

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO  
E METEOROLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

NEBULOSIDADE DIURNA NO RIO GRANDE DO SUL: CLIMATOLOGIA E  
MONITORAMENTO POR SATÉLITE

Maria de Souza Custódio  
Meteorologista (UFPel)

Dissertação apresentada como um dos  
requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Sensoriamento Remoto  
Área de concentração Agrometeorologia

Porto Alegre, RS, BRASIL  
Agosto de 2007

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por sempre me acompanhar, iluminando meu caminho e me conduzindo em todos os momentos de minha vida.

Ao Prof. Dr. Moacir Berlato, meu orientador, a quem muito admiro pelos ensinamentos, confiança, incentivo, motivação e principalmente por sua amizade, que sei poder contar sempre.

A minha co-orientadora Prof. Dra Denise Fontana por sua alegria, pelo incentivo em todas as horas, sua confiança e motivação.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia pela possibilidade de realização deste curso e a CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao CPTEC/INPE, especialmente aos pesquisadores Marcus Bottino e Juan Ceballos.

Aos colegas e amigos da agrometeorologia e do sensoriamento remoto pela amizade e companheirismo nesta fase de minha vida, especialmente a Loana Cardoso, Eliana Klering e Ricardo Melo, que muito contribuíram para conclusão desta etapa em minha vida se tornando grandes amigos.

Agradeço imensamente a meus pais, Gilmar e Jacira, pessoas que amo muito e a quem devo tudo que hoje sou, que sempre me incentivaram e principalmente me apoiaram em todos os momentos da minha vida com muito amor e carinho. Sou uma pessoa extremamente feliz por ter vocês ao meu lado, sempre me indicando o caminho certo a seguir com seus exemplos de vida e principalmente pelo amor que sempre me deram.

Ao meu irmão Brandon e minha irmã Jennifer pelo carinho, amizade e amor, sempre compreendendo e entendendo a minha ausência.

Aquele que com sua presença, incentivo moral, conselhos, amizade, fidelidade e principalmente otimismo me ajudou a nunca desistir e seguir em frente sempre. Aquele que amo e respeito em todas as suas maneiras de ser e pensar, aquele a quem com muitas diferenças me fez repensar meus conceitos e crescer como ser humano também, meu “VALEU” de coração José Irigon.

As amigas (irmãs) Adrisa e Sharon companheiras de todas as horas e para todas as aventuras, sempre me divertindo e aturando nos momentos mais turbulentos dessa jornada.

A outra grande amiga que durante esta etapa me ajudou muito, incentivou e acreditou em todas as minhas “maluquices”, pessoa que admiro muito e que sei ser uma amiga que fiz para o resto da vida, Amanda Hax.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e sucesso desse trabalho. A todos o meu muito obrigada.

# NEBULOSIDADE DIURNA NO RIO GRANDE DO SUL: CLIMATOLOGIA E MONITORAMENTO POR SATÉLITE<sup>1</sup>

Autor: Maria de Souza Custódio  
Orientador: Dr. Moacir Antonio Berlato  
Co-orientador: Dr.<sup>a</sup> Denise Cybis Fontana

## RESUMO

Neste trabalho foi feita a climatologia decenal e mensal da nebulosidade diurna para o Estado do Rio Grande do Sul, incluindo os impactos do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a tendência temporal dessa variável. Também foi feita uma avaliação e comparação dos tipos de nuvens usando imagens do satélite GOES, de um evento extremo de El Niño e um ano considerado neutro. A nebulosidade diurna foi estimada a partir de dados de insolação de 17 estações meteorológicas distribuídas pelo Estado no período de 1960-2005. A classificação dos tipos de nuvens foi feita em imagens do satélite GOES cedidas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Os resultados mostram que a região oeste-noroeste do Estado apresenta os menores índices de nebulosidades e os maiores ocorrem no leste-nordeste. Os maiores índices de nebulosidade ocorrem durante o inverno e os menores no verão. Em anos de El Niño, no Rio Grande do Sul, o índice de nebulosidade diurna é superior à média dos anos neutros na maior parte do ano; em anos de La Nina a tendência de menor índice é observada somente na metade sul do Estado. O final da primavera e início de verão é o período de maior impacto do ENOS no índice de nebulosidade diurna. Durante o El Niño de 1997/1998, a nebulosidade foi maior que no ano neutro (2001/2002) na primavera (novembro), predominando as nuvens do tipo cumulus, cumulonimbus e multicamadas. A nebulosidade obtida a partir das imagens GOES é coerente com as informações de superfície. Estas imagens podem, portanto, contribuir para os estudos de climatologia da nebulosidade diurna do Rio Grande do Sul, melhorando seu detalhamento espacial e temporal, assim como agregando a informação dos tipos de nuvens.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (132 p.) Agosto, 2007.

# DIURNAL CLOUDINESS IN RIO GRANDE DO SUL STATE: CLIMATOLOGY AND MONITORING BY SATELLITE <sup>2</sup>

Author: Maria de Souza Custódio  
Advisor: Dr. Moacir Antônio Berlato  
Co-advisor: Dr.<sup>a</sup> Denise Cybis Fontana

## ABSTRACT

A decadal and monthly climatology of diurnal cloudiness was performed for Rio Grande do Sul State, and analyzing impacts of El Niño South Oscillation (ENSO) and the temporal tendency of cloudiness distribution. In addition, an evaluation and comparison of cloud types were carried out by using images from GOES satellite, for an extreme event of El Niño and for a neutral year. The diurnal cloudiness was estimated as function of the sunshine duration, whose data set was collected in 17 weather stations widely distributed in the State, from 1960 to 2005. The classification of clouds was done by using images from GOES satellite, provided by Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), Brazil. Results showed that the west-northwest region of the State presents the lowest cloudiness, while the highest values correspond to the east-northeast region. The highest indexes of cloudiness occur during the winter and the lowest means are during the summer season. In Rio Grande do Sul State a higher indexes of cloudiness occur during El Niño events than in neutral period; years with La Niña events tends to have the lowest indexes of cloudiness, but only in the southern half part of the State. The highest impact of ENSO on indexes of cloudiness occurs late in spring and early in summer seasons. During the 1997/1998 El Niño event, the cloudiness was higher than in the neutral 2001/2002 year, in particular during the spring season (November), with prevailing of cumulus, cumulonimbus, and multilayer clouds. The cloudiness obtained from GOES images was coherent to the surface data. Therefore, these images can contribute to diurnal cloudiness climatology studies in Rio Grande do Sul State, improving spatial and temporal detailing, as well as, adding type clouds information.

---

<sup>2</sup> Master of Science dissertation in Remote Sensing, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Post-Graduation Program in Remote Sensing, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (132 p.) August, 2007.

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO .....	1
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Nebulosidade .....	3
2.1.1. Mecanismos de formação de nuvens .....	3
2.1.2. Tipos de nuvens .....	7
2.1.3. Medição na superfície .....	14
2.2. O Fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) .....	15
2.2.1. Descrição .....	15
2.2.2. Efeitos globais do fenômeno ENOS .....	17
2.2.3. Efeitos associados ao fenômeno ENOS sobre elementos do clima do Rio Grande do Sul .....	19
2.3. Detecção de nuvens por satélites .....	24
3- MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1. Caracterização da área de estudo .....	30
3.2. Dados meteorológicos e período de observação .....	30
3.3. Anos de ocorrência de El Niño e La Niña .....	32
3.4. Índice de Nebulosidade Diurna (IND) .....	33
3.5. Climatologia do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) .....	34
3.5.1 Normais climáticas .....	34
3.5.2. Análise de tendência temporal .....	35
3.5.3 Impactos dos ENOS .....	35
3.6. Avaliação dos tipos de nuvens .....	35
3.6.1. Fonte dos dados .....	35
3.6.2. Estatísticas das Imagens .....	36
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4.1. Climatologia do Índice de Nebulosidade Diurna .....	37
4.2. Tendência temporal anual e estacional do IND .....	53
4.3. Climatologia dos impactos do ENOS .....	55
4.4. Eventos extremos do fenômeno ENOS .....	69
4.5. Classificação dos tipos de nuvens .....	73
4.6. Análise estatística das imagens .....	83
5 – CONCLUSÕES .....	98
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99
7 - APÊNDICES .....	103

## RELAÇÃO DE TABELAS

TABELA 1.	Classificação das nuvens.....	9
TABELA 2.	Nuvens altas e suas características.....	11
TABELA 3.	Nuvens médias e suas características.....	11
TABELA 4.	Nuvens baixas e suas características.....	12
TABELA 5.	Nuvens de grande desenvolvimento vertical e suas características.....	12
TABELA 6.	Características dos imageadores do GOES.....	25
TABELA 7.	Número de ordem, centróides (valor médio das classes) e a categoria da cobertura utilizado na classificação dos tipos de nuvens no período diurno das imagens GOES.....	28
TABELA 8.	Estações meteorológicas, coordenadas geográficas, período de observação, número de anos utilizados e fonte dos dados meteorológicos.....	31
TABELA 9.	Ocorrência de El Niño e La Niña no período de 1960 a 2005.....	33
TABELA 10.	Ordem dos decêndios anuais e seus respectivos meses.....	34
TABELA 11.	Médias climatológicas mensal e decendial do Índice de Nebulosidade Diurna (IND), período 1960-2005.....	38
TABELA 12.	Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 1997 as 1309 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.....	87
TABELA 13.	Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 1997 as 1909 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.....	88
TABELA 14.	Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 2001 as 1309 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.....	88
TABELA 15.	Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 2001 as 1909 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.....	89

## RELAÇÃO DE FIGURAS

FIGURA 1.	Formação de nuvens pelo processo orográfico (TPO- temperatura do ponto de orvalho). Fonte: Mendonça & Oliveira (2007).....	5
FIGURA 2.	Formação de nuvens pelo processo de convecção (TPO- temperatura do ponto de orvalho). Fonte: Mendonça & Oliveira (2007). .....	6
FIGURA 3.	Formação de nuvens frontais, frente fria (a) e frente quente (b). Fonte: Mendonça & Oliveira (2007). .....	7
FIGURA 4.	Tipos de nuvens e sua distribuição na troposfera. Fonte: <a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem">http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem</a> . .....	14
FIGURA 5.	Região dos Niños no Oceano Pacífico: Niño 1+2 (0° - 10°S, 90°W - 80°W); Niño 3 (5°N - 5°S; 150°W - 90°W); Niño 4 (5°N - 5°S; 160°E - 150°W); Niño 3.4 (5°N - 5°S; 170°W - 120°W). Assinaladas também as localidades de Taiti e Darwin. Fonte: Berlato & Fontana (2003).....	16
FIGURA 6.	Classificação dos tipos de nuvens sobre a América do Sul. Fonte: <a href="http://sigma.cptec.inpe.br/produto/nuvens/">http://sigma.cptec.inpe.br/produto/nuvens/</a> . Acesso em: 13/08/2007. ....	29
FIGURA 7.	Estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul.....	32
FIGURA 8.	Média climatológica decendial (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) no estado do Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	42
FIGURA 9.	Distribuição (diagrama de caixa) do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha vermelha); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos. ....	43
FIGURA 10.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 1 ao 6, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	45
FIGURA 11.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 7 ao 12, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	46
FIGURA 12.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 13 ao 18, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	47

