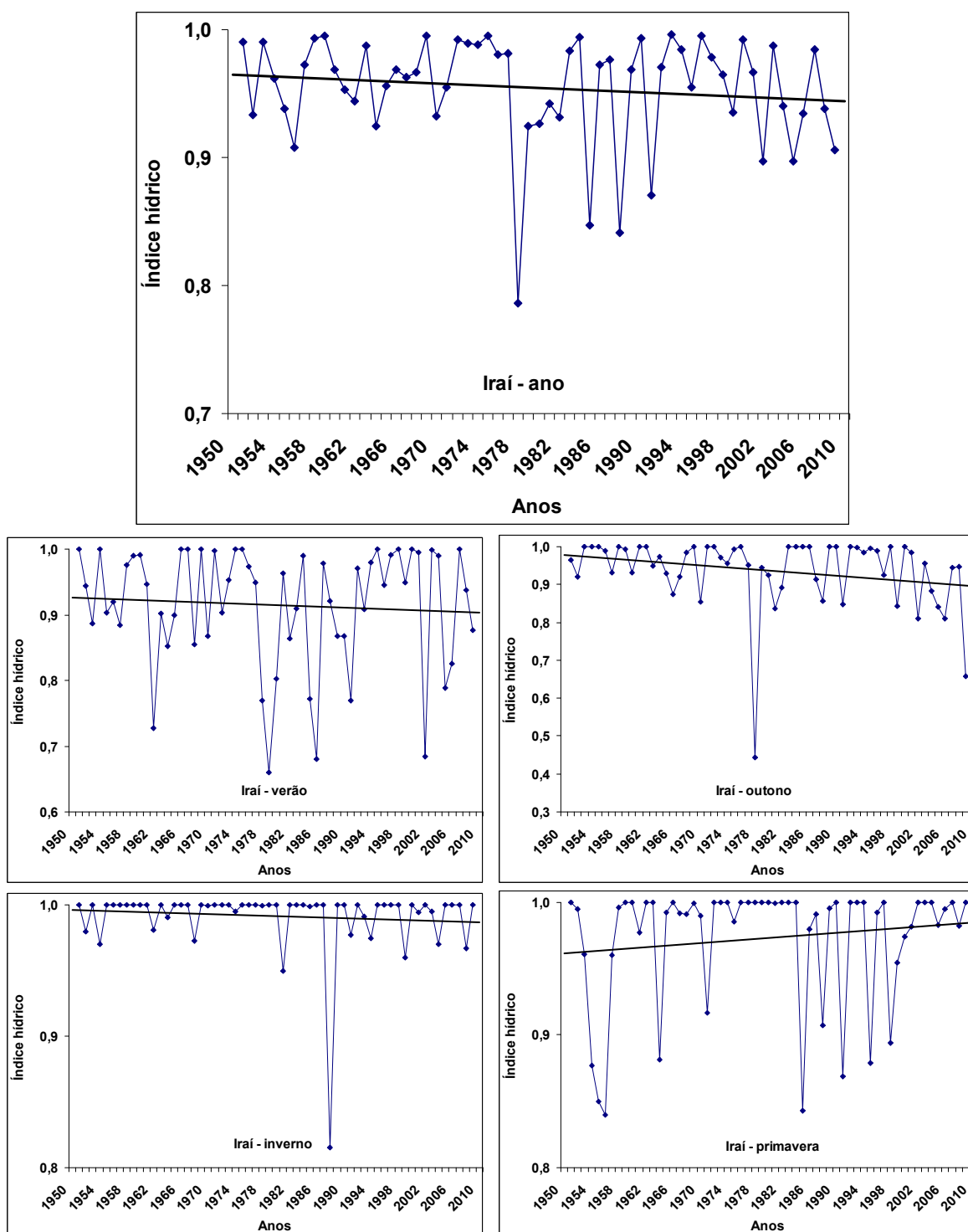
APÊNDICE 157. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.



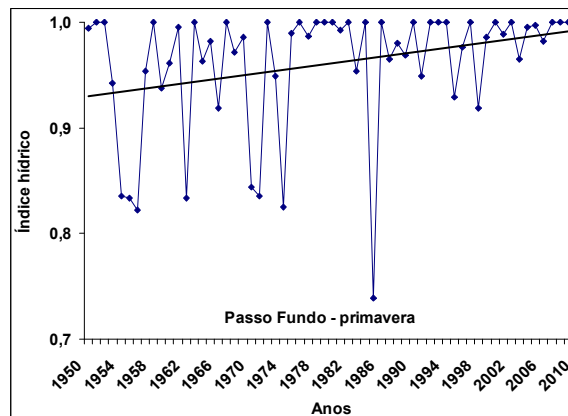
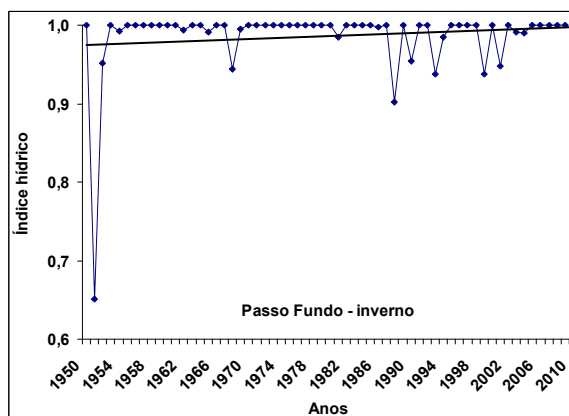
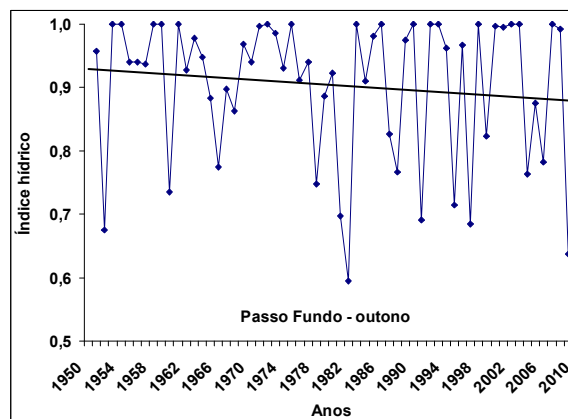
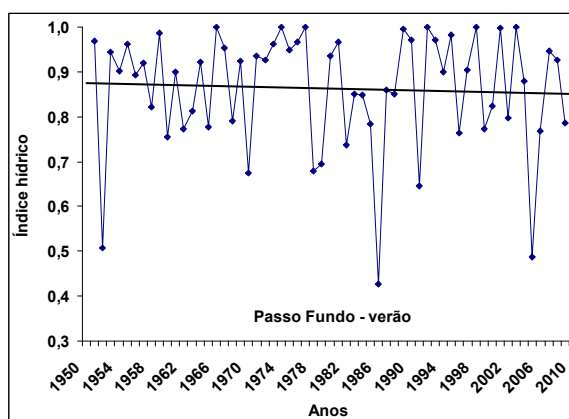
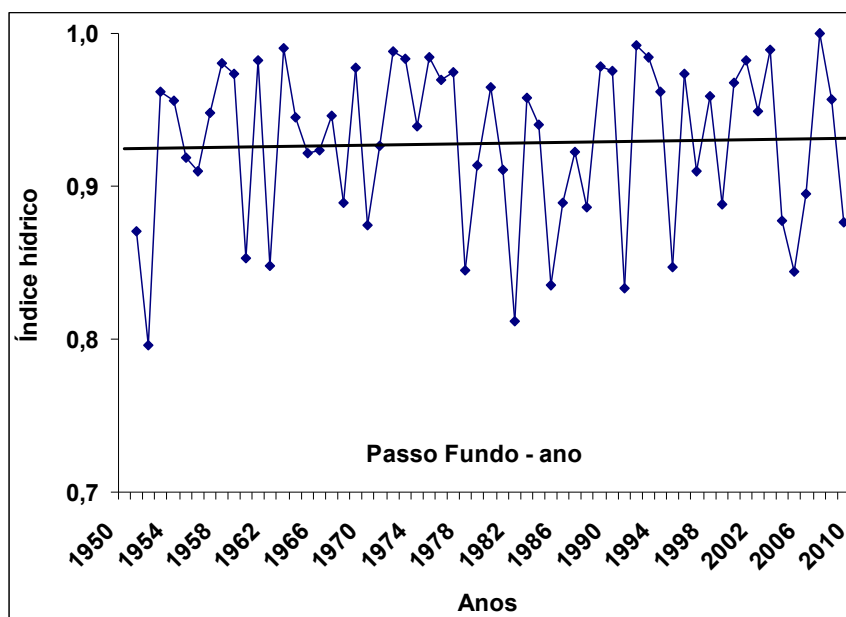
APÊNDICE 158. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Cruz Alta, Rio Grande do Sul.



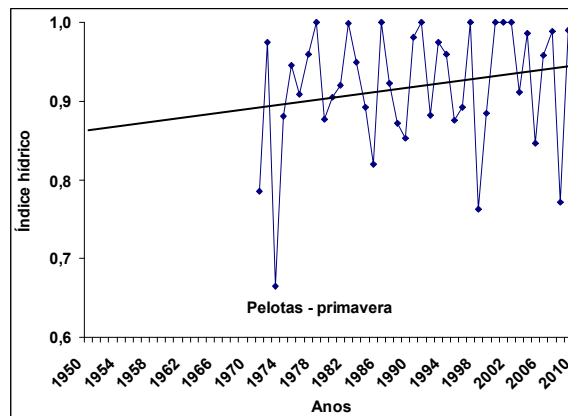
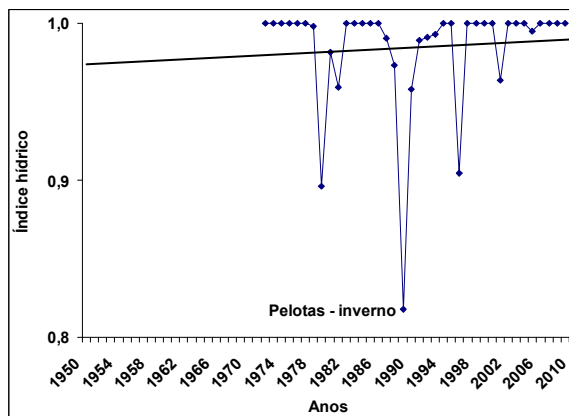
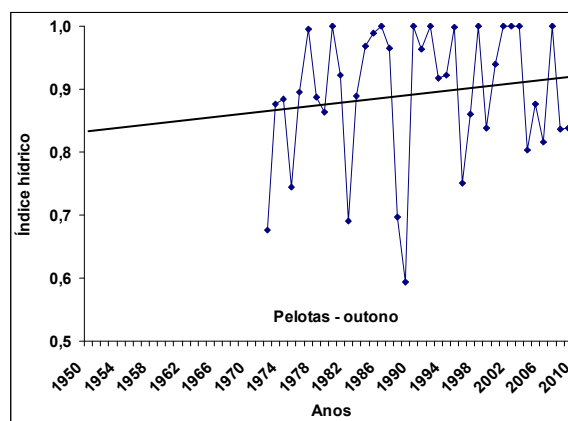
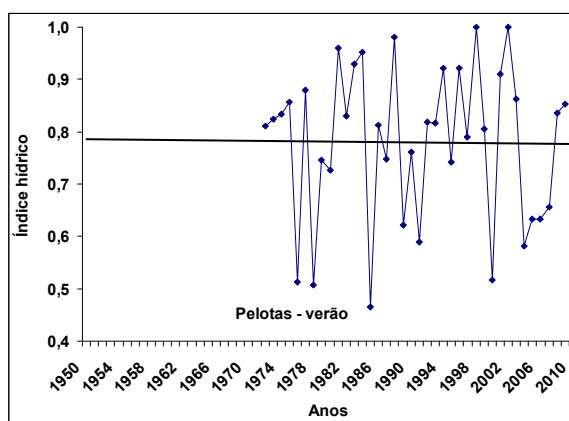
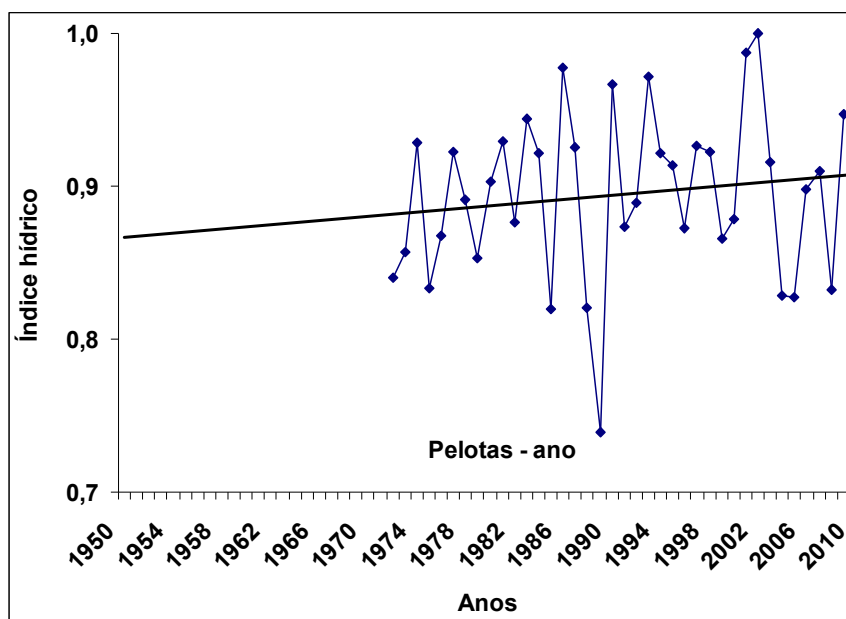
APÊNDICE 159. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.