FIGURA 13.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 19 ao 24, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	48
FIGURA 14.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 25 ao 30, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	49
FIGURA 15.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 31 ao 36, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	50
FIGURA 16.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	51
FIGURA 17.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	52
FIGURA 18.	Tendência linear anual e estacional do índice de nebulosidade diurna (IND) do Rio Grande do Sul, período 1960-2005.....	54
FIGURA 19.	Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) do Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c), em anos de El Niño, La Niña e neutro, período 1960-2005. ....	57
FIGURA 20.	Climatologia decendial do índice de nebulosidade diurna (IND) do Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c), em anos de El Niño, La Niña e neutro, período 1960-2005. ....	60
FIGURA 21.	Distribuição mensal do índice de nebulosidade diurna (diagrama de caixa) no Rio Grande do Sul em eventos El Niño, La Niña e neutro, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha cinza); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.....	62
FIGURA 22.	Distribuição do índice de nebulosidade diurna (diagrama de caixa) no Rio Grande do Sul nos decêndios de maior impacto do ENOS, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha cinza); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.....	63
FIGURA 23.	Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos El Niño, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100. ....	65
FIGURA 24.	Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos El Niño, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100. ....	66
FIGURA 25.	Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos La Niña, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100. ....	67
FIGURA 26.	Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro, no Estado do Rio Grande do Sul	

	em anos de eventos La Niña, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100. ....	68
FIGURA 27.	Distribuição decendial do índice de nebulosidade diurna (IND) durante o El Niño 1997-1998 e anos neutros no Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c).....	70
FIGURA 28.	Distribuição decendial do índice de nebulosidade diurna (IND) durante a La Niña 1995/1996 e anos neutros no Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c).....	72
FIGURA 29.	Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 1, B) 3, C) 6 e D) 7.....	73
FIGURA 30.	Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 8, B) 9, C) 10, D) 11, E) 12, F) 13, G) 14, H) 15, I) 16 e J) 17.....	74
FIGURA 31.	Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 18, B) 19, C) 20, D) 21, E) 25, F) 26, G) 27, H) 28, I) 29 e J) 30.....	75
FIGURA 32.	Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 1, B) 3, C) 5, D) 7, E) 8, F) 11, G) 12, H) 13, I) 14 e J) 15.....	76
FIGURA 33.	Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 16, B) 17, C) 18, D) 20, E) 21, F) 24, G) 25, H) 26, I) 27 e J) 29.....	77
FIGURA 34.	Imagem GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG no dia 30.....	78
FIGURA 35.	Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 1, B) 5, C) 6, D) 7, E) 8 e F) 9.....	78
FIGURA 36.	Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 T,G nos dias A) 10, B) 12, C) 13, D) 14, E) 15, F) 16, G) 17, H) 19, I) 20 e J) 24.....	79
FIGURA 37.	Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 13:09Z nos dias A) 25, B) 26, C) 27, D) 28 e E) 30.....	80
FIGURA 38.	Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 1 e B) 2.....	80
FIGURA 39.	Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 5, B) 6, C) 7, D) 8, E) 9, F) 11, G) 12, H) 13, I) 14 e J) 15.....	81
FIGURA 40.	Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias: A) 17, B) 18, C) 19, D) 20, E) 21, F) 22, G) 23, H) 25 e I) 28.....	82
FIGURA 41.	Frequência de ocorrência (%) dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às	

	1309 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumuloninbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St-stratus e St/Cu- stratus com cumulus.....	83
FIGURA 42.	Frequência de ocorrência (%) dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 à 1309 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumuloninbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St-stratus e St/Cu- stratus com cumulus.....	84
FIGURA 43.	Frequência de ocorrência (%) decendial dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às 1309 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumuloninbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St- stratus e St/Cu- stratus com cumulus.....	85
FIGURA 44.	Frequência de ocorrência (%) decendial dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às 1909 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumuloninbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St- stratus e St/Cu- stratus com cumulus.....	86
FIGURA 45.	Distribuição espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997) e um ano neutro (2001), para o mês de novembro. ....	91
FIGURA 46.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997) e um ano neutro (2001), para o mês de novembro. ....	92
FIGURA 47.	Distribuição espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997), para os decêndios de novembro. ....	93
FIGURA 48.	Distribuição espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul em um ano neutro (2001), para os decêndios de novembro. ....	94
FIGURA 49.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997) para os decêndios de novembro.....	95
FIGURA 50.	Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul em um ano neutro (2001) para os decêndios de novembro. ....	96

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

APÊNDICE 1. Imagens disponíveis em novembro de 1997 e seus horários (TMG).....	104
APÊNDICE 2. Imagens disponíveis em novembro de 2001 e seus horários (TMG).....	105
APÊNDICE 3. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Alegrete, RS , período 1960-2000.....	106
APÊNDICE 4. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Bagé, RS, período 1960-2005. ....	107
APÊNDICE 5. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Bom Jesus, RS, período 1969-2000.....	108
APÊNDICE 6. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Caxias do Sul, RS, período 1960-2005. ....	109
APÊNDICE 7. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Cruz Alta, RS, período 1966-2000.....	110
APÊNDICE 8. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Encruzilhada do Sul, RS, período 1960-2005. ....	111
APÊNDICE 9. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Iraí, RS, período 1960-2000.....	112
APÊNDICE 10. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Júlio de Castilhos, RS, período 1960-2004. ....	113
APÊNDICE 11. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Passo Fundo, RS, período 1960-2000.....	114
APÊNDICE 12. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Porto Alegre, RS, período 1960-2005.....	115

APÊNDICE 13. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Rio Grande, RS, período 1960-2005.....	116
APÊNDICE 14. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Santa Rosa, RS, período 1975-2005.....	117
APÊNDICE 15. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em São Luiz Gonzaga, RS, período 1970-2005.....	118
APÊNDICE 16. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Santa Maria, RS, período 1961-2005.....	119
APÊNDICE 17. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Santa Vitória do Palmar, RS, período 1961-2005.....	120
APÊNDICE 18. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em São Borja, RS, período 1960-2000.....	121
APÊNDICE 19. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Uruguaiana, RS, período 1961-2005.....	122
APÊNDICE 20. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Alegrete (a) (1960-2000), Bagé (b) (1960-2005), Bom Jesus (c) (1969-2000), Caxias do Sul (d) (1960-2005), Cruz Alta (e) (1966-2000) e Encruzilhada do Sul (f) (1960-2005), Rio Grande do Sul. ....	123
APÊNDICE 21. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Iraí (a) (1960-2000), Júlio de Castilhos (b) (1960-2004), Passo Fundo (c) (1960-2000), Porto Alegre (d) (1960-2005), Rio Grande (e) (1960-2005) e Santa Rosa (f) (1975-2005), Rio Grande do Sul.....	124
APÊNDICE 22. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em São Borja (a) (1960-2000), São Luiz Gonzaga (b) (1970-2005), Santa Maria (c) (1961-2005), Santa Vitória do Palmar (d) (1961-2005) e Uruguaiana (e) (1961-2005), Rio Grande do Sul. ....	125
APÊNDICE 23. Climatologia decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Alegrete (a) (1960-2000), Bagé (b) (1960-2005), Bom Jesus (c) (1969-2000), Caxias do Sul (d) (1960-2005), Cruz Alta (e) (1966-2000) e Encruzilhada do Sul (f) (1960-2005), Rio Grande do Sul. ....	126
APÊNDICE 24. Climatologia decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Iraí (a) (1960-2000), Júlio de Castilhos (b) (1960-2004), Passo Fundo (c) (1960-2000),	

	Porto Alegre (d) (1960-2005), Rio Grande (e) (1960-2005) e Santa Rosa (f) (1975-2005), Rio Grande do Sul.....	127
APÊNDICE 25.	Climatologia decedial do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Iraí (a) (1960-2000), Júlio de Castilhos (b) (1960-2004), Passo Fundo (c) (1960-2000), Porto Alegre (d) (1960-2005), Rio Grande (e) (1960-2005) e Santa Rosa (f) (1975-2005), Rio Grande do Sul.....	128
APÊNDICE 26.	Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 1997, nas imagens das 1309 TMG, Rio Grande do Sul.....	129
APÊNDICE 27.	Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 1997, nas imagens das 1909 TMG, Rio Grande do Sul.....	130
APÊNDICE 28.	Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 2001, nas imagens das 1309 TMG, Rio Grande do Sul.....	131
APÊNDICE 29.	Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 2001, nas imagens das 1909 TMG, Rio Grande do Sul.....	132

## 1- INTRODUÇÃO

A climatologia dos elementos meteorológicos, ou seja, o cálculo de médias de longo prazo, variabilidade, extremos e frequência ou probabilidade de ocorrência, tem grande importância e aplicabilidade em diversas atividades da sociedade. Na agricultura, servem para zoneamentos climáticos e agroclimáticos, bem como para a definição do calendário agrícola (especialmente épocas de semeadura) das culturas.

A nebulosidade que pode ser vista como a cobertura de nuvens em um determinado local, atua como uma barreira para a radiação solar que chega na atmosfera e ainda para perda da radiação terrestre ao espaço, influenciando, portanto, no balanço de radiação na superfície. Além disso, a nebulosidade está diretamente relacionada com a variação térmica de um determinado local e seu regime pluviométrico, atuando de uma maneira significativa na diminuição das amplitudes térmicas diárias.

O Rio Grande do Sul é um Estado que tem sua economia baseada fundamentalmente na agricultura e na pecuária sendo, portanto, importante o conhecimento de todos os aspectos que possam influenciar estas atividades. A produção de grãos é a mais afetada pelos fenômenos meteorológicos adversos, incluindo fenômenos climáticos de grande escala como o El Niño Oscilação Sul (ENOS), pois estes afetam diretamente o comportamento das variáveis meteorológicas. No Estado a precipitação pluvial é um dos elementos que tem sua variabilidade temporal e espacial diretamente afetada pelo ENOS. Estudos mostram que a variabilidade climática é a principal causa da variabilidade dos rendimentos e da produção agrícola no Estado, principalmente as culturas de primavera-verão (Bergamaschi, 1989; Berlato, 1992; Fontana & Berlato, 1996; Berlato & Fontana, 1999; Carmona, 2001; Baptista & Berlato, 2004).

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno climático que provoca alterações no padrão de circulação atmosférica de várias regiões da Terra, ocasionando

assim impactos no clima de diferentes regiões do Globo. A existência deste fenômeno no Oceano Pacífico já é conhecida há muitos anos, mas seus impactos, como secas e enchentes, foram e estão sendo estudados mais recentemente. No Brasil o ENOS causa maiores impactos, especialmente na precipitação pluvial e temperatura, nas regiões Sul, Norte e Nordeste. Na região Sul a relação encontrada é do tipo quente-úmido/frio-seco (Oliveira, 1999, Berlato & Fontana, 2003).

Os estudos realizados até agora sobre os impactos do ENOS nas variáveis meteorológicas para todo o Estado do Rio Grande do Sul são referentes ao comportamento da temperatura, da precipitação pluvial, evapotranspiração e do déficit hídrico. Não existem suficientes trabalhos que mostrem os impactos do ENOS na insolação e conseqüentemente na nebulosidade do Estado. Também, recentes trabalhos têm mostrado a existência de tendências (mudanças) tanto na precipitação pluvial como na temperatura no Rio Grande do Sul (Fontana & Almeida, 2002, Martins & Berlato, 2005; Berlato et al., 2007). Então é também oportuno explorar a tendência temporal da nebulosidade no Estado.

O presente trabalho teve como objetivo geral estudar a climatologia da nebulosidade diurna decendial e mensal, os impactos associados ao ENOS, a tendência temporal e avaliar através de um estudo de caso os tipos de nuvens que ocorrem em um evento extremo da fase quente do ENOS (El Niño) e um ano considerado neutro.

Os objetivos específicos são:

- Calcular as normais, mensal e decendial, do índice de nebulosidade diurna;
- Avaliar a distribuição temporal e espacial do índice de nebulosidade diurna;
- Avaliar a tendência linear do índice de nebulosidade diurna de todo o Estado para o ano e as quatro estações do ano;
- Avaliar a climatologia e distribuição espacial e temporal do índice de nebulosidade diurna em anos de El Niño, La Niña e neutro;
- Avaliar frequência ou probabilidade empírica do índice de nebulosidade diurna em caso de El Niño, La Niña e neutro;
- Avaliar os impactos do El Niño (1997/1998) e da La Niña (1995/1996) no índice de nebulosidade diurna;
- Avaliar os tipos de nuvens diurnas que ocorrem num evento forte de El Niño (1997/1998) e um ano neutro (2001/2002).

## **2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Nebulosidade**

#### **2.1.1. Mecanismos de formação de nuvens**

As nuvens, segundo o International Clouds Atlas (1956), por definição, são um conjunto de partículas minúsculas de água líquida ou gelo, ou de ambas ao mesmo tempo, em suspensão na atmosfera. Este conjunto pode conter partículas de água líquida ou de gelo em maiores dimensões, e partículas procedentes, por exemplo, de atividades industriais, de fumaça ou de poeira.

Conforme Mendonça & Oliveira (2007) as nuvens resultam dos movimentos ascensionais do ar úmido, que permitem que ele, resfriando-se adiabaticamente, alcance seu ponto de saturação, atinja a temperatura do ponto de orvalho, iniciando-se assim, a condensação do conteúdo de vapor existente no ar.

O resfriamento por expansão adiabática de uma massa de ar ocorre com sua elevação na atmosfera, pois conforme o ar ascende, devido à diminuição da pressão atmosférica com a altura, esta massa de ar se expande o que diminui o contato das moléculas no seu interior (choque entre moléculas), e, conseqüentemente, a temperatura da massa de ar também diminui. Esta alteração na temperatura (decréscimo) ocorre à custa da diminuição energia interna da massa, que é utilizada para sua expansão, mas sem que haja perda de calor para o meio circundante, por isso é dito que a massa de ar passou por um resfriamento adiabático ao ascender.

Conforme a massa de ar ascende e tem sua temperatura diminuindo adiabaticamente, sua umidade vai aumentando; quando esta massa atinge a temperatura do ponto de orvalho ocorre a condensação (passagem do estado gasoso para o líquido) do vapor d'água e a formação das nuvens. Uma massa de ar pode também atingir a

saturação quando nela é adicionado mais vapor d'água, a uma temperatura constante, sendo que neste caso sua temperatura do ponto de orvalho passa a ser maior (aumenta) do que no caso anterior.

Ao atingir a temperatura do ponto de orvalho é iniciada a condensação do vapor d'água, o que ocorre em torno de partículas em suspensão na atmosfera conhecidas como núcleos de condensação, a partir das quais, o vapor continua a se condensar em torno da partícula inicial. Estas partículas são substâncias higroscópicas (tem a propriedade de absorver água), como exemplo temos o cloreto de sódio (NaCl) proveniente principalmente do mar, partículas de solo (argilas) ou produtos de combustão que contem ácido nítrico ou ácido sulfúrico. Segundo Vianello & Alves (2000) a ausência desses núcleos na atmosfera pode ocasionar a não formação de gotículas, pois neste caso seria necessária uma supersaturação da atmosférica de aproximadamente 5%, o que equivale a uma umidade relativa do ar de no mínimo 105%. É importante destacar que esta situação não acontece na atmosfera, que nunca está livre dos núcleos de condensação que dão origem a gotícula inicial, portanto, a umidade relativa do ar observada não ultrapassa 100%.

A nuvem nada mais é do que uma coleção de gotículas de água condensadas com diâmetros variando entre 10 a 100 micrômetros, ou cristais de gelo que são um pouco maiores que as gotículas de água, mas ambos são pequenos o bastante para permanecerem suspensos na atmosfera; sua proporção de água e gelo vai depender de que tipo é esta nuvem. De acordo com Vianello & Alves (2000) quando no processo de formação da precipitação aparece água apenas na fase líquida a chuva é denominada “chuva quente”, mas se cristais de gelo estão envolvidos no processo de formação da precipitação, a chuva é denominada “chuva fria” independente da temperatura que esta chega ao solo.

Uma vez formada, a nuvem poderá evoluir, crescendo cada vez mais, ou se dissipar. A dissipação da nuvem resulta da evaporação das gotículas d'água que a compõem, motivada por um aumento de temperatura decorrente da mistura do ar com outra massa de ar mais aquecida, pelo aquecimento adiabático ou, ainda, pela mistura com uma massa de ar seco.

Os movimentos ascensionais do ar que iniciam os processos de formação das nuvens podem ser devido à influência do relevo (processos orográficos), ascensão do ar por convecção ou ainda por sistemas frontais, o que define as chamadas nuvens orográficas, nuvens convectivas e nuvens frontais, respectivamente.

As nuvens de origem orográficas são resultantes do levantamento do ar pela presença de um obstáculo topográfico (Figura 1), como, por exemplo, uma montanha ou morro. O ar que se desloca horizontalmente, ao atingir um obstáculo orográfico é forçado a subir a barlavento (lado voltado para o vento) da encosta, a medida que a massa de ar vai se elevando sua temperatura diminui (resfriamento adiabático) e sua umidade relativa vai aumentando até atingir a saturação e dar início ao processo de formação de nuvens.

Com a massa de ar continuando a ascender a barlavento da encosta, ela vai perdendo umidade devido à condensação e recebendo calor latente, logo ao chegar a sotavento (lado protegido do vento) a massa estará mais seca não ocorrendo a formação de nuvens, pois além de estar mais seca esta massa de ar vai aquecer-se adiabaticamente conforme for descendo a encosta.

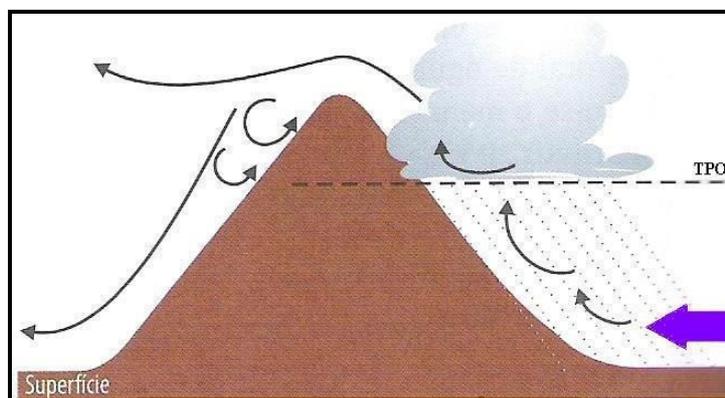


FIGURA 1. Formação de nuvens pelo processo orográfico (TPO- temperatura do ponto de orvalho). Fonte: Mendonça & Oliveira (2007).

Para as nuvens originadas de processos convectivos, representado na Figura 2, o movimento ascendente da massa de ar é desencadeado pelo balanço de radiação. Muitas áreas da superfície da Terra absorvem mais raios solares e conseqüentemente se aquecem mais, logo as massas de ar que entram em contato com estas superfícies tornam-se mais quentes do que o ar nos seus arredores. Este aquecimento inicia o processo convectivo, pois esta massa de ar aquecida que tem uma densidade menor do que o ar ao seu redor tende a ascender na atmosfera, com isso esta se expande devido ao resfriamento adiabático, até atingir a temperatura do ponto de orvalho e condensar formando a nuvem. A quantidade de energia utilizada para aquecer o ar por convecção vai determinar sua intensidade de ascensão e dependendo das condições atmosféricas define a altura até onde as nuvens irão se desenvolver.

O ar que está ao redor da nuvem sofre subsidência, causada pela evaporação que ocorre nas suas extremidades que faz sua temperatura diminuir, passando assim a substituir o ar quente que anteriormente estava em contato com a superfície. Normalmente, existe uma área grande de céu claro ao redor das nuvens cumulus pequenas porque o ar subsidente inibe a formação de nuvens.

A estabilidade do ar é muito importante para determinar o crescimento vertical das nuvens cumulus. Se uma camada estável existe próximo ao topo da nuvem, a nuvem tem dificuldade a ascender mais e permanece como uma nuvem cumulus de tempo bom. Contudo, se existe uma funda camada instável ou condicionalmente instável acima da nuvem, então a nuvem pode se desenvolver verticalmente numa cumulus congestus elevado. Este tipo de nuvem pode crescer e formar uma cumulonimbus quando o ar instável se estende por uma camada de alguns quilômetros.

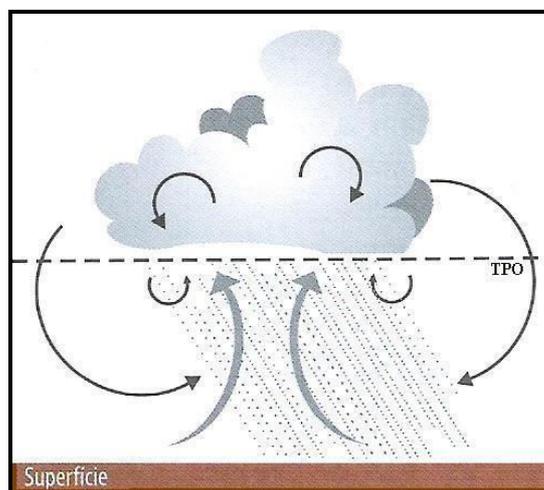


FIGURA 2. Formação de nuvens pelo processo de convecção (TPO- temperatura do ponto de orvalho). Fonte: Mendonça & Oliveira (2007).

O último dos processos de formação de nuvens é o conhecido como processo frontal (Figura 3), que como o nome indica é o que tem sua origem nos sistemas frontais, sendo causado pela diferença de densidade de massas de ar em deslocamento. Conforme Tubellis & Nascimento (1980) este processo ocorre quando uma massa de ar de maior densidade, normalmente caracterizada por baixa temperatura e umidade, que se desloca sobre a superfície terrestre, age como uma cunha elevando as massas de ar menos densas (quentes) que encontra na sua trajetória. A elevação destas massas de ar com menores densidades, pelo avanço das massas mais densas, faz com que estas se resfriem por expansão adiabática até que atinjam o nível de condensação.