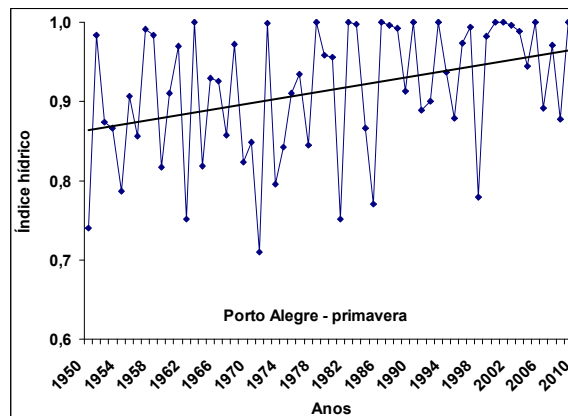
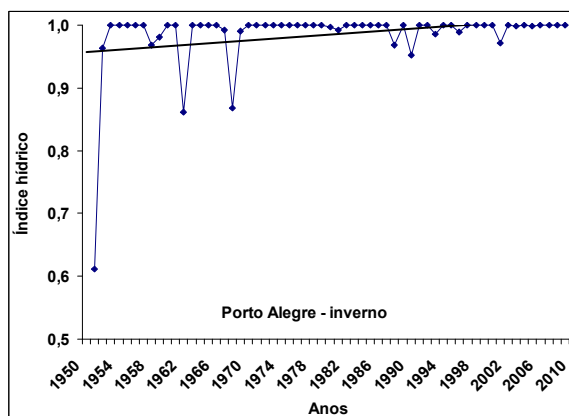
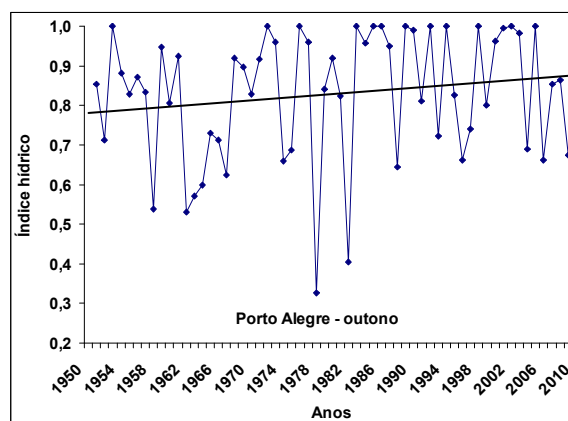
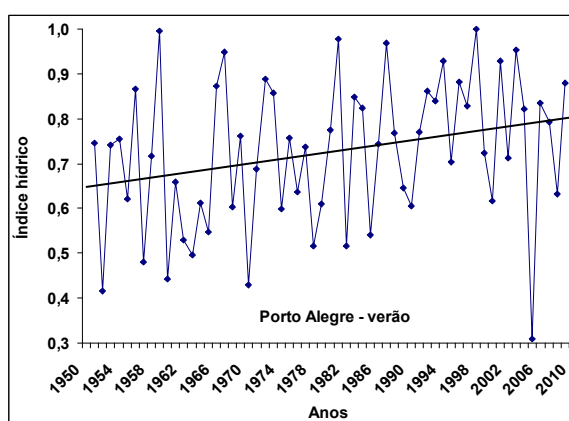
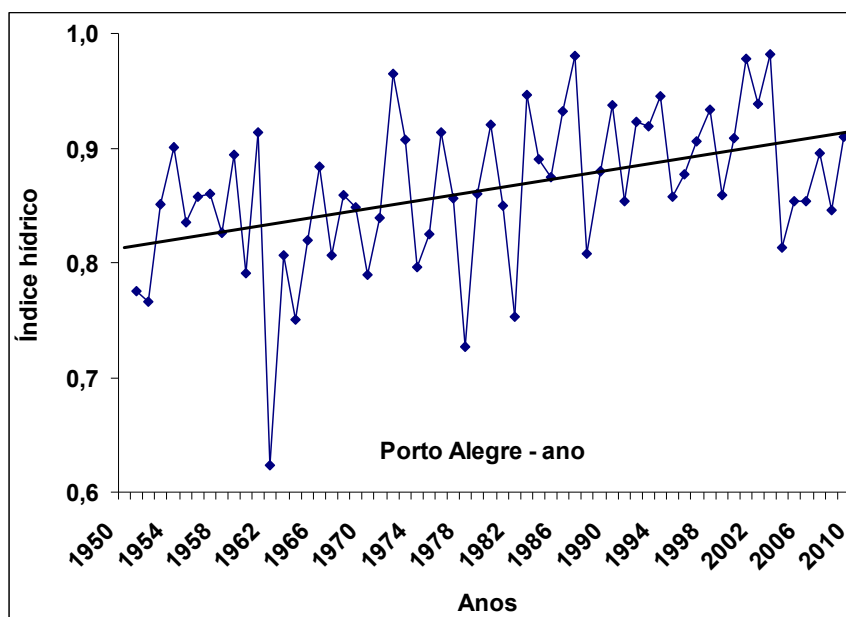
APÊNDICE 160. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Iraí, Rio Grande do Sul.



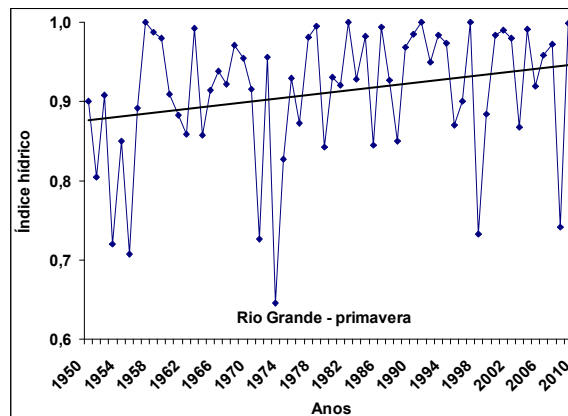
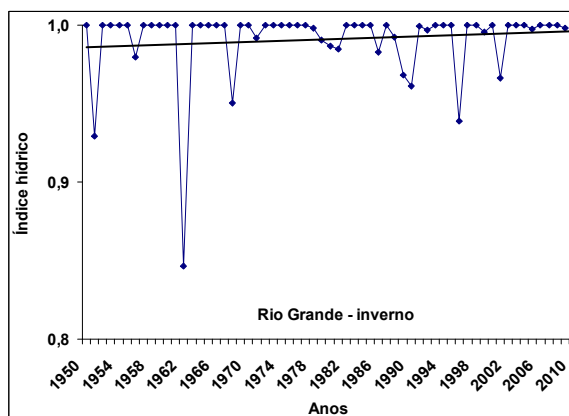
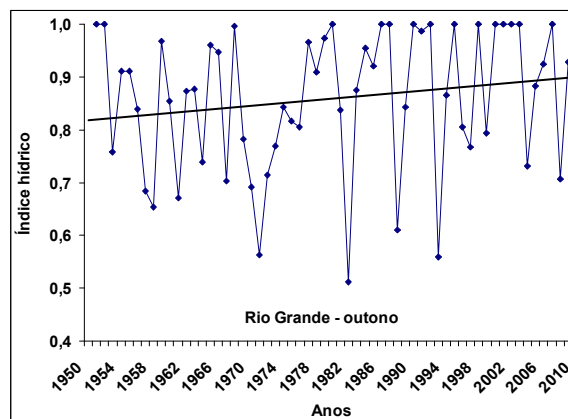
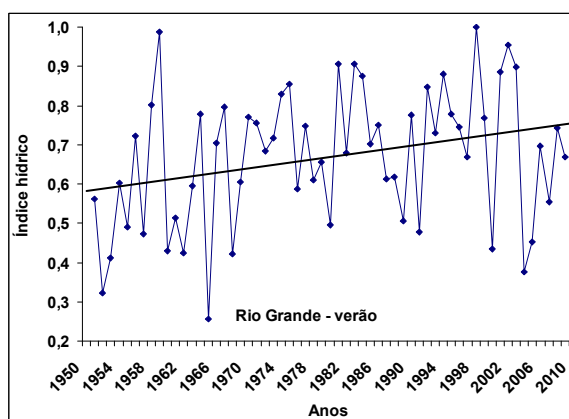
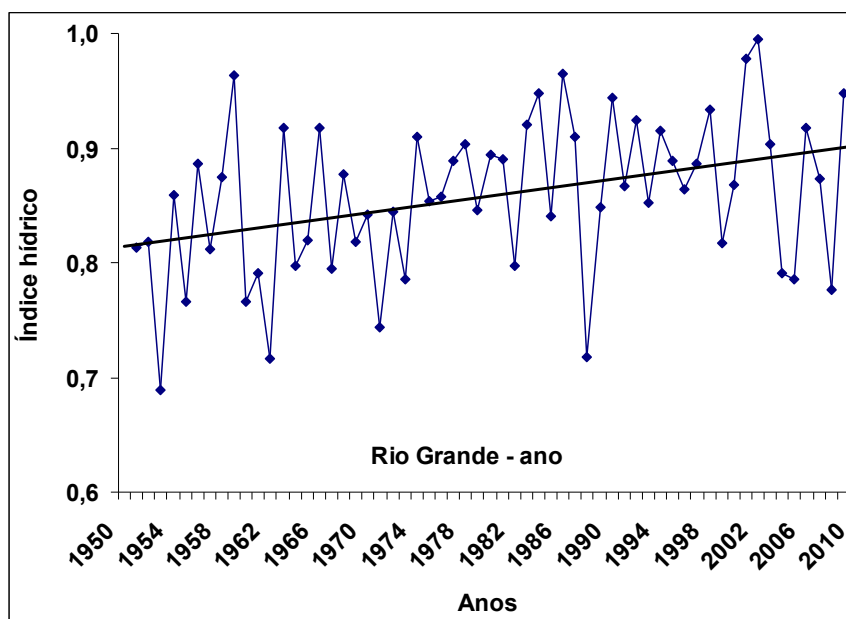
APÊNDICE 161. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Passo Fundo, Rio Grande do Sul.