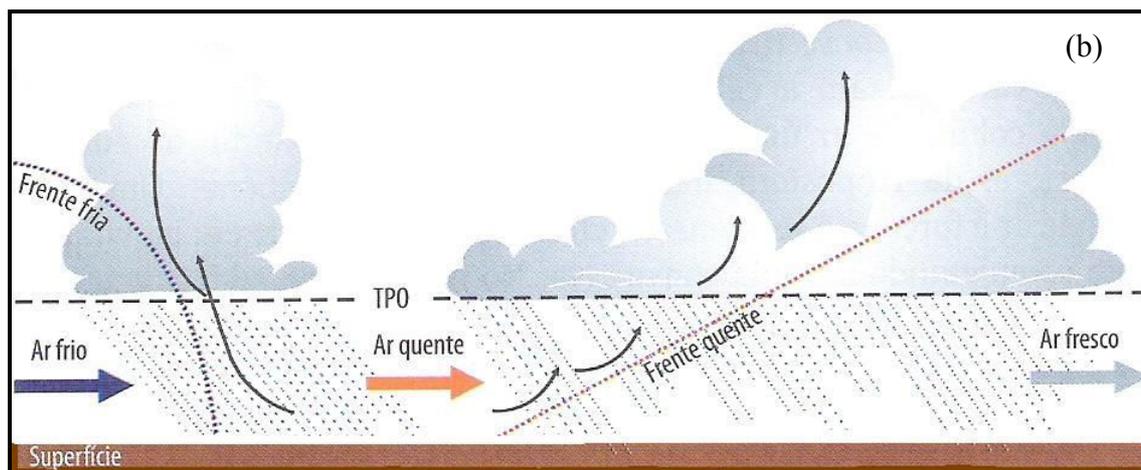


FIGURA 3. Formação de nuvens frontais, frente fria (a) e frente quente (b). Fonte: Mendonça & Oliveira (2007).

As nuvens frontais podem ser originadas por frentes frias ou quentes, o processo de condensação ocorre do mesmo modo, resfriamento por expansão adiabática, o que diferencia estas duas situações é que no caso de uma frente fria o ar frio vai empurrar o ar quente fazendo este ascender, enquanto que na frente quente tem-se o ar frio servindo como uma rampa para o ar quente poder ascender. Nestes dois casos as nuvens formadas dão origem a precipitação, mas quando a frente é fria as precipitações são intensas e de curto prazo, já na frentes quentes as precipitações são leves e de longo prazo.

### 2.1.2. Tipos de nuvens

As nuvens podem assumir formas variadas e estão em constantes modificações, podendo alterar seu tamanho e muitas vezes seu aspecto. O aspecto de uma nuvem depende de vários fatores como a natureza, dimensão, número, distribuição no espaço das partículas que a constituem, mas é determinado principalmente pela luminância e cor.

De acordo com o Atlas Internacional das Nuvens (1956), a luminância é determinada através da luz refletida, transmitida e difundida pelas partículas que a constituem. A fonte luminosa pode ser representada pelo sol, pela lua, ou ainda pela luz artificial proveniente de uma grande cidade. A cor depende do ângulo zenital do sol, quando o ângulo é pequeno (disco solar alto) as nuvens ou suas partes diretamente iluminadas são brancas ou cinzentas e quando o ângulo é pequeno (disco solar baixo) as nuvens passam a ter uma coloração progressiva passando do amarelo, laranja e vermelho.

A classificação das nuvens feita pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que é utilizada como referência mundial, definiu um número limitado de formas para as nuvens, pois como estas estão em constantes mudanças fazer uma classificação considerando a infinidade de formas que assumem seria impossível; logo foi feita uma seleção daquelas observadas com mais frequência e com isso a classificação com 10 formas características. As nuvens foram classificadas e subdivididas em gêneros espécie e variedades.

O gênero das nuvens é dividido em 10 grupos que são exclusivos, ou seja, uma nuvem só faz parte de um único gênero, que são: Cirrus, Cirrocumulus, Cirrostratus, Altocumulus, Altostratus, Nimbostratus, Stratocumulus, Stratus, Cumulus e Cumulonimbus.

As espécies servem como uma subdivisão para os gêneros e são baseadas nas formas das nuvens e em sua estrutura interna, ou ainda quando possível nos processos físicos envolvidos em sua formação. As espécies se excluem mutuamente, ou seja, quando uma nuvem é atribuída a uma determinada espécie só pode ser classificada nesta espécie. Um gênero pode incluir diferentes espécies.

As características particulares das nuvens são utilizadas para determinar as variedades, estabelecidas em função da transparência, ou do arranjo de seus elementos macroscópicos. Tais características referem-se à disposição dos elementos das nuvens (em forma de ondas, por exemplo), ao maior ou menor grau de transparência etc. As variedades podem estar contidas em vários gêneros, assim como uma mesma nuvem pode apresentar características de mais de uma variedade. Também pode acontecer de um gênero possuir variedades sem que possua nenhuma espécie.

A Tabela 1 apresenta, conforme o Atlas Internacional de Nuvens a classificação das nuvens, incluindo a terminologia utilizada, a etimologia dos gêneros, espécies e variedades.

TABELA 1. Classificação das nuvens.

<b>Gênero e Símbolo</b>	<b>Espécie</b>	<b>Varietades</b>	<b>Particularidades Complementares e nuvens anexas</b>	<b>Nuvem Mãe Genitus</b>
Cirrus (Ci)	fibratus			
	uncinus	intortus		Cc
	spissatus	radiatus	mamma	Ac
	castellanus	vertebratus		Cb
	floccus	duplicatus		
Cirrocumulus (Cc)	stratiformis			
	lenticularis	undulatus	virga	–
	castellanus	lacunosus	mamma	
	floccus			
Cirrostratus (Cs)	fibratus	duplicatus	–	Cc
	nebulosus	undulatus		Cb
Alto cumulus (Ac)		translucidus		
	stratiformis	perlucidus		
	lenticulares	opacus	virga	Cu
	castellanus	duplicatus	mamma	Cb
	floccus	undulatus		
		radiatus		
Altostratus (As)		translucidus	virga	
	–	opacus	praecipitatio	Ac
		duplicatus	pannus	Cb
		undulatus	mamma	
		radiatus		
Nimbostratus (Ns)	–	–	praecipitatio	Cu
			virga	Cb
			pannus	
Stratocumulus (Sc)		translucidus		
		perlucidos		
	stratiformis	opacus	mamma	As
	lenticularis	duplicatus	virga	Ns
	castellanus	undulatus	praecipitatio	Cu
		radiatus		Cb
Stratus (St)		lacunosus		
	nebulosus	opacus	praecipitatio	Ns
	fractus	translucidus		Cu
		undulatus	Cb	

TABELA 1. Continuação

<b>Gênero e Símbolo</b>	<b>Espécie</b>	<b>Variedades</b>	<b>Particularidades Complementares e nuvens anexas</b>	<b>Nuvem Mãe Genitus</b>
Cumulus (Cu)	humilis mediocris congestus fractus	radiatus	pileus	Ac Sc
			vellum	
			virga	
			praecipitatio	
			arcus	
			pannus	
Cumulonimbus (Cb)	calvus capilatus	—	tuba	Ac As Ns Sc Cu
			praecipitatio	
			virga	
			pannus	
			incus	
			mamma	
			pileus	
			velum	
arcus				
tuba				

Fonte: Atlas Internacional das Nuvens (1956).

As nuvens podem ser ainda classificadas em estágios de acordo com a altura de suas bases em relação ao solo. Para melhorar esta classificação a troposfera foi dividida em três camadas: camada superior, média e inferior, que tem sua altura variando de acordo com a latitude.

Nuvens altas (camada superior): a base da nuvem está entre 3 e 8km nas regiões polares, 5 a 13km nas regiões temperadas e 6 a 18km na região tropical. Fazem parte deste grupo as nuvens cirrus, cirrocumulus e cirrostratus.

Nuvens médias (camada média): base da nuvem está entre 2 a 4km nas regiões polares, 2 a 7km nas regiões temperadas e 2 a 8km na região tropical. As nuvens altocumulus e altostratus compõem este grupo.

Nuvens baixas (camada inferior): a base está a uma altura inferior a 2km em todas as regiões do globo. Fazem parte deste grupo as nuvens stratus, stratocumulus, nimbostratus, cumulus e cumulonimbus.

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam a família, o gênero, a constituição, o tipo de precipitação e o aspecto dos grupos de nuvens altas, médias e baixas, respectivamente.

TABELA 2. Nuvens altas e suas características.

<i>FAMÍLIA</i>	<i>GÊNERO</i>	<i>CONSTITUIÇÃO</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i>	<i>ASPECTO</i>
ALTAS (> 8km)	Cirrus (Ci)	Cristais de gelo	não	Nuvens isoladas com aspecto fibroso (cabeludo) ou um brilho sedoso, ou as duas coisas. Indicador de mudanças de tempo
	Cirrocumulus (Cc)	Cristais de gelo ou gotículas de água superresfriadas	não	Pequenos flocos brancos ou massas globulares delgadas sem sombra própria. O sol pode ser visto através
	Cirrostratus (Cs)	Cristais de gelo	não	Camadas transparentes esbranquiçadas de grande extensão e sem sombra. Formação de halo ao redor do sol.

Fonte: Atlas Internacional das Nuvens (1956).

TABELA 3. Nuvens médias e suas características.

<i>FAMÍLIA</i>	<i>GÊNERO</i>	<i>CONSTITUIÇÃO</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i>	<i>ASPECTO</i>
Médias (2 a 8 km)	Alto cumulus (Ac)	Gotículas de água	não	Bancos brancos com ou sem sombra. “Céu encarneirado”
	Altostratus (As)	Gotículas de água e cristais de gelo	chuva ou neve	Camadas acinzentadas com aspecto estriado. Cobrem inteira ou parcialmente o céu.

Fonte: Atlas Internacional das Nuvens (1956).

TABELA 4. Nuvens baixas e suas características.

<i>FAMÍLIA</i>	<i>GÊNERO</i>	<i>CONSTITUIÇÃO</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i>	<i>ASPECTO</i>
Baixas (0 a 2 km)	Stratus (St)	Gotículas de água	garoa	Camada acinzentada uniforme (semelhante a nevoeiro). Obscurecem totalmente o céu.
	Stratocumulus (St)	Gotículas de água	chuva	Bancos ou camadas de elementos globosos em grupos ou quando unidos cobrem totalmente o céu
	Nimbostratus (Ns)	Gotículas de água	chuva leve ou neve contínua	Camada acinzentada espessa. Ocultam completamente o sol.
	Cumulus	Gotículas de água e cristais de gelo	chuva intensa	Nuvens isoladas com contornos bem definidos.

Fonte: Atlas Internacional das Nuvens (1956).

Além das nuvens altas, médias e baixas tem-se um outro grupo quando é analisada a altura, que é o grupo das nuvens de grande desenvolvimento vertical, composto pelas cumulonimbus (Cb). Suas características como constituição, tipo de precipitação e aspecto, juntamente com a família e o gênero a que pertencem estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Nuvens de grande desenvolvimento vertical e suas características.

<i>FAMÍLIA</i>	<i>GÊNERO</i>	<i>CONSTITUIÇÃO</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i>	<i>ASPECTO</i>
Grande desenvolvimento vertical (de 0.6 Km até o limite da troposfera)	Cumulonimbus (Cb)	Gotículas de água e cristais de gelo	chuva intensa e de pequena duração. granizo	Nuvens densas com topos em formas de torres com extremidade superior em bigorna.

Fonte: Atlas Internacional das Nuvens (1956).

O desenvolvimento desse tipo de nuvens está associado a presença de ar quente, úmido e instável, por isso podem se formar no interior de uma massa de ar, ao longo de sistemas frontais ou ainda em uma linha de instabilidade. As Cb são nuvens que podem ultrapassar os 18km de altitude nas regiões dos trópicos e são formadas mais comumente a tarde, período do dia onde as condições favorecem o desencadeamento de processos convectivos. As Cbs quando são associadas aos sistemas frontais, apresentam grande desenvolvimento vertical devido a grande convecção ocasionada pelo deslocamento das frentes e neste caso não tem um horário preferencial para se formarem, acompanhando o sentido de deslocamento do sistema. Estes tipos de nuvens ocasionam fortes precipitações que podem ser acompanhadas de granizo, relâmpagos, trovoadas, ventos fortes e ocasionalmente a formação de tornados.

O desenvolvimento desse tipo de nuvens está associado a presença de ar quente, úmido e instável, por isso podem se formar no interior de uma massa de ar, ao longo de sistemas frontais ou ainda em uma linha de instabilidade, sendo assim são nuvens com uma alta variabilidade. As Cbs são nuvens que podem ultrapassar os 18km de altitude nas regiões dos trópicos e são formadas mais comumente a tarde, período do dia onde as condições favorecem o desencadeamento de processos convectivos. Isto ocorre mais comumente quando se tem um aquecimento diurno intenso, sendo o resultado um forte gradiente térmico vertical instável e com isso tem-se a conseqüente formação dessas nuvens. As cumulonimbus quando são associadas aos sistemas frontais, apresentam grande desenvolvimento vertical devido a grande convecção ocasionada pelo deslocamento das frentes e neste caso não tem um horário preferencial para se formarem, acompanhando o sentido de deslocamento do sistema. Estes tipos de nuvens ocasionam fortes precipitações que podem ser acompanhadas de granizo, relâmpagos, trovoadas, ventos fortes e ocasionalmente a formação de tornados.

Na Figura 4 estão ilustrados os tipos de nuvens, seus respectivos aspectos e sua distribuição nas camadas da atmosfera.

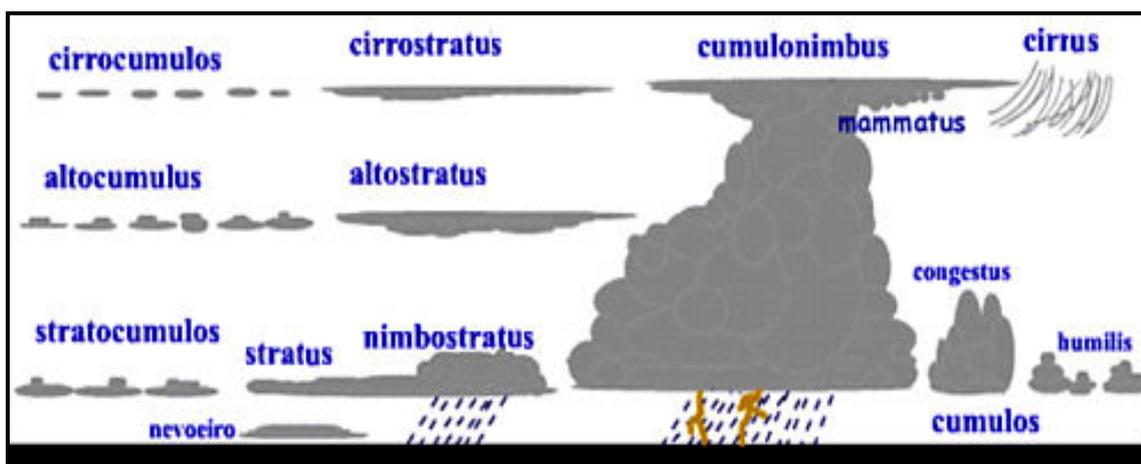


FIGURA 4. Tipos de nuvens e sua distribuição na troposfera. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem>.

### 2.1.3. Medição na superfície

A nebulosidade, ou quantidade de nuvens, é especificada através da porção de céu coberto por nuvens de qualquer tipo, ou seja, nebulosidade é fração do céu que está coberta por nuvens no momento da observação. Na observação visual, a nebulosidade é expressa em oitavos (oktas) ou décimos de céu encoberto. Os oitavos indicam a fração coberta do céu, por exemplo, quando o céu está limpo (sem nebulosidade) se tem zero oitavos de nebulosidade, já quando está completamente coberto tem 8/8 de nebulosidade. As observações de nebulosidade nas estações meteorológicas são feitas as 12 e 18 TMG (Tempo Médio de Greenwich), que correspondem as 9:00 e 15:00 no horário do Brasil, respectivamente. Esta observação é feita em cima da suposição de que as nuvens existentes se encontram juntas umas as outras formando uma camada continua no céu, sendo também anotado os tipos de nuvens para fins meteorológicos.

Outra forma de obter a nebulosidade diurna é estimando-a a partir da insolação, variável que é medida nas estações meteorológicas diariamente, através do heliógrafo, que computa as horas de brilho solar.

De acordo com Varejão (2001), a isolação é definida como o intervalo de tempo em que o disco solar permanece visível, entre o nascimento e o acaso do Sol, para um observador localizado em um dado ponto da superfície terrestre.

## **2.2. O Fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS)**

### **2.2.1. Descrição**

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala que ocorre no Oceano Pacífico tropical; registros paleoclimáticos comprovam sua existência desde anos remotos. Um desses registros é sobre as cheias do Rio Nilo, que por centenas de anos foi a base da agricultura egípcia; apontamentos indicam que em anos de El Niño as cheias por serem mais fracas prejudicavam a agricultura. Ainda é relatado que o monitoramento do nível do Rio Nilo começou por volta de 622 depois de Cristo (Oliveira, 1999).

Sabe-se que no mínimo desde o século XVI existem registros que relatam sua existência, feitos por conquistadores em viagens de veleiros que se deslocavam entre o Panamá e Lima em pouco mais de 20 dias, impulsionados por ventos de oeste quando o normal seria realizar este trajeto em vários meses. Mais tarde, no final do século XIX, marinheiros identificaram uma corrente quente para o sul ao longo da costa do Peru e Equador e a denominaram de El Niño em alusão ao menino Jesus, já que esta corrente era verificada mais frequentemente próximo ao Natal.

O ENOS representa as alterações significativas na distribuição da temperatura da superfície do mar (TSM) e na pressão atmosférica da região do Oceano Pacífico tropical num curto período, de 12 a 18 meses aproximadamente, ou seja, muda todo o mecanismo de funcionamento do oceano nessa região ocasionando efeitos profundos no clima global. Este fenômeno é o resultado da combinação de dois mecanismos interligados que demonstram o vínculo existente entre oceano e atmosfera; pode-se dizer então que este é um fenômeno de acoplamento entre o oceano e a atmosfera.

O componente oceânico é representado pelo El Niño (EN), enquanto o componente atmosférico é representado pela Oscilação Sul (OS). O componente oceânico está associado com as variações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), que é monitorada atualmente na região equatorial do Oceano Pacífico, denominada de Região dos Niños (Niño 1+2; Niño 3; Niño 4; Niño 3.4) (Figura 5).

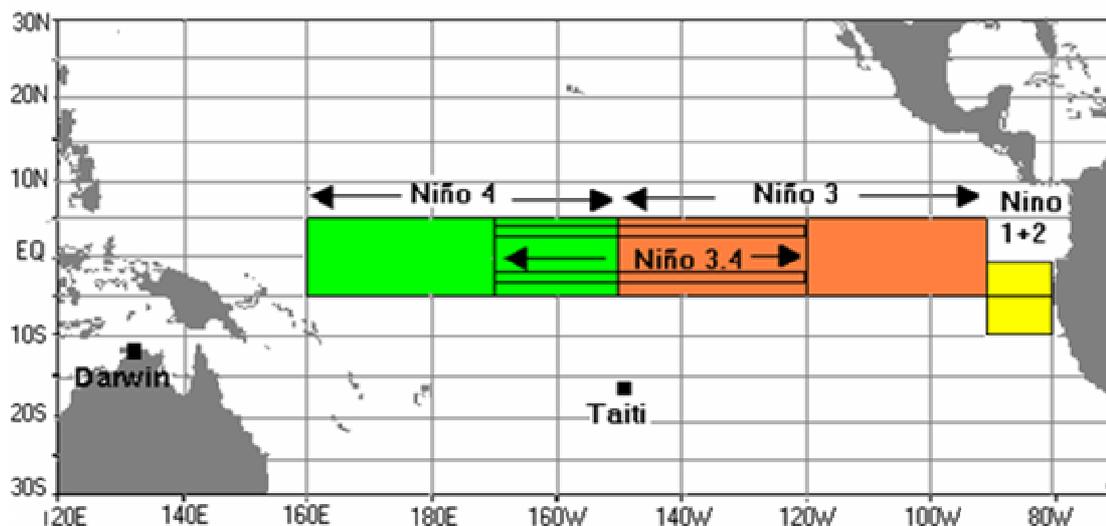


FIGURA 5. Região dos Niños no Oceano Pacífico: Niño 1+2 ( $0^{\circ}$  -  $10^{\circ}$ S,  $90^{\circ}$ W –  $80^{\circ}$ W); Niño 3 ( $5^{\circ}$ N –  $5^{\circ}$ S;  $150^{\circ}$ W –  $90^{\circ}$ W); Niño 4 ( $5^{\circ}$ N –  $5^{\circ}$ S;  $160^{\circ}$ E –  $150^{\circ}$ W); Niño 3.4 ( $5^{\circ}$ N –  $5^{\circ}$ S;  $170^{\circ}$ W –  $120^{\circ}$ W). Assinaladas também as localidades de Taiti e Darwin. Fonte: Berlato & Fontana (2003).

O componente atmosférico é monitorado através do Índice de Oscilação Sul (IOS), que expressa a correlação inversa que existe entre a pressão atmosférica nos extremos oeste e leste deste Oceano, o que é chamado também de “Gangorra Barométrica”. Esta relação foi estabelecida por Sir Gilbert Walker nos anos 1920, que demonstrou que quando a pressão atmosférica é alta no lado oeste do Pacífico, no lado leste ela é baixa e vice-versa. O índice de Oscilação Sul (IOS) é definido como sendo a diferença entre os desvios normalizados da pressão na superfície do mar entre duas regiões do Oceano Pacífico (Figura 1): Taiti, na Polinésia Francesa ( $17,2^{\circ}$ S;  $146,6^{\circ}$ W), e Darwin, no norte da Austrália ( $12,4^{\circ}$ S;  $130,9^{\circ}$ E). Estes indicadores representam perfeitamente a conexão existente entre oceano-atmosfera, sendo que as variações do IOS apresentam uma associação quase perfeita com as variações na TSM na região do Niño 3.4, por exemplo. O fenômeno ENOS é na verdade, uma variação irregular em torno da condição normal na região do Oceano Pacífico tropical, no oceano e atmosfera, apresentando duas fases que são: El Niño e La Niña. (Oliveira, 1999; Silva, 2000; Berlato & Fontana, 2003; Mendonça & Oliveira, 2007).