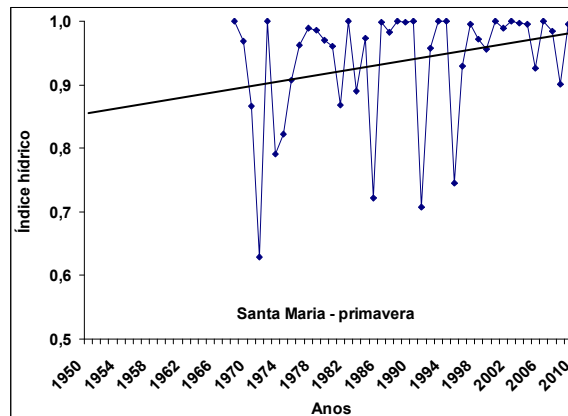
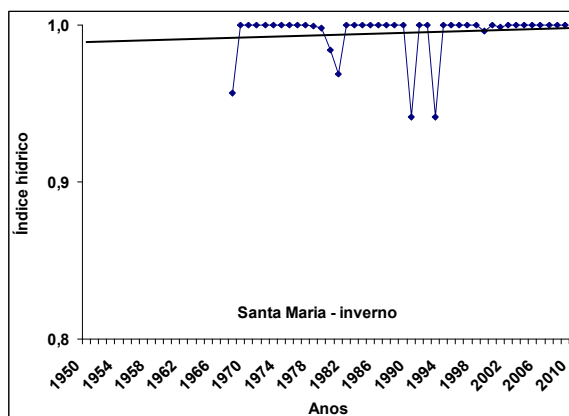
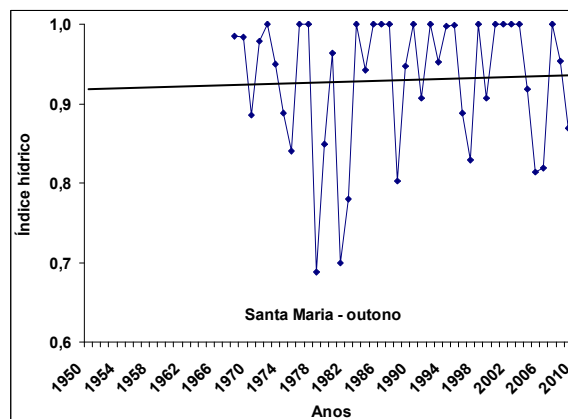
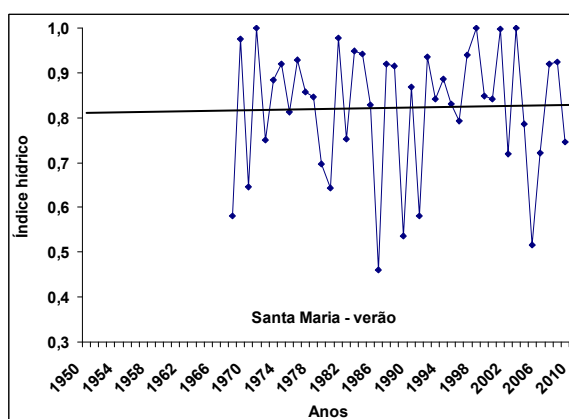
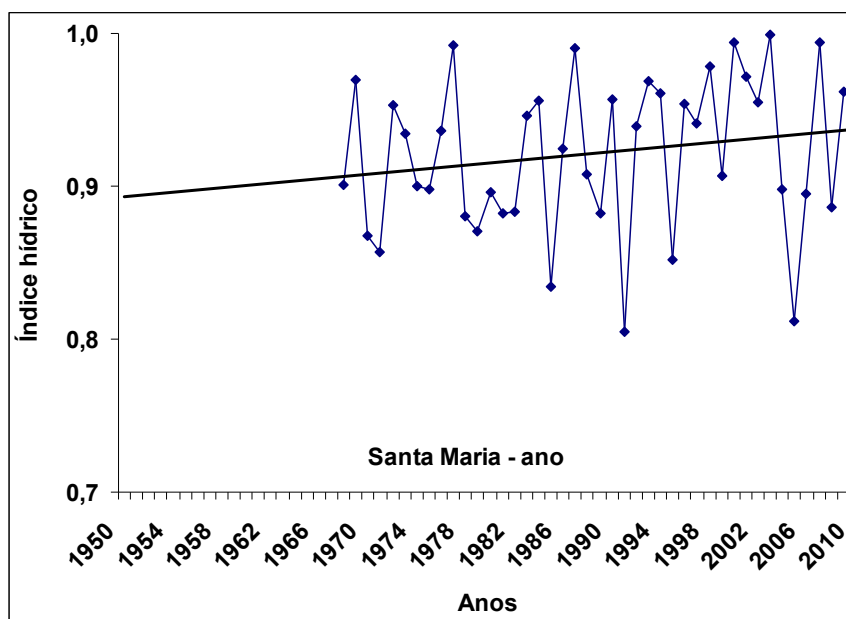
APÊNDICE 162. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Pelotas, Rio Grande do Sul.



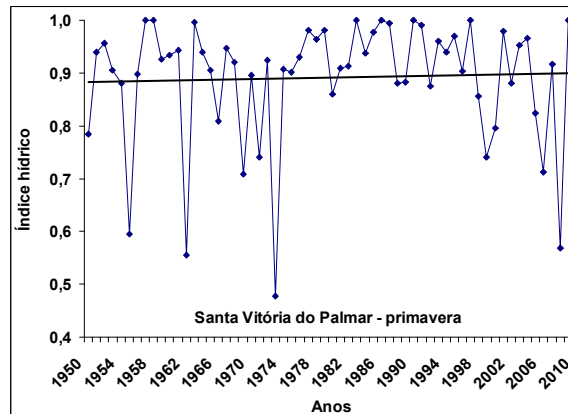
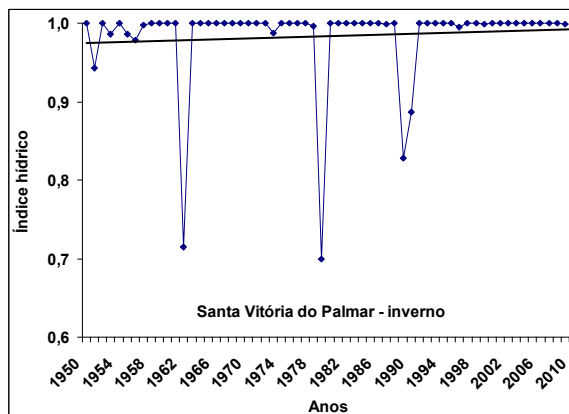
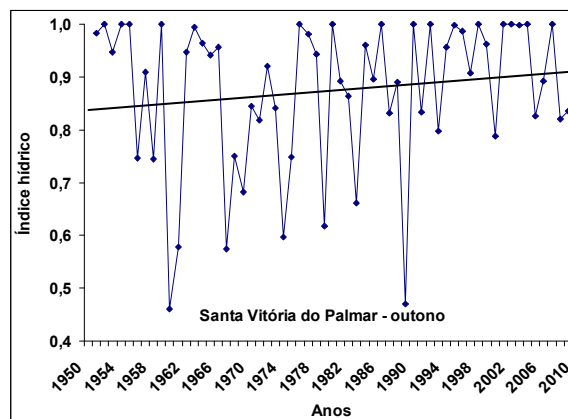
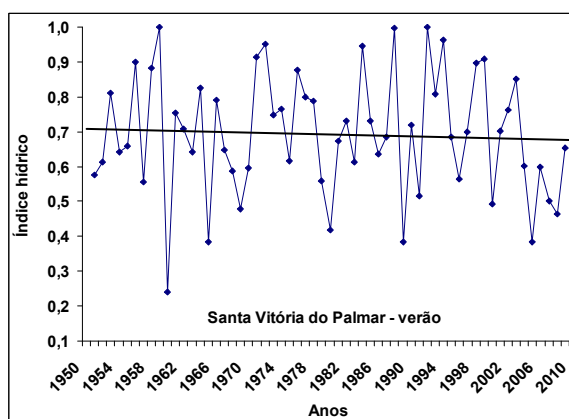
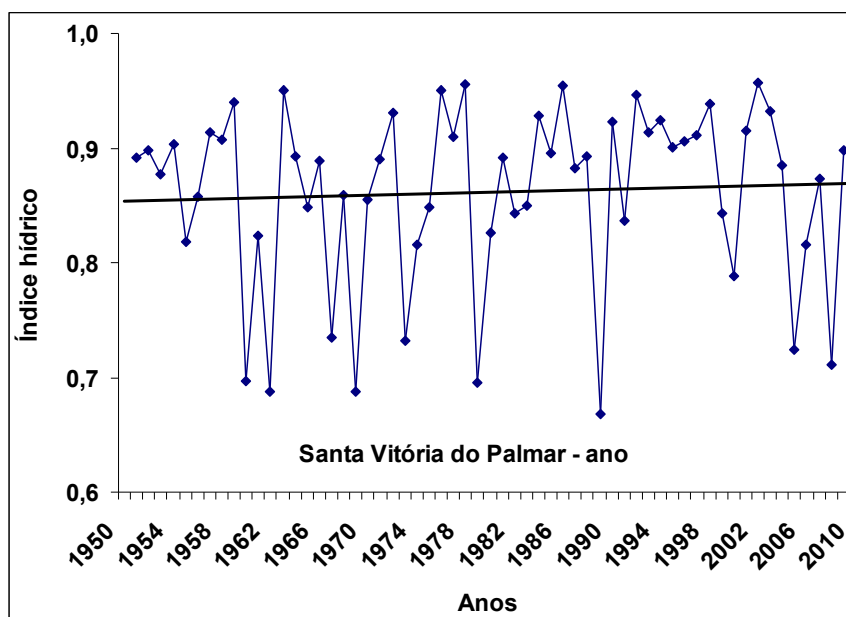
APÊNDICE 163. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.