O El Niño ocorre quando se verifica um aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico equatorial, ao mesmo tempo em que, no Pacífico leste ocorre uma diminuição da pressão atmosférica. Nestas condições tem-se um IOS negativo e uma

anomalia da TSM positiva; por isso também é denominada de fase quente ou fase negativa. No caso da La Niña ocorre a situação inversa, ou seja, quando se tem um resfriamento das águas do Oceano Pacífico equatorial, na região do Pacífico leste a pressão atmosférica aumenta. Neste caso o IOS será positivo e a anomalia da TSM é negativa, sendo assim conhecida como fase fria ou fase positiva.

De acordo com Oliveira (1999), o evento El Niño pode ser definido como a combinação do aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico, conjugado com o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial e em eventos fortes podem ser até invertidos. Com esse aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças na circulação atmosférica e, portanto, fenômenos como secas e enchentes são observados em várias partes do globo.

A La Niña acontece quando as águas do Oceano Pacífico se resfriam, juntamente com a intensificação dos ventos alísios na região equatorial. Essas condições do oceano e atmosfera também determinam fenômenos de secas e enchentes em várias partes do Globo, mas neste caso ocorre o oposto do que na fase quente em uma mesma região.

Logo as duas fases do ENOS, tanto a quente como a fria, geram anomalias climáticas em várias partes do mundo, o que é consequência das mudanças na circulação atmosférica que ambas ocasionam. A intensidade de cada uma das fases é que vai determinar se seus efeitos serão mais ou menos intensos, e até mesmo se existirão em algumas regiões. Pode-se dizer que em condições de El Niño as características climáticas dominantes na região são fortemente perturbadas, tanto no oceano como na atmosfera. E no caso de La Niña essas condições são intensificadas e em casos fortes do evento estas podem chegar ao seu extremo, ou seja, onde ocorre precipitação esta é intensificada, o mesmo para regiões de seca.

### **2.2.2. Efeitos globais do fenômeno ENOS.**

Os efeitos do ENOS no Globo afetam várias partes do mundo e de maneiras diferentes, segundo Oliveira (1999) estes efeitos podem ser divididos principalmente durante o inverno e verão no caso de El Niño. No que se refere ao regime de precipitação pluvial na região tropical o principal período é de junho a dezembro. Algumas das regiões detalhadas pelo autor serão mencionadas resumidamente a seguir, com seus respectivos impactos.

No período de inverno (hemisfério sul) durante a fase quente (El Niño) a região da Índia, Indonésia e o norte e o centro-leste da Austrália enfrentam períodos de secas, ou seja, precipitação pluvial abaixo da média climatológica. No nordeste da Austrália e Pacífico Central Sul observa-se que as temperaturas ficam mais baixas e com predomínio de chuvas abaixo da média climatológica. Já sobre o Pacífico equatorial central observa-se que as chuvas ficam acima da média climatológica, assim como no noroeste dos Estados Unidos, região central do Chile, sul do Brasil e Uruguai. Chuvas abaixo da média climatológica e temperaturas mais altas são observadas no extremo norte da América do Sul e no leste da América Central.

Para o verão (hemisfério Sul) ainda em anos de El Niño a quantidade de áreas afetadas no Globo aumenta. As regiões com chuvas abaixo da média são o norte e leste da Amazônia e o norte da Região Nordeste do Brasil, a região da Indonésia e norte da Austrália. As chuvas ficam acima da média no centro-leste da África, no Uruguai, região Sul do Brasil, sul do Paraguai e nordeste da Argentina. No sudeste da África e em Madagascar as temperaturas ficam mais altas que a média e a chuva abaixo da média.

No caso de ocorrência de La Niña Oliveira (1999) também divide os principais efeitos em duas épocas do ano: inverno e verão (Hemisfério Sul). Durante o verão (dezembro-janeiro-fevereiro) as temperaturas mais baixas que a média climatológica são observadas no centro-oeste da África, centro-leste da Ásia, no noroeste da América do Norte e na Região Sudeste do Brasil. Chuvas abaixo da média climatológica são observadas no centro-leste da África, sul da Índia, Uruguai, nordeste da Argentina, sul do Paraguai e Região Sul do Brasil. As chuvas ficam acima da média climatológica no Pacífico tropical oeste (Região da Indonésia e norte da Austrália) e em parte do Pacífico tropical central (com exceção da região equatorial). Uma região onde as chuvas ficam acima da média e as temperaturas ficam abaixo da média é o sudeste da África. Chuvas abaixo da média climatológica e temperaturas mais baixas que o normal são observadas no Pacífico equatorial central e oriental.

Durante o período de inverno (junho-julho-agosto) o que se observa é que as temperaturas ficam mais baixas que a média climatológica no extremo oeste da América do Sul e Região Sudeste do Brasil. Temperaturas mais baixas que a média e chuvas abaixo da média climatológica são observadas no centro-oeste da África. Chuvas abaixo da média são observadas no norte/noroeste da África, no sul do Brasil, nordeste da

Argentina, sul do Paraguai e Uruguai. Por fim outra região da Índia, Indonésia e sul da Austrália onde as chuvas ficam acima da média.

### **2.2.3. Efeitos associados ao fenômeno ENOS sobre elementos do clima do Rio Grande do Sul**

As variáveis mais afetadas no Rio Grande do Sul são a precipitação pluvial e a temperatura. Em anos de El Niño, no Estado ocorre precipitação pluvial superior à média em quase todos os meses do ano, enquanto que nos anos de La Niña observa-se precipitação pluvial abaixo da média na maioria dos meses do ano. O período de maior impacto é na primavera tanto para El Niño como para La Niña e a região mais atingida é o oeste-noroeste do Estado. Em relação à temperatura, os impactos tanto do El Niño, como de La Niña, tendem a ser maior na temperatura média mínima.

Segundo estudo pioneiro feito por Fontana & Berlato (1997) a respeito da influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação pluvial em todo o Estado do Rio Grande do Sul, durante a fase fria do fenômeno (La Niña) tem-se precipitação pluvial inferior a média climatológica e muito inferior à precipitação média observada durante a fase quente (El Niño), em dois períodos distintos. O período de outubro a dezembro, principalmente o bimestre outubro e novembro, é o que sofre maior influência do fenômeno para ambas as fases. O segundo período é de abril a junho, principalmente maio e junho, do ano seguinte do surgimento do fenômeno. Segundo os mesmos autores esses dois períodos são de grande importância do ponto de vista agrícola, pois em outubro, novembro e dezembro as principais culturas de primavera-verão cultivadas no Estado encontram-se na fase de estabelecimento e desenvolvimento. Portanto, uma precipitação pluvial muito abaixo da média climatológica pode comprometer o rendimento final das culturas, ao passo que precipitação pluvial ligeiramente acima da média climatológica pode favorecer o rendimento final. Já para o segundo período que coincide com a maturação e colheita das principais culturas de primavera-verão, a precipitação pluvial acima da média é prejudicial, ao passo que precipitação pluvial abaixo da média climatológica é favorável. Com relação à distribuição espacial da precipitação pluvial, durante a fase quente, a região noroeste do Estado é a que apresenta a maior influência com um aumento de 40 a 70mm na precipitação pluvial nos meses de outubro e novembro. Na fase fria as maiores reduções, superiores a 80mm na precipitação pluvial para o mesmo período, ocorrem a oeste do Estado.

De acordo com Puchalski (2000) para o Estado do Rio Grande do Sul, a temperatura média em eventos La Niña tende a ser menor do que a temperatura média dos anos neutros, em nove dos doze meses do ano, sendo que em cinco meses (julho e outubro do ano de início do fenômeno e março maio e junho do ano seguinte) as anomalias têm magnitudes iguais ou maiores do que  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . Já para os anos de eventos El Niño, não existe uma tendência clara da temperatura média, pois há seis meses com anomalias positivas e seis meses com anomalias negativas. Outra característica determinada é que nos meses de janeiro e fevereiro a temperatura média tende a ser maior em anos sob a influência de qualquer uma das fases do ENOS, enquanto que nos meses de outubro e novembro (do ano de início do fenômeno) e março, maio e junho (ano seguinte) tende a ser menor. A região noroeste do Estado apresentou no mês de outubro a maior anomalia negativa de temperatura média, o que concorda com os resultados de Fontana & Berlato (1997).

O autor mostrou também que a precipitação pluvial, em média para todo o Estado, nos anos de El Niño é superior aos anos neutros para maioria dos meses. De forma inversa, nos anos de La Niña a precipitação pluvial é inferior para todos os meses do ano, apresentando um período que vai de outubro a fevereiro, onde esta tendência é contínua, destacando os meses de outubro e novembro. Esses meses também foram apontados como os de maior influência do ENOS na precipitação pluvial do Estado em outros trabalhos, como o citado anteriormente de Fontana & Berlato (1997). A distribuição espacial das anomalias da precipitação pluvial média no Estado, tanto em eventos de La Niña como em El Niño, é muito semelhante, sendo a região noroeste do Estado a que apresenta os maiores impactos, o que também concorda com os resultados obtidos por Fontana & Berlato (1997). No que se refere à análise do déficit hídrico do Estado, foi mostrado que os eventos La Niña provocam um aumento considerável nesta variável em praticamente todas as regiões climáticas do Estado, mas principalmente do centro para o sul do Estado; já os eventos El Niño mostraram uma tendência de diminuição no déficit em relação a La Niña e ao anos neutros (normais), sendo que nas regiões norte e nordeste o déficit hídrico praticamente desaparece.

Lopes e Berlato (2003), estudando as relações entre a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) da região do Niño 3.4 e a temperatura média mínima do Estado do Rio Grande do Sul, mostraram que, em geral, há uma tendência de anomalias positivas e negativas da TSM no Niño 3.4 determinarem anomalias positivas e negativas, respectivamente, na temperatura mínima do Estado, especialmente nos

períodos outubro-dezembro e abril-maio. Os autores verificaram que no trimestre outubro-dezembro nos anos de El Niño a temperatura média mínima apresenta, em média do trimestre, anomalia positiva em 56% dos eventos quentes (outubro 56%, novembro 53%, dezembro 60%) e negativos em 44%. Já no caso de La Niña a temperatura média mínima, na média do trimestre, apresenta anomalia negativa em 81% dos eventos frios (outubro 77%, novembro 92%, dezembro 75%) e anomalia positiva em apenas 18%. No trimestre abril-junho, do segundo do fenômeno, foi verificado que nos anos de El Niño a temperatura média mínima apresenta, em média do trimestre, anomalias positivas em 77% dos eventos quentes (abril 75%, maio 73%, junho 83%) e anomalias negativas em 23%. Nos anos de La Niña a temperatura média mínima, em média do trimestre, apresenta anomalias negativas em 50% dos casos e positiva em 50%.

Carmona (2001), através de um estudo sobre os efeitos associados aos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, constatou que a tendência de baixos rendimentos de arroz irrigado no Estado, em anos de ocorrência de El Niño, pode ser explicada principalmente pelos baixos índices de insolação relativa (maior nebulosidade). De forma oposta, a tendência de altos rendimentos em anos de La Niña pode ser explicada pelos altos índices de insolação. Já em anos neutros foi verificado que a insolação relativa é, em média, igual ou superior tanto aos anos influenciados pelo El Niño, como nos anos influenciados pela La Niña, nos meses de dezembro a março. Nos anos de El Niño foram verificados baixos índices de insolação durante o período de cultivo, sobretudo o mês de fevereiro quando grande parte das lavouras encontra-se no período de floração e enchimento de grãos. Neste período, em condições de baixa radiação solar tem-se o aumento da ocorrência de doenças fúngicas, comprometendo o rendimento de grãos. Para os anos de La Niña, especialmente na primavera, verifica-se altos índices de insolação, o que favorece o plantio dentro da época recomendada e o estabelecimento da cultura, além de aumentar a eficiência de adubação de cobertura.

Carmona (2001) mostrou também que a insolação relativa média mensal para cada região orizícola (produtoras de arroz) segue a mesma tendência da insolação relativa média mensal de todo o Estado. Em anos de El Niño a insolação é menor em todas as regiões nos meses de outubro a fevereiro, sendo que no mês de janeiro a diferença é praticamente nula e no mês de março a tendência é invertida; já em anos de La Niña a insolação é maior em todas as regiões de outubro a março. De acordo com

todos estes resultados obtidos pelo autor, fica comprovada a influência tanto do El Niño como da La Niña sobre a insolação, sendo assim a nebulosidade diurna, que é inversamente relacionada com a insolação, também deve sofrer estes impactos.

Um estudo feito por Fontana & Almeida (2002) sobre a climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande de Sul mostrou que este elemento apresenta uma alta variabilidade interanual, e sofre alterações quanto a sua distribuição associadas ao fenômeno ENOS. Os autores encontraram que em sua fase quente (El Niño) existe um incremento significativo no número de dias com precipitação pluvial, principalmente na primavera e início de verão, enquanto que na fase fria (La Niña), este mesmo padrão foi observado só que de forma contrária. Para a média de todo o Estado o El Niño apresentou um aumento no número de dias com precipitação pluvial, enquanto que durante a La Niña ocorre uma redução, sendo o mês de novembro o com maior efeito associado ao fenômeno, pois apresentou uma diferença de quatro dias entre as duas fases. Para a distribuição espacial a região com maiores anomalias foi a nordeste do Estado. Nos anos de El Niño a probabilidade de ocorrência de um maior número de dias com precipitação pluvial é superior a dos anos neutros e a dos anos de La Niña. A influência do ENOS nessa variável apresentou em sua fase quente a maior quantidade de precipitação distribuída em um maior número de dias e para a fase fria foi observado o contrário, o que acentua a possibilidade de perdas agrícolas devido à escassez e espaçamento da precipitação pluvial, de acordo com os autores.

Além dos impactos do ENOS na variabilidade de elementos meteorológicos do Estado, tem sido também mostrado influência na tendência temporal dessas variáveis. Um destes estudos, feito por Martins & Berlato (2005), mostrou que a precipitação pluvial em todo o Estado apresentou um incremento principalmente nos últimos 50 anos. Na grande maioria das estações meteorológicas analisadas ocorreu um incremento nas quatro estações do ano, destacando o outono onde ocorreu o maior número de localidades com tendência estatisticamente significativa. Os autores atribuem a coerência espacial dos dados a mecanismos de grande escala, sendo o mais provável deles o El Niño. Este fenômeno que sabidamente determina uma maior precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, ocorreu nas últimas três décadas do século XX com uma maior frequência e intensidade.

Um estudo feito por Haylock et al. (2006) sobre a tendência da precipitação pluvial na América do Sul e sua relação com a temperatura da superfície do mar através

da análise de 12 índices anuais de precipitação pluvial total e extremos, mostrou que especialmente para o sudeste da América da Sul (que inclui a região Sul do Brasil) todos os índices apresentaram um aumento relacionado às condições de umidade, com exceção do máximo de dias secos consecutivos. Muitas das estações que apresentaram estas mudanças estatisticamente significativas nos índices mostraram um padrão de tendência igual tanto para os extremos como para o total anual da precipitação.

Custódio et al. (2007), analisando a tendência temporal da insolação relativa no Rio Grande do Sul, mostraram um decréscimo da variável para a análise anual e para 3 das estações do ano (primavera, verão e outono). Estas tendências foram significativas a 10% de probabilidade para a tendência anual, a 1% na primavera e a 5% no verão. Além disso, esse estudo mostrou que a distribuição espacial da duração do brilho solar no Estado possui um gradiente que, em geral, é de leste para oeste e de sudeste para noroeste. A região do Estado que apresenta a maior insolação de acordo com os autores é, em geral, o oeste-noroeste do Estado e a menor na região nordeste do Estado.

A tendência anual e estacional da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul também foi estudada por Berlato et al. (2007), que mostrou uma tendência estatisticamente significativa de aumento da precipitação pluvial estadual. Na análise anual e no outono 100% das estações meteorológicas estudadas apresentaram tendência de aumento na precipitação pluvial, na primavera 93%, no verão 89% e no inverno 82%. Os autores mostraram também que a temperatura da superfície do mar na região dos Niños 3.4 está associada à precipitação pluvial anual do Estado.

## 2.3. Detecção de nuvens por satélites

### 2.3.1 Satélites GOES.

O GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) é um satélite meteorológico que serve como instrumento para o acompanhamento das condições meteorológicas terrestres, através da obtenção de observações repetidas necessárias para detectar e prever a trajetória dos sistemas meteorológicos. Este é um programa americano administrado pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), que lançou a primeira missão em 1974 e atualmente está operando com os GOES-10 (60°W) e GOES-12 (75°W).

Estes satélites são geoestacionários e possuem uma órbita a 35.800km de altitude sobre a linha do equador. Dois satélites operam simultaneamente, um localizado a oeste sobre o meridiano 75°W (GOES-Est), enquanto que o outro está sobre o meridiano 135°W (GOES-West), cobrindo assim praticamente todo o continente americano e grande parte dos oceanos Atlântico e Pacífico (NOAA, 2007; NASA, 2007). Neste arranjo, são geradas durante o dia e a noite, imagens a cada três horas do globo terrestre (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 e 21 TMG) e de um fragmento do continente americano a cada meia hora. Recentemente, o satélite GOES 10 (west) foi reposicionado passando sua órbita para 60°W, que segundo o CPTEC/INPE, foi disponibilizado pela NOAA para o imageamento da América do Sul. A partir de março de 2007, quando o satélite teve seu reposicionamento concluído, as imagens da América do Sul passaram a ser fornecidas a cada 15 minutos. No Brasil estas imagens são disponibilizadas diariamente pelo CPTEC/INPE.

Cada um dos satélites possui como principal aparelho imageador o radiômetro visível e infravermelho (*Visible and Infrared Spin Scan Radiometer-VISSR*), que mede a radiação visível e infravermelha. Segundo Kidder & Haar (1995), o eixo de rotação do satélite é mantido paralelo ao eixo de rotação terrestre e sua taxa rotação é de 100rpms fazendo a varredura do globo terrestre de leste para oeste, o que é chamado de imagem hemisférica (*full disk image*) que é completada em 18,21min.

Os sensores desses satélites operam em seis canais que são apresentados na Tabela 6, juntamente com seus respectivos comprimentos de onda e resolução espacial.

TABELA 6. Características dos imageadores do GOES.

CANAL	1 (VIS)	2 (IR)	3 (VW)	4 (IR)	5 (IR)	6 (IR)
Comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ )	0,52–0,72	3,78-4,03	6,47-7,02	10,2-11,2	11,5-12,5	12,9-13,7
Resolução espacial (nadir)	1 Km	4 Km	8 Km	4 Km	4 Km	4 Km

Fonte: Ferreira (2006).

Sendo: canal 1- visível, canal 2– infravermelho próximo, canal 3- vapor d'água e canais 4, 5 e 6 infravermelho.

As imagens do GOES podem ser utilizadas para muitos fins, entre estes observar e medir a cobertura de nuvens, neve e gelo, temperatura da superfície dos oceanos e dos continentes, a distribuição vertical da temperatura na atmosfera; estimar a velocidade e direção dos ventos, nuvens de cinzas vulcânicas, a concentração do ozônio na atmosfera, a precipitação; participar do sistema de busca e salvamento; receber e transmitir dados das PCD (Plataformas de Coletas de Dados), entre outras utilidades (Ferreira, 2006).

### 2.3.2. Método de classificação por imagens

O estudo dos tipos de nuvens através de imagens de satélites meteorológicos vem sendo muito explorado mundialmente, englobando para isto a aplicação de diferentes métodos que são desenvolvidos e analisados por vários pesquisadores de diferentes áreas. No Brasil, pode-se citar, como exemplo, o trabalho feito por Laux e Aguire (2001), os quais observaram a classificação de nuvens através da Estimativa da Dimensão Fractal de Nuvens em Imagens de Satélites Meteorológicos (NOAA 12 e 14) na região de Foz do Iguaçu. Também Santos & Valadão (1996) fizeram um Sistema para Acompanhamento Automático de Nuvens, só que utilizando imagens do Meteosat-5 da região nordeste do Brasil. Estes e outros trabalhos semelhantes evidenciam as abordagens possíveis e, também, que a modelagem pode ser feita de acordo com o método que melhor se adapta ao objetivo da classificação desejada.

Operacionalmente no Brasil, tem-se para a classificação dos tipos de nuvens durante o período diurno no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) um método de classificação

das imagens do satélite meteorológico GOES-10, que se baseia no agrupamento de valores espectrais.

O método consiste em determinar as características de cada elemento (pixel) da imagem de acordo com as variáveis originais disponibilizadas pelo satélite, quais sejam: Fator de Reflectância no canal 1 (F) e Temperatura de Brilho nos canais 2, 3, 4 e 6 ( $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_6$ , respectivamente). O número máximo de variáveis a ser inserido no modelo é 13, ou seja, além das cinco variáveis originais são adicionadas mais oito variáveis derivadas, obtidas através da combinação entre as variáveis originais de acordo com a finalidade.

Para obter os tipos de nuvens no período diurno o valor mínimo de quatro variáveis é satisfatório; são elas: Textura no canal 1 ( $X_1$ ), Temperatura de Brilho no canal 4 ( $T_4$ ), Textura no canal 4 ( $X_4$ ) e Reflectância no canal 1 ( $R_1$ ). Estas variáveis foram determinadas a partir de um estudo feito por Bottino e Ceballos (2003) sobre a classificação de cenas em imagens multiespectrais do GOES-8. No estudo, realizado na América do Sul, foram utilizadas 5 variáveis fornecidas pelo satélite e 8 variáveis adicionais de dois tipos: 1) diferença entre dois canais ( $T_{24}$ ,  $T_{34}$  e  $T_{54}$ ), sempre relacionadas ao  $T_4$  e 2) textura do canal ( $X_1 \dots X_5$ ); definidas como o logaritmo da variância em um conjunto de elementos de uma matriz de dimensão  $3 \times 3$  em torno do pixel central (ou por sua raiz quadrada: desvio padrão). O primeiro tipo de variável adicional usualmente permite separar nuvens finas de nuvens densas, enquanto que o segundo tipo quantifica a homogeneidade local do campo de nuvens, ajudando a separar estratiformes de nuvens quebradas (cumulus, cirrus, etc.).