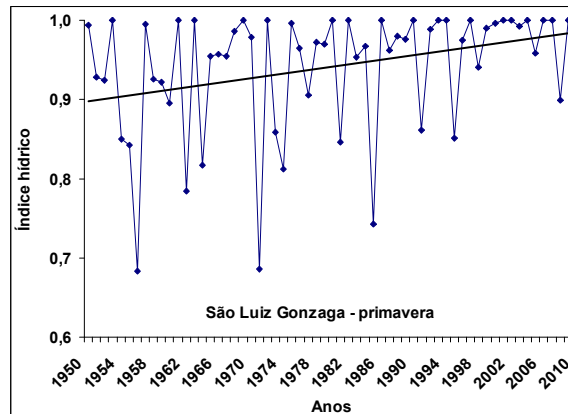
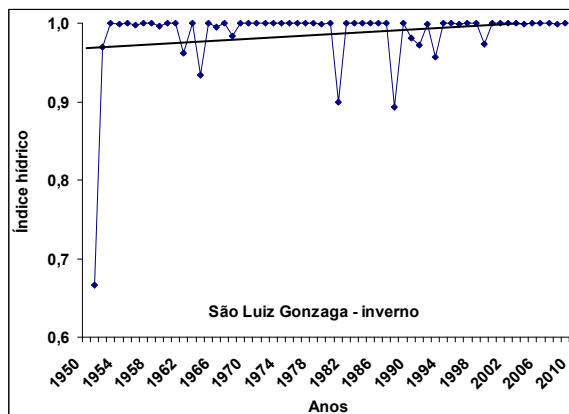
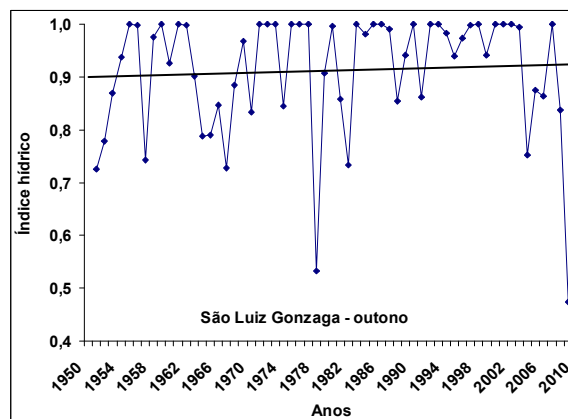
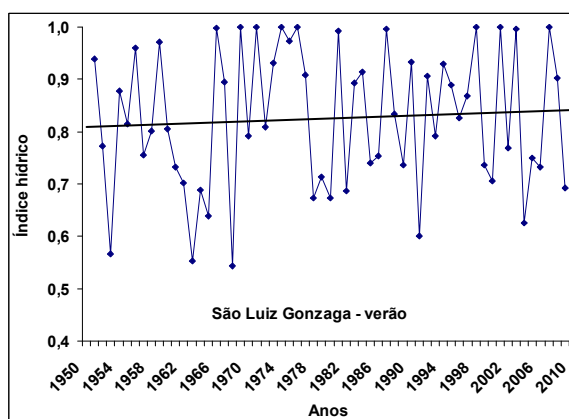
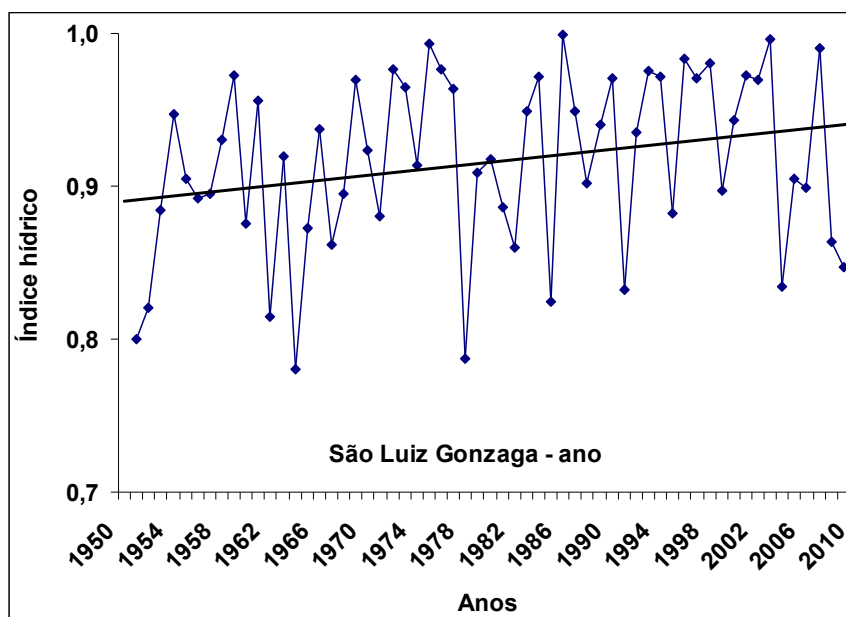
APÊNDICE 164. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Rio Grande, Rio Grande do Sul.



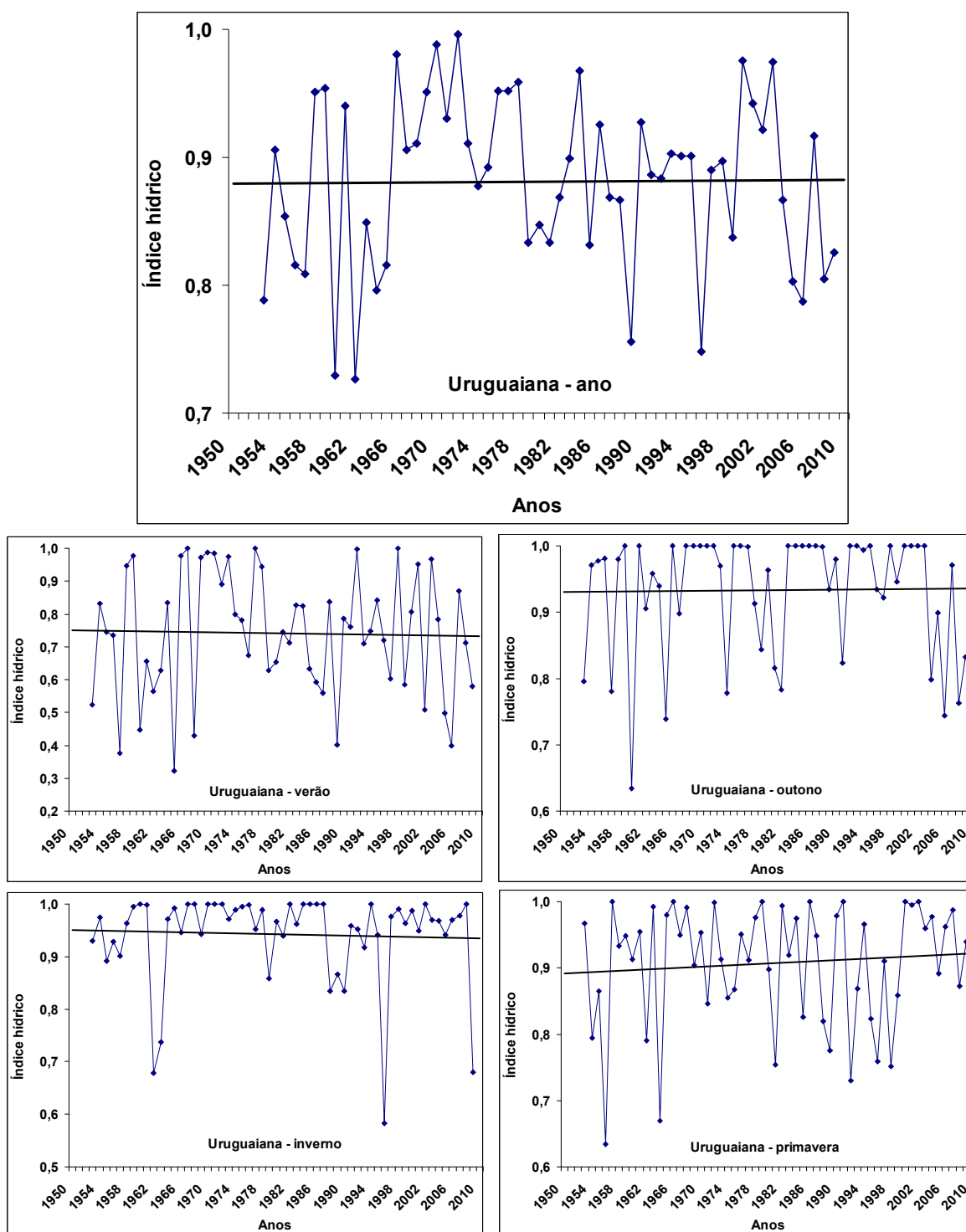
APÊNDICE 165. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Maria, Rio Grande do Sul.



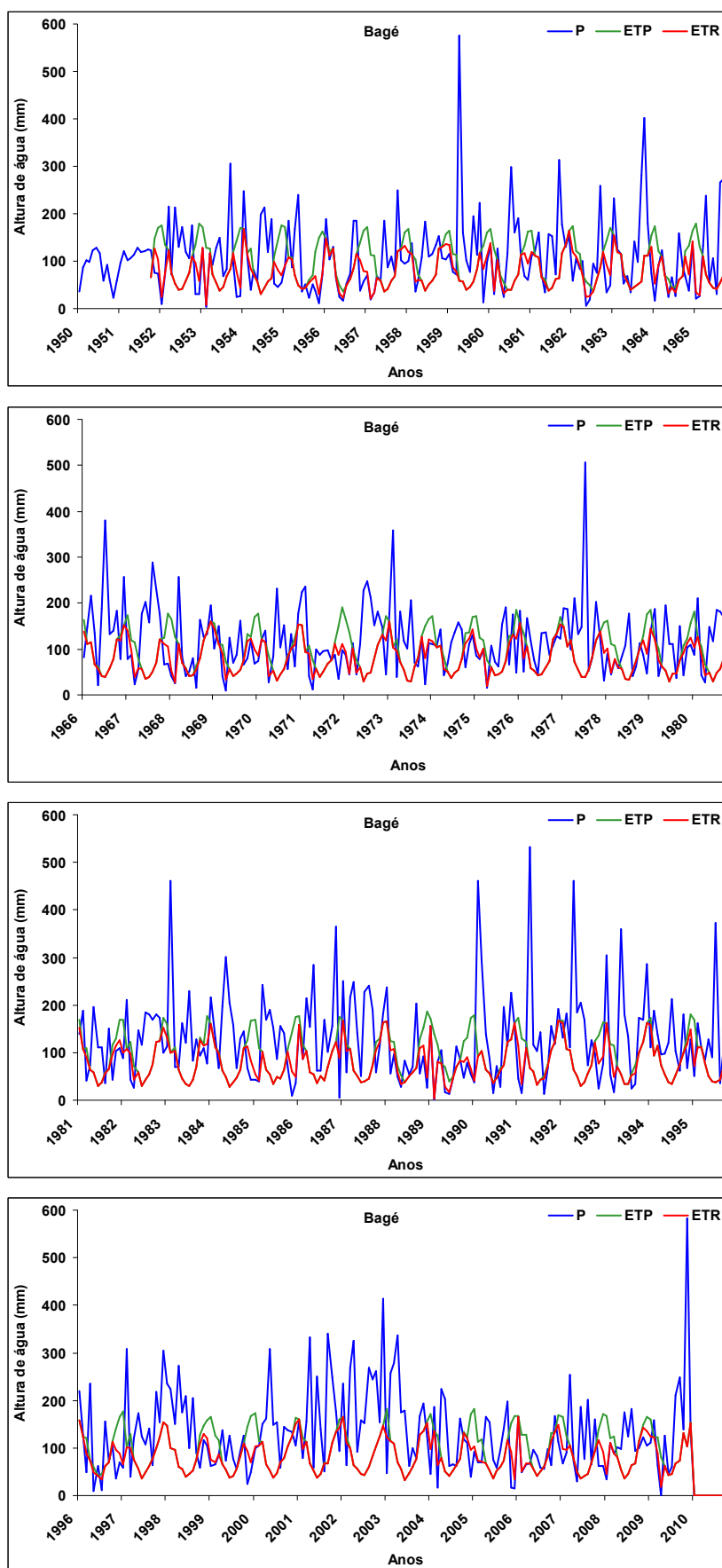
APÊNDICE 166. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.



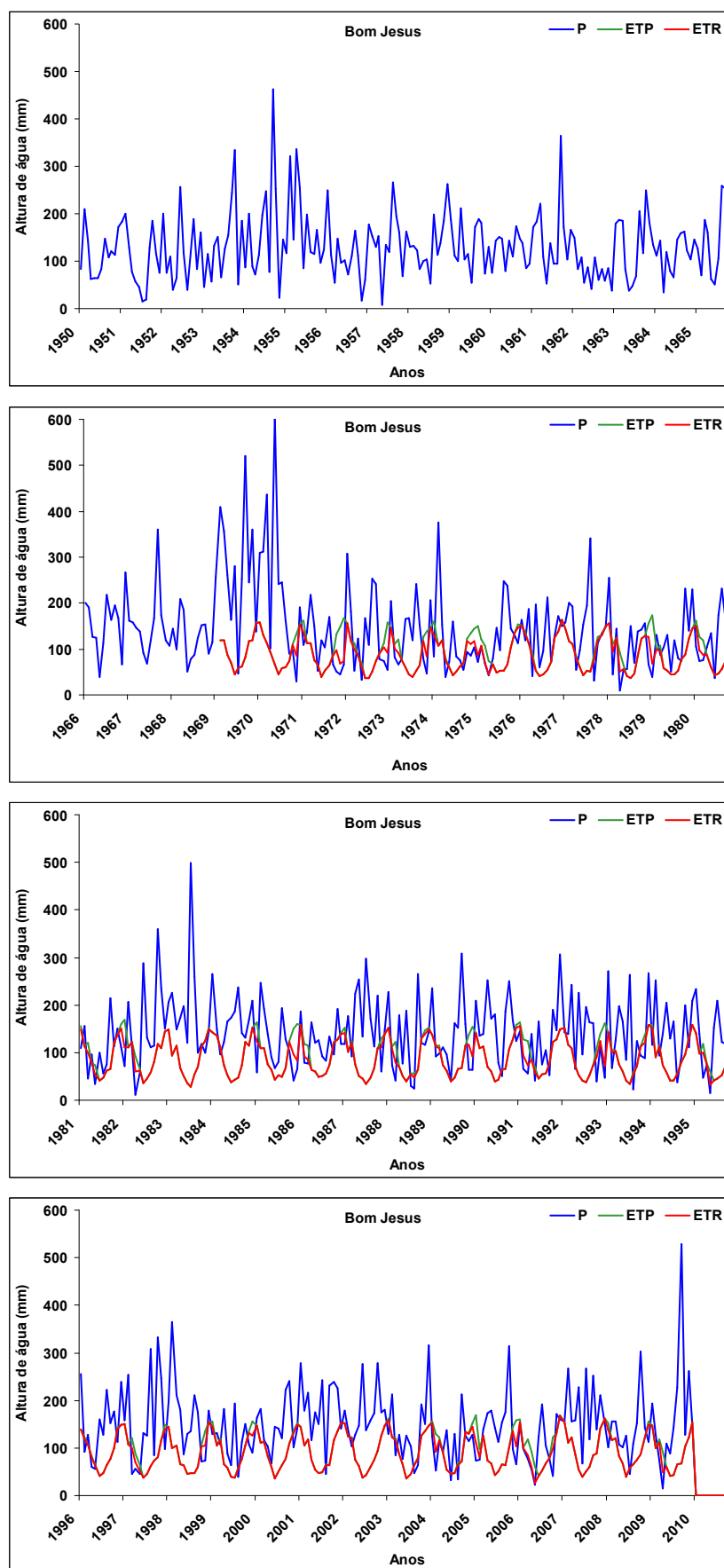
APÊNDICE 167. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul.



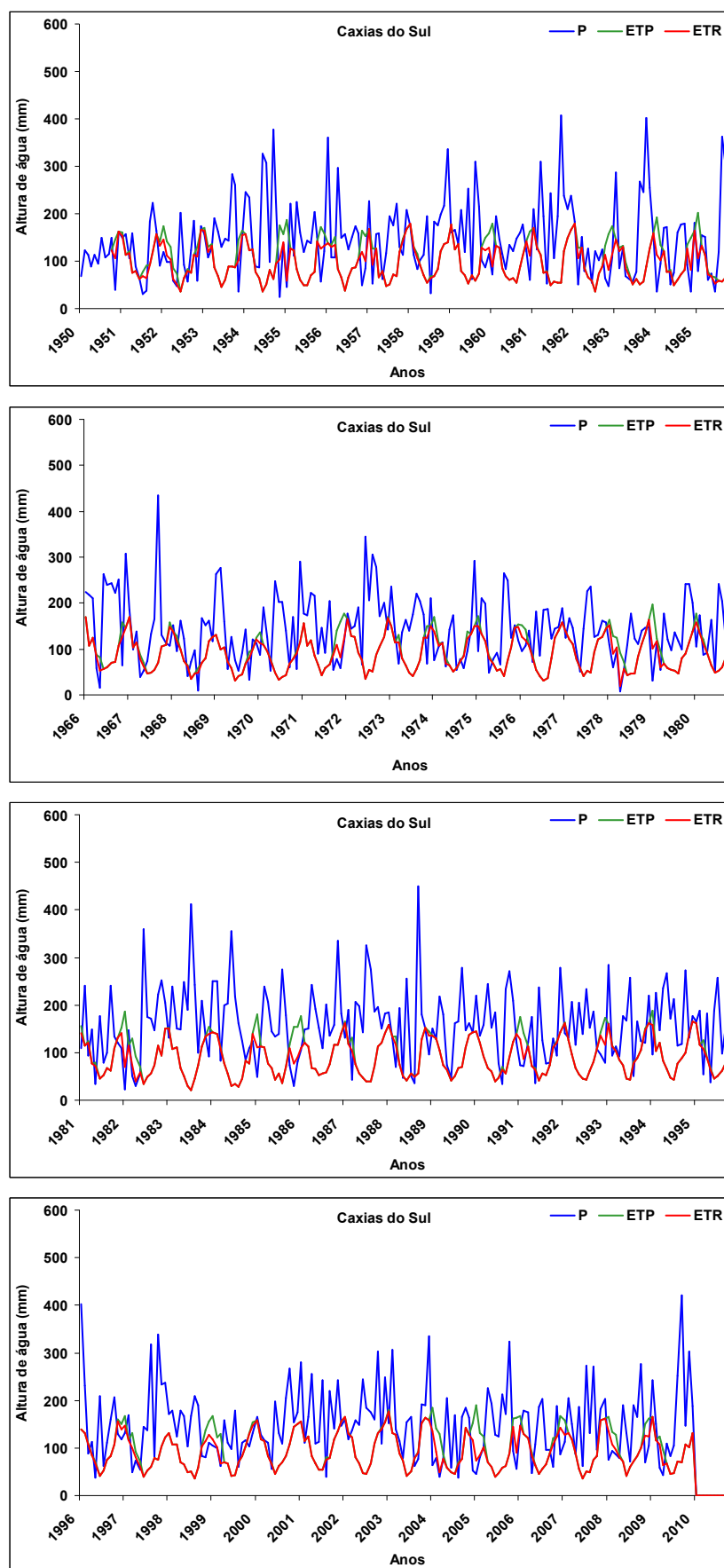
APÊNDICE 168. Tendência linear do índice hídrico anual e estacional. Período 1950-2009. Uruguiana, Rio Grande do Sul.



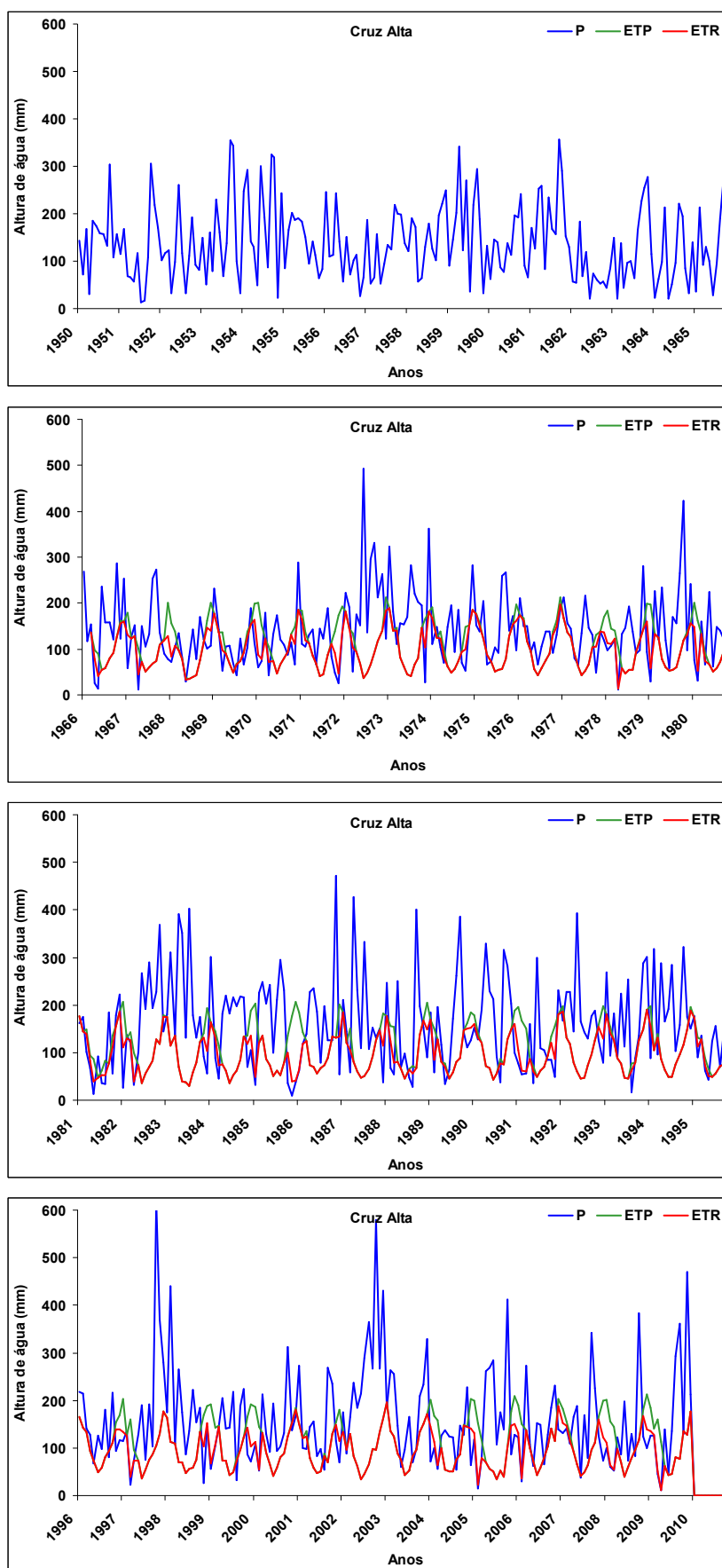
APÊNDICE 169. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1951 a 2009, em Bagé/RS. CAD = 100mm.