O método de agrupamento aplicado pelos autores foi o de classificação por centróide dinâmico, que considera cada pixel sendo definido por  $K$  variáveis (neste caso, o limite de  $K$  é 13) e podendo ser considerado como um vetor  $P$  num espaço euclidiano de  $K$  dimensões. Em termos estatísticos é um agrupamento não hierárquico. Considerando  $N_g=30$  sementes (elementos presentes na cena), pois  $K$  variáveis exibem  $N_g$  casos observados na imagem, o que permitiu aos autores avaliar através de uma matriz de correlação todas as variáveis. Da análise da matriz de correlação foram determinados apenas três fatores principais, definindo três grupos de variáveis altamente correlacionados com os respectivos fatores (ou seja, redundantes entre si em cada grupo). Desses grupos que apresentam redundância interna, as três variáveis  $X_1$ ,  $T_4$  e  $X_4$  foram escolhidas, sendo que a quarta variável  $R_1$  foi incluída, mesmo não apresentando correlação parcial com as outras. Isto porque fisicamente os resultados encontrados

sugeriram que a reflectância está associada tanto à temperatura do topo da nuvem (quanto maior é o desenvolvimento vertical da nuvem, maior é a reflectância e menor é a temperatura do topo da mesma), mas também a existência de cúmulos (com elevada textura  $X_1$ ), os quais não são bem definidos em imagens de  $T_4$ .

Logo, este modelo proposto pelo CPTEC/INPE que faz a classificação diurna dos tipos de nuvens utiliza-se das imagens do canal visível e infravermelho do satélite GOES-12 e isso é feito através do método de agrupamento, que considera o número mínimo de quatro variáveis não redundantes já mencionadas. Para o agrupamento é utilizado o classificador K-Médias, que é um método de classificação não supervisionada. O princípio deste consiste em transformar as variáveis físicas de diferentes magnitudes e significados em variáveis padronizadas, ou seja, cada componente do vetor  $P$  de  $K$  dimensões é transformada em outra componente padronizada que é expressa em unidades de variância. O algoritmo K-Médias utiliza-se da distância de Mahalanobis entre um pixel e o centróide do agrupamento.

A classificação final das imagens é realizada considerando o número mínimo de variáveis ( $K = 4$  para o período diurno) e inicialmente  $N_g = 32$  (número de classes). As classes são geradas através de uma análise fatorial, de forma que o número de classes seja reduzido e com isso a redução da dimensionalidade dos dados. Estas 32 classes são agrupadas em torno dos centróides presentes na cena, sendo que cada classe tem 1 centróide onde em torno são agrupadas os *pixels* semelhantes.

A redução das classes é feita a partir dos valores médios de cada umas das classes (centróides), que quando agrupadas de acordo com a Tabela 7 definem as 6 categorias de nuvens presentes na imagem. São apresentados 32 centróides na tabela, sendo que a classe 21 é ruído, onde R1 – reflectância ( $0,65 \mu\text{m}$ ), T4 – temp. de brilho ( $10,8 \mu\text{m}$ ), T54 – diferença da temperatura de brilho ( $12 \mu\text{m}$  e  $10,8 \mu\text{m}$ ), X1 e X4 textura nos canais 1 e 4, respectivamente.

Um exemplo do produto, disponibilizado pelo CPTEC/INPE operacionalmente é mostrado na Figura 6.

TABELA 7. Número de ordem, centróides (valor médio das classes) e a categoria da cobertura utilizado na classificação dos tipos de nuvens no período diurno das imagens GOES.

<b>Classes</b>	<b>R1</b>	<b>T4</b>	<b>T54</b>	<b>X1</b>	<b>X4</b>	<b>Categorias</b>
1	6,9	286,1	-1,2	-0,43	-1,54	Sf (*)
2	10,4	287,4	-1,4	0,24	-0,91	Sf
3	16,9	285,6	-1,0	-0,06	-6,00	Sf
4	21,9	309,4	0,2	0,38	-0,01	Sf (*)
5	13,9	300,9	-1,7	-0,22	-0,73	Sf
6	14,1	304,0	-3,5	-0,23	-0,79	Sf
7	15,4	301,6	-3,3	0,35	0,19	Sf
14	15,8	302,5	-1,5	0,28	0,11	Sf
27	12,3	281,9	-2,1	0,04	0,40	Sf
9	24,1	295,6	0,2	1,21	0,94	Sf/Ci
22	53,5	271,5	-0,4	1,72	-0,34	St/Cu.
8	13,0	285,3	-1,7	1,06	-0,20	Cu
11	22,3	289,9	-4,1	1,73	0,88	Cu
12	27,2	280,9	-0,6	1,53	-0,71	Cu
13	21,7	278,1	-1,4	2,30	1,05	Cu
15	64,6	270,2	-0,5	2,32	0,84	Cu
17	17,4	282,4	-1,8	1,74	0,41	Cu
25	40,4	274,7	-1,1	1,99	0,51	Cu
18	73,8	269,1	-0,4	1,13	-0,55	St
19	52,2	277,8	-0,1	1,20	-1,49	St
10	28,5	267,0	-7,0	1,18	1,14	Ci
16	17,9	290,0	-5,4	0,39	0,75	Ci
20	18,3	274,5	-2,8	0,89	1,14	Ci
24	29,1	268,1	-12,4	0,75	0,79	Ci
23	75,1	255,3	-1,6	1,48	0,74	MI
26	65,9	236,9	-0,8	0,97	0,35	MI
28	38,8	249,2	-2,0	0,95	0,64	MI
29	36,6	262,6	-3,6	1,73	1,28	MI
30	40,0	251,1	-0,4	1,61	1,39	MI
31	53,1	241,1	-4,1	0,84	0,60	MI
32	74,7	226,3	-1,1	0,28	-0,29	Cb

Fonte: Adaptado de Bottino, ( 2003).

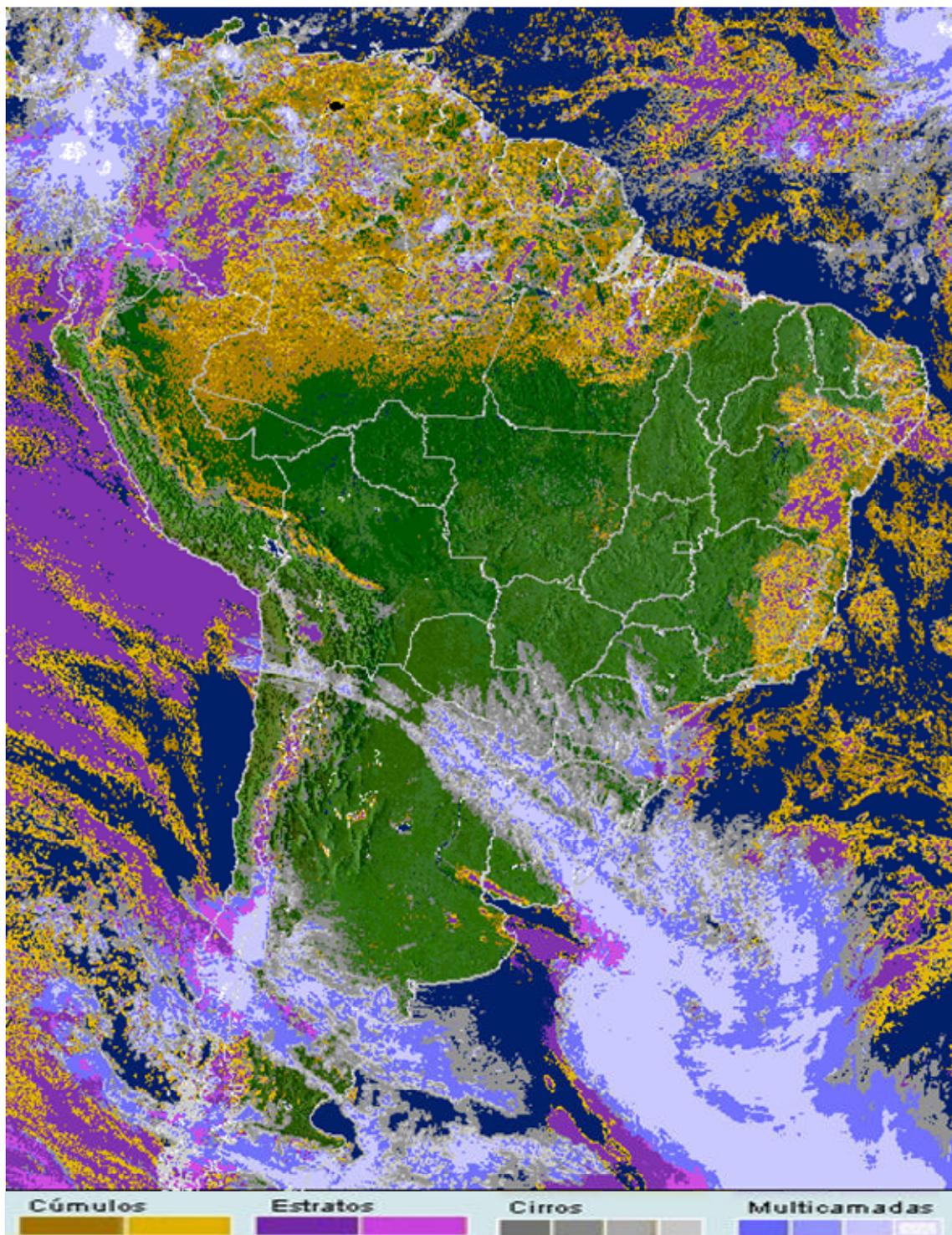


FIGURA 6. Classificação dos tipos de nuvens sobre a América do Sul. Fonte: <http://sigma.cptec.inpe.br/produto/nuvens/>. Acesso em: 13/08/2007.

### **3- MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área de estudo**

A área de estudo é o Estado do Rio Grande do Sul, situado no extremo meridional do Brasil, localizado entre as latitudes 27°05' e 33°45' Sul e longitudes de 49°43' e 57°39' oeste, tendo como área total 282.184 km<sup>2</sup>. O Estado tem suas altitudes variando entre o nível médio do mar junto à costa litorânea do Oceano Atlântico até um pouco mais de 1.200m na Região do Planalto Superior.

O clima do Rio Grande do Sul é classificado, segundo Köppen (Moreno, 1961) na zona fundamental temperada ou “C”, ao tipo úmido ou “Cf”, com as variedades “Cfa” e “Cfb” (sub tropical e temperado, respectivamente). A passagem de sistemas frontais e os aglomerados convectivos de mesoescala são os principais mecanismos causadores da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul (Ávila, 1994). A precipitação pluvial anual do Estado é de 1.540mm, sendo que no verão, outono, inverno e primavera, ocorrem 24%, 25%, 25% e 26% deste total anual, respectivamente (Ávila, 1994). A temperatura média máxima varia entre 20° e 28°C, a temperatura média entre 14°C e 21°C e a temperatura média mínima entre 9°C e 15°C.

#### **3.2. Dados meteorológicos e período de observação**

Foram utilizados dados de insolação (horas de brilho solar) em base decenal e mensal de 17 estações