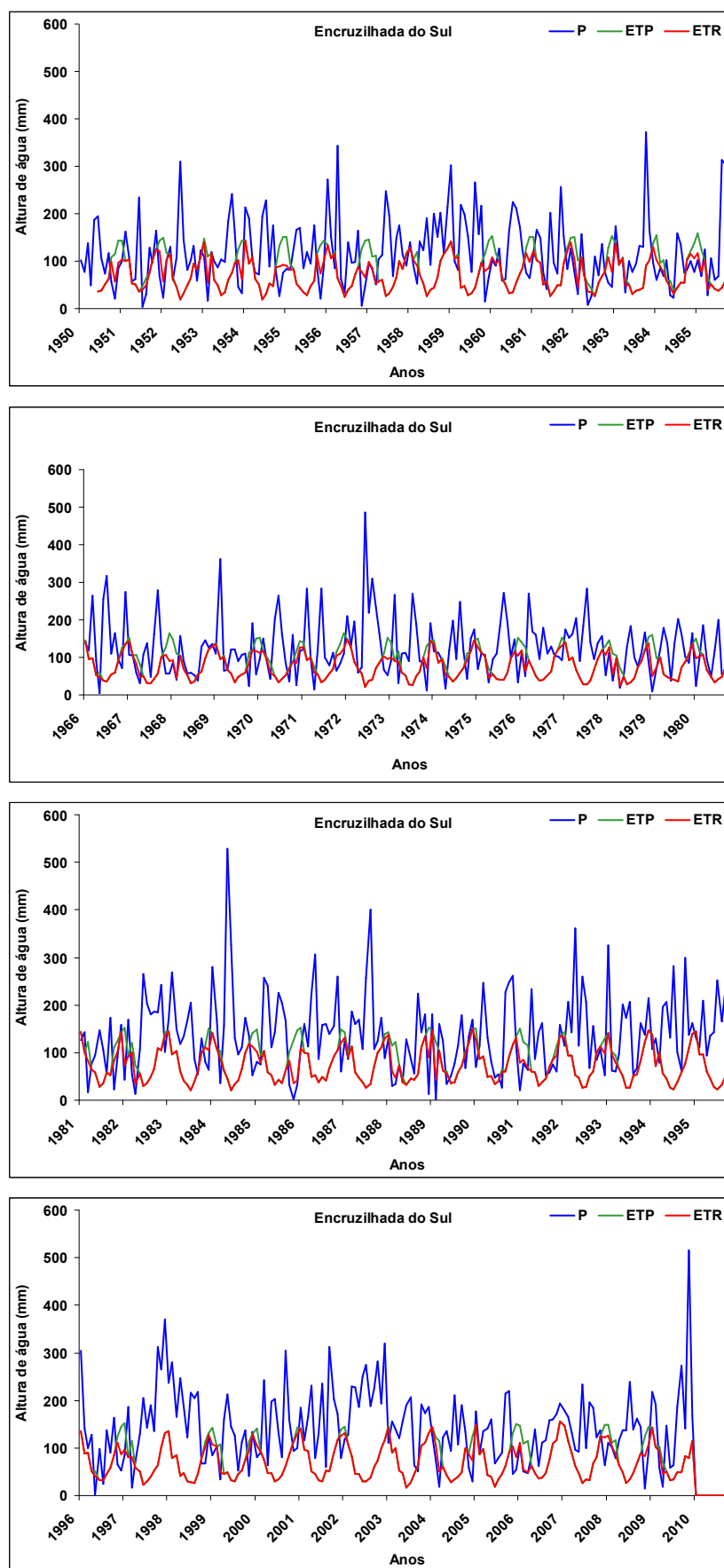
APÊNDICE 170. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1969 a 2009, em Bom Jesus/RS. CAD = 100mm.



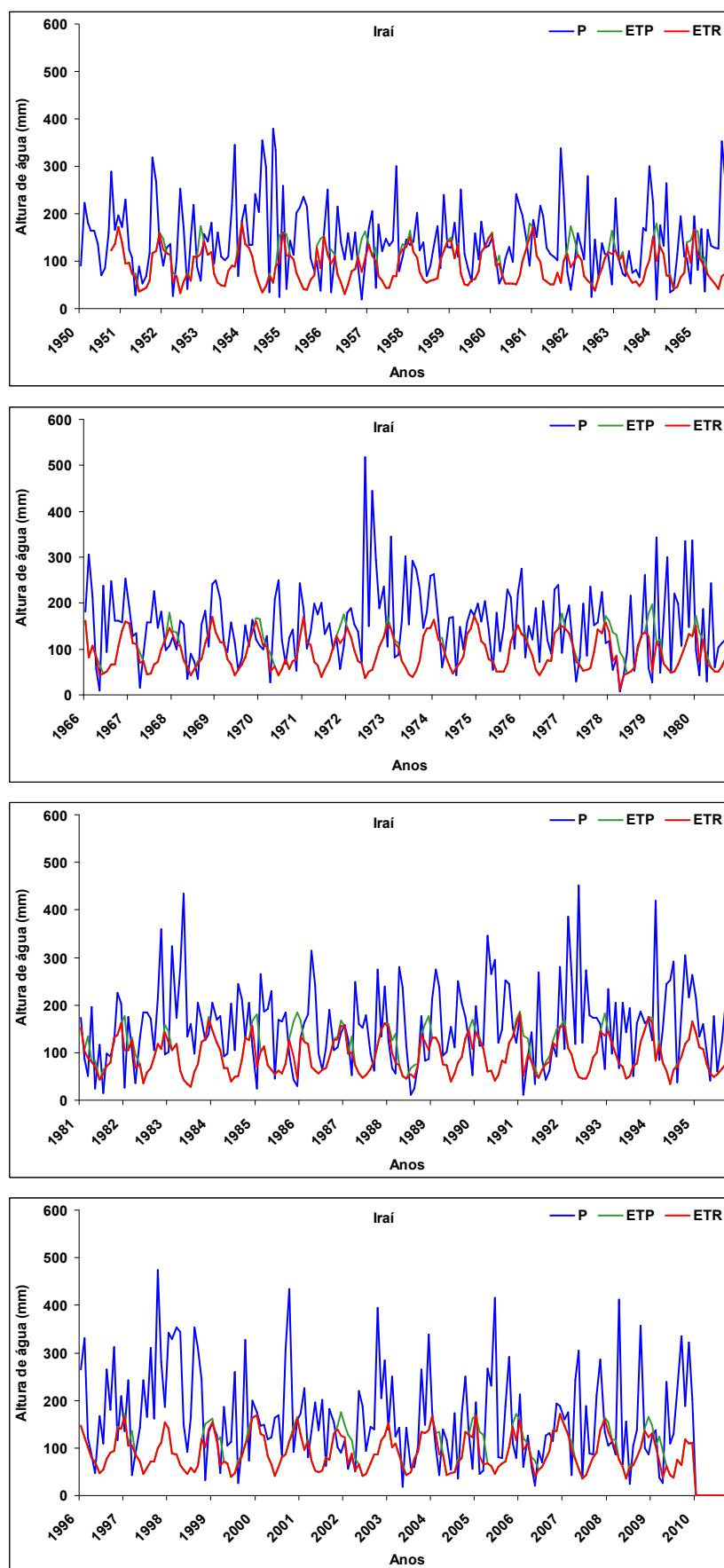
APÊNDICE 171. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Caxias do Sul/RS. CAD = 100mm.



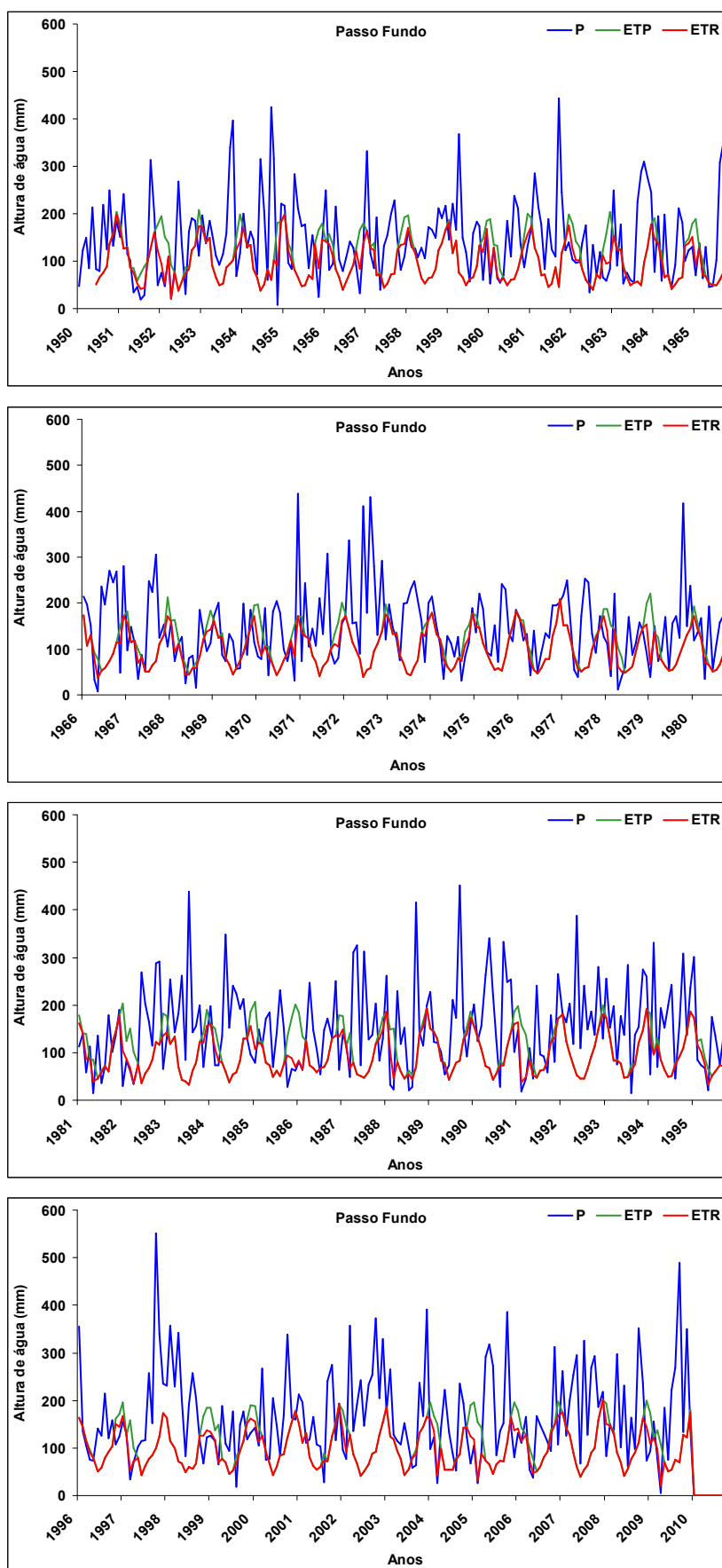
APÊNDICE 172. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1966 a 2009, em Cruz Alta/RS. CAD = 100mm.



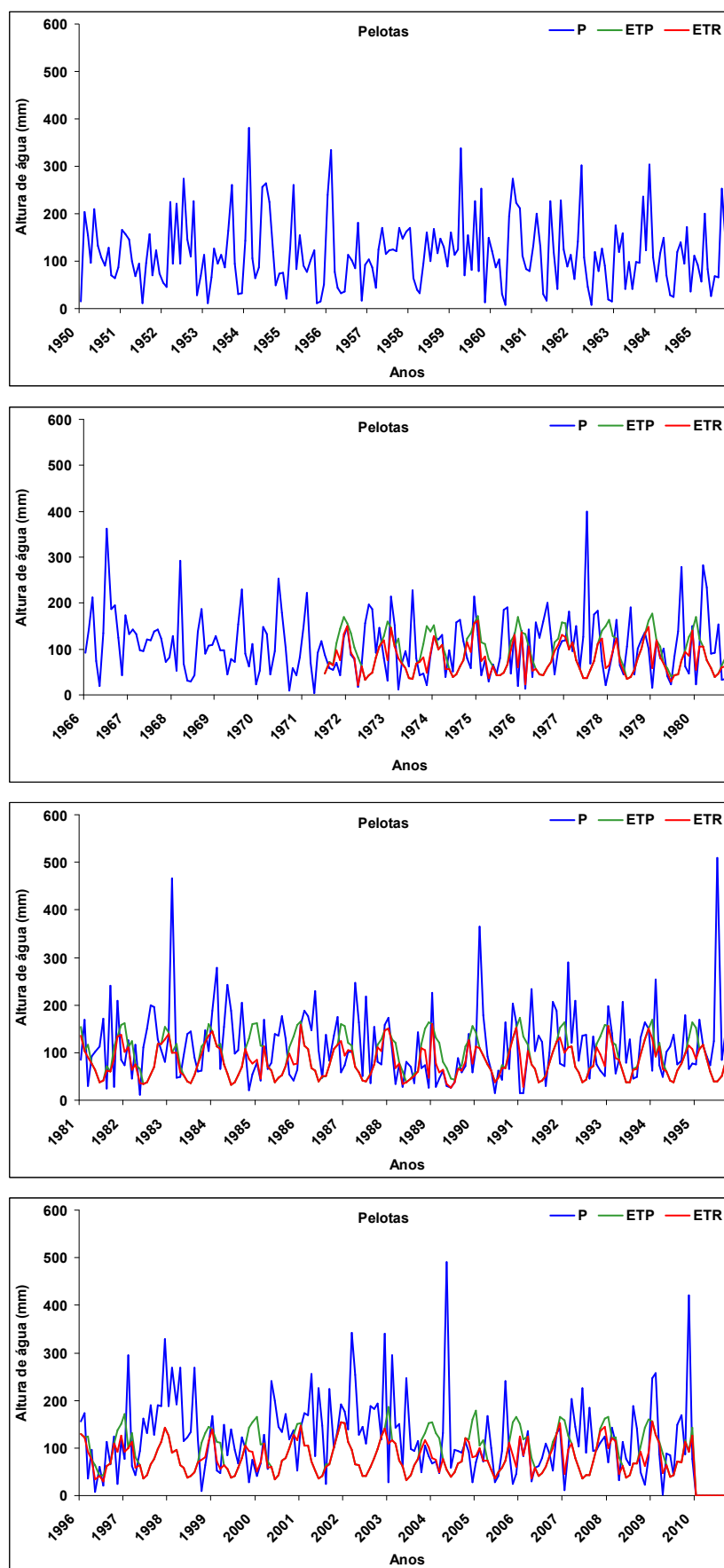
APÊNDICE 173. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950/2009, Encruzilhada do Sul/RS. CAD = 100mm.



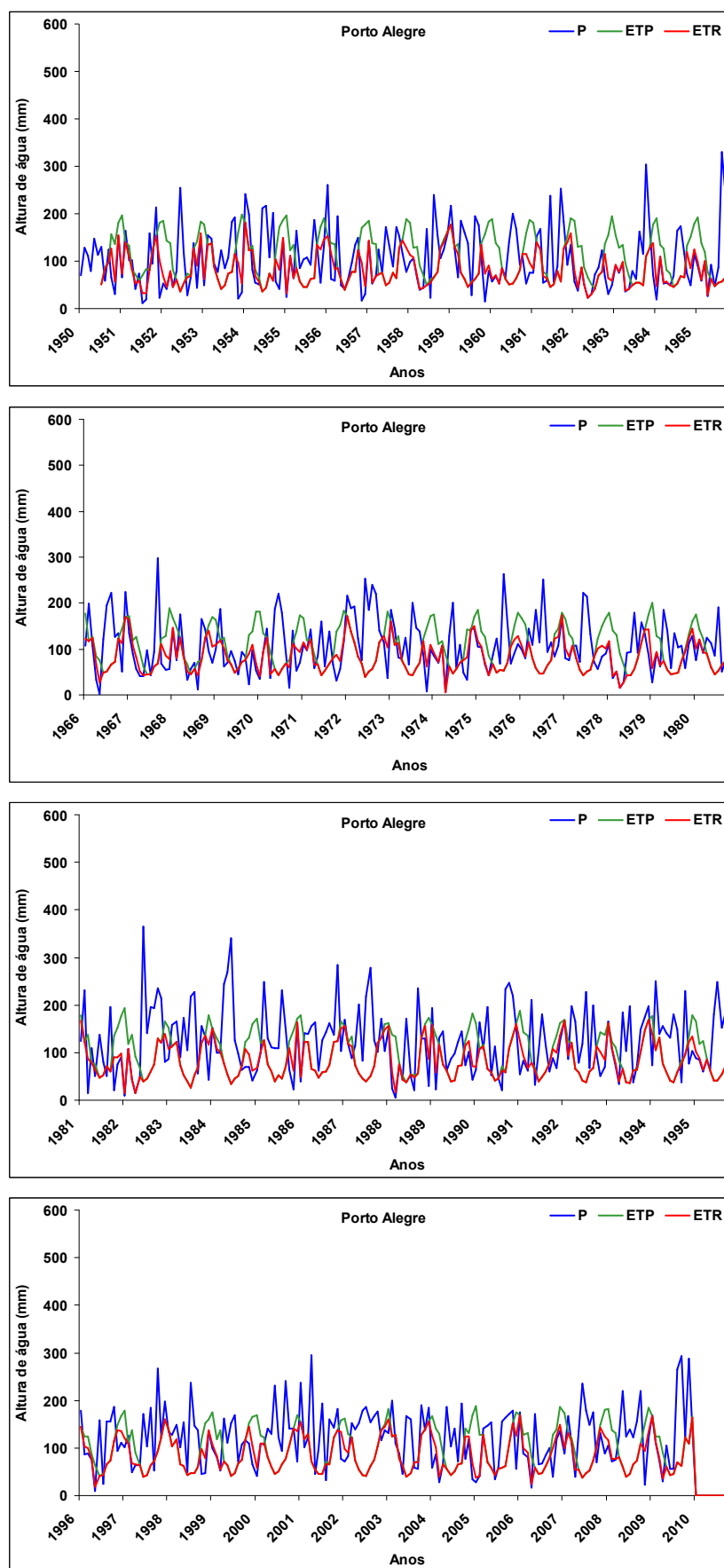
APÊNDICE 174. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Iraí/RS. CAD = 100mm.



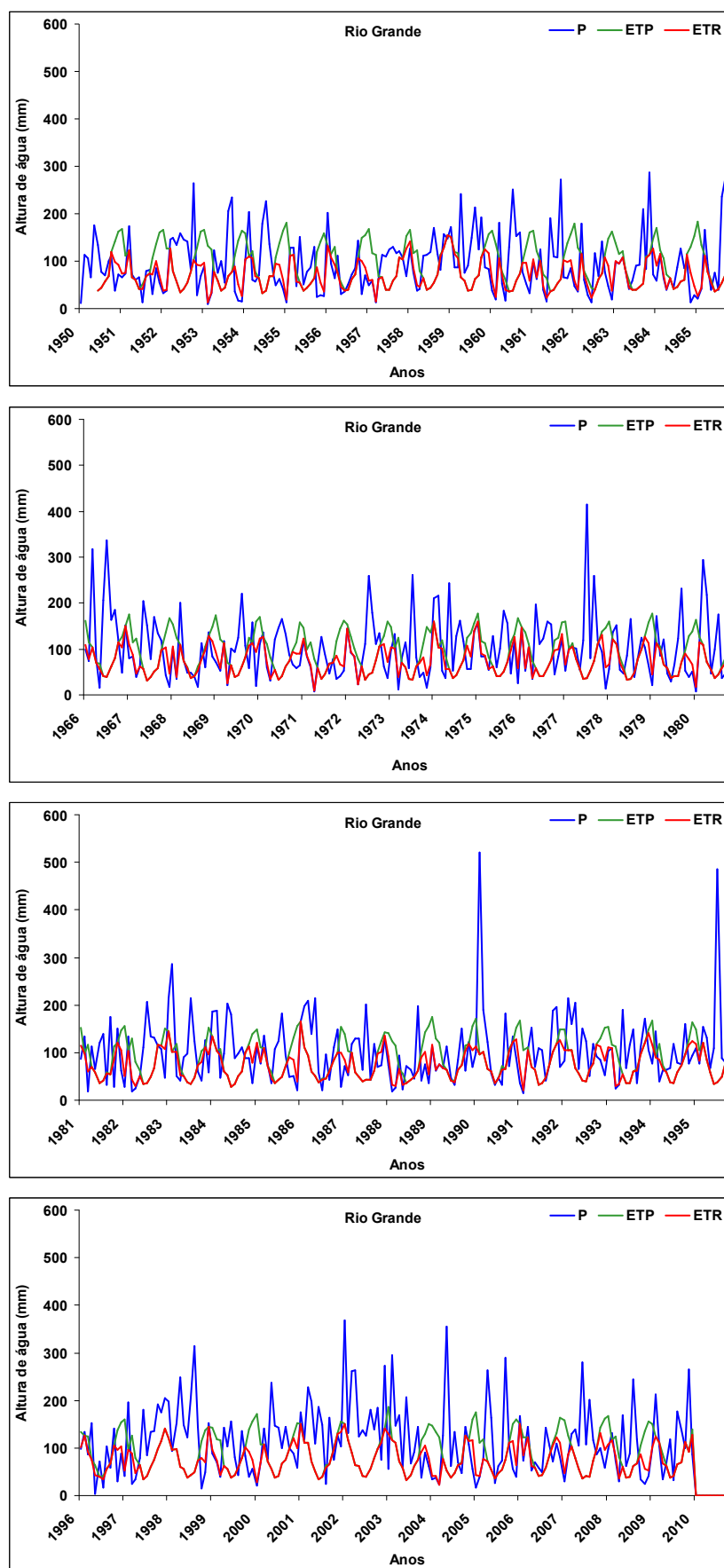
APÊNDICE 175. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Passo Fundo/RS. CAD = 100mm.



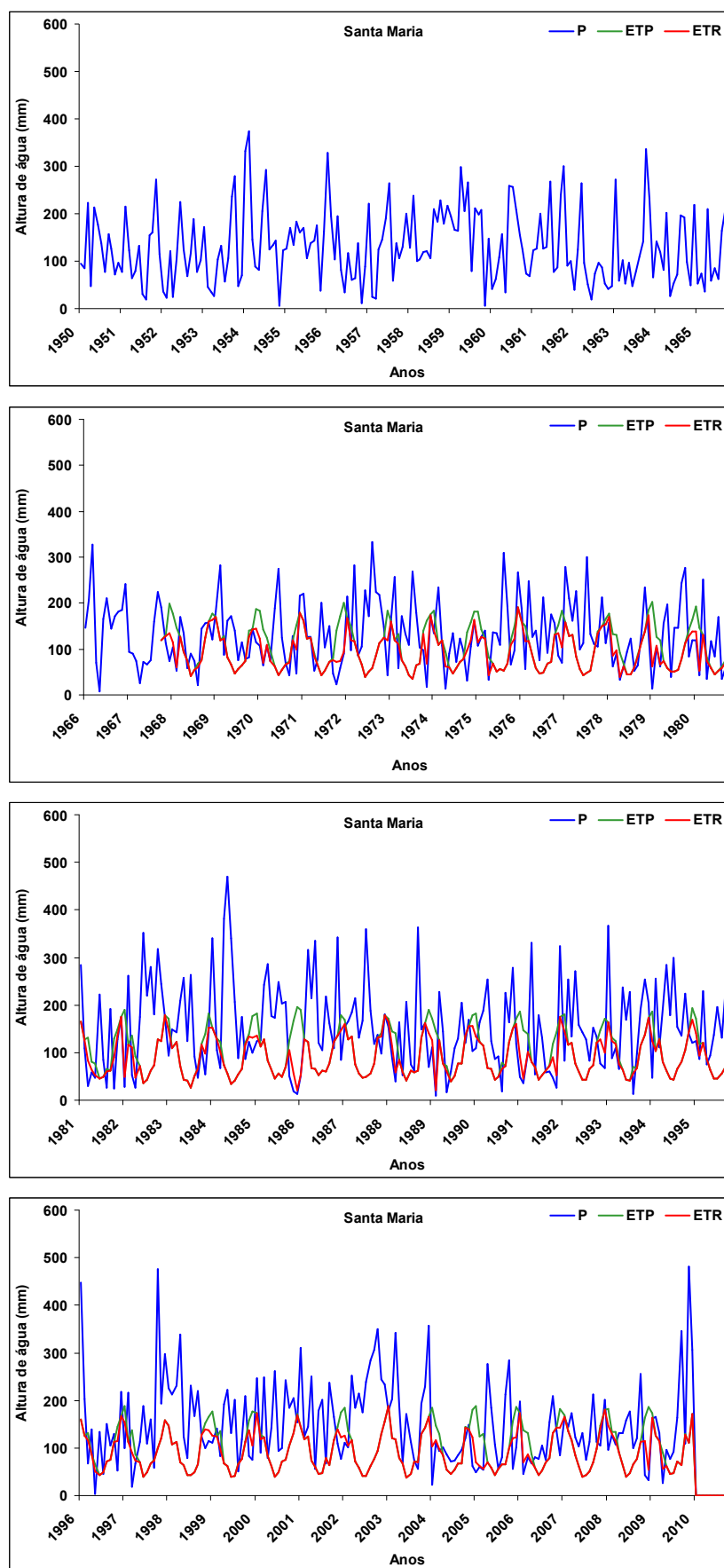
APÊNDICE 176. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1971 a 2009, em Pelotas/RS. CAD = 100mm.



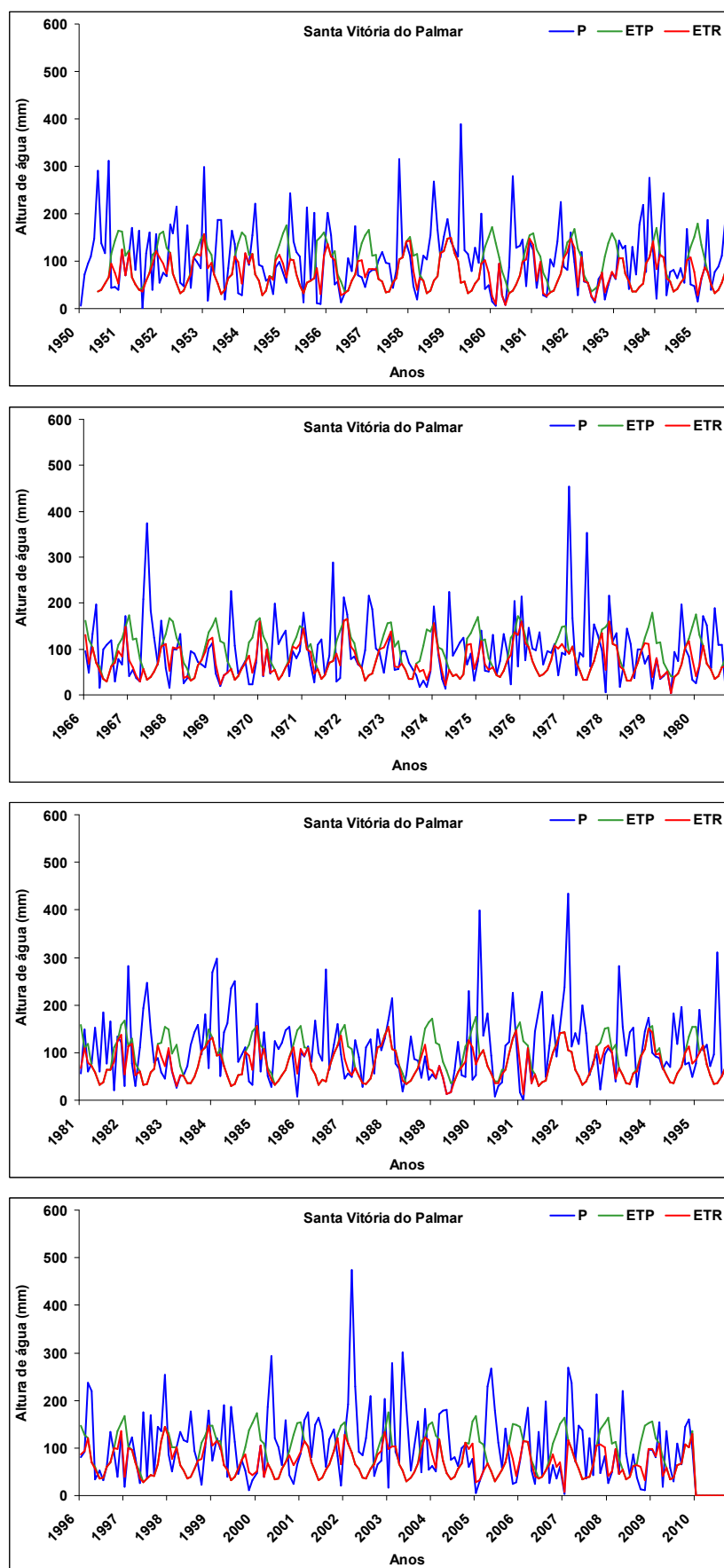
APÊNDICE 177. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Porto Alegre/RS. CAD = 100mm.



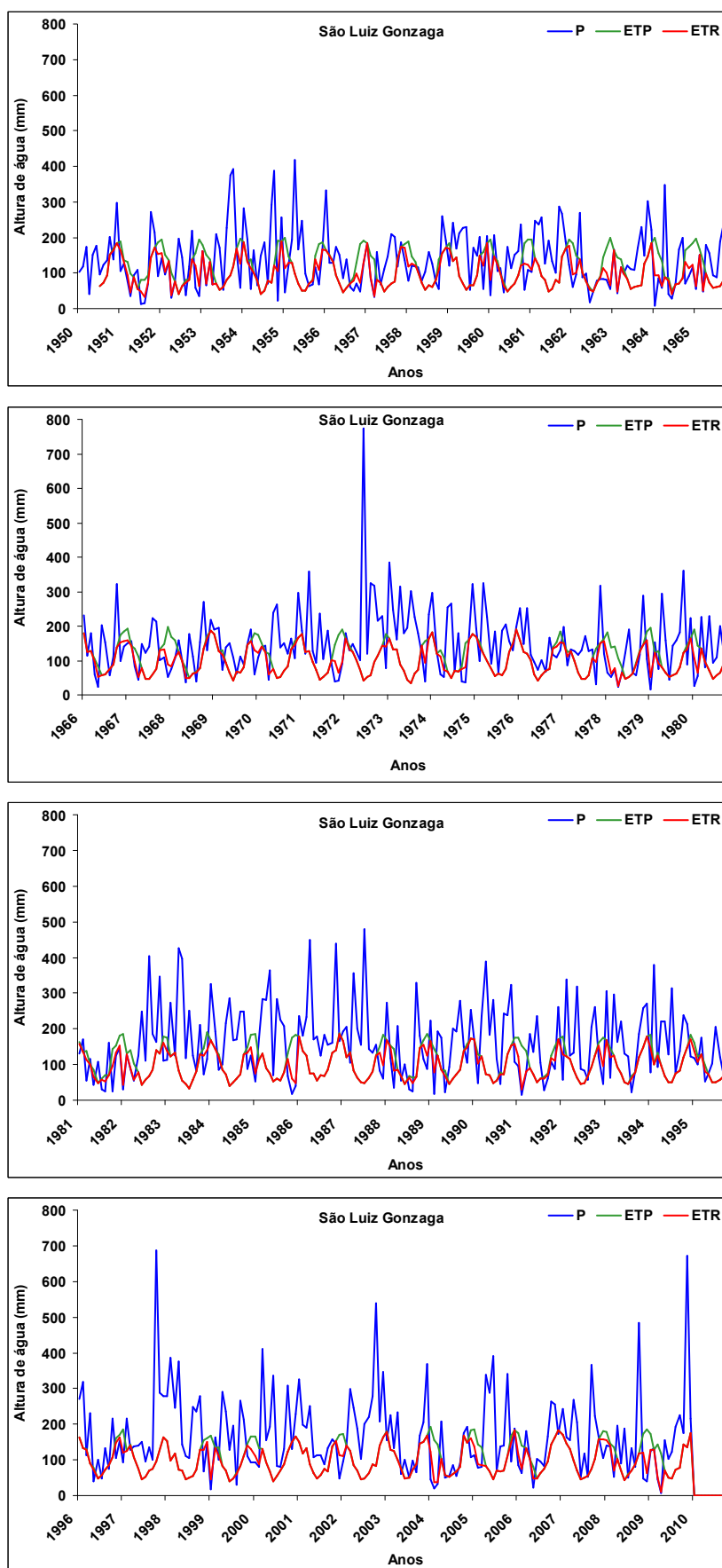
APÊNDICE 178. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, em Rio Grande/RS. CAD = 100mm.



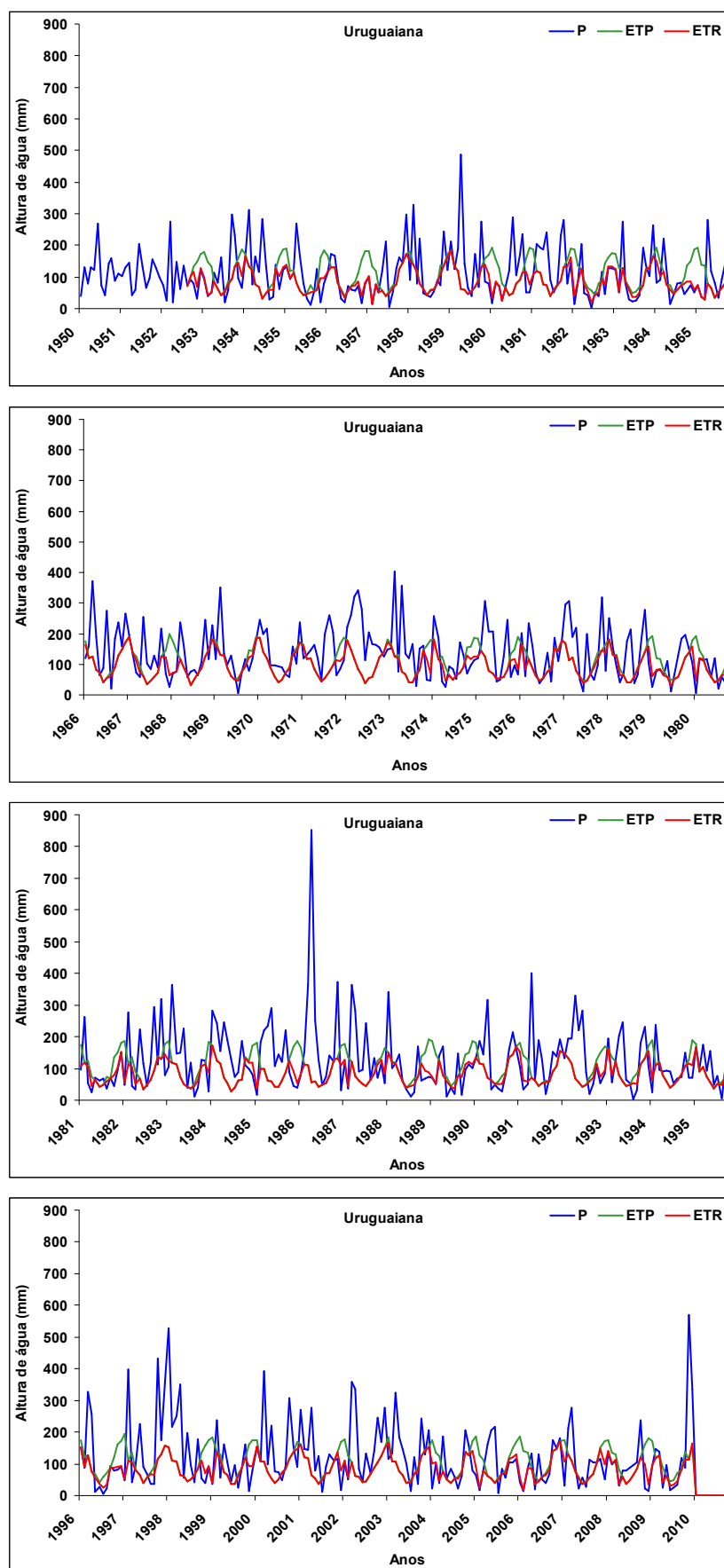
APÊNDICE 179. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1967 a 2009, em Santa Maria/RS. CAD = 100mm.



APÊNDICE 180. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950/2009, Santa Vitória do Palmar/RS. CAD100mm.



APÊNDICE 181. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1950 a 2009, São Luiz Gonzaga/RS. CAD = 100mm.



APÊNDICE 182. Curso mensal seqüencial das variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real, no período de 1952 a 2009, em Urugaiana/RS. CAD = 100mm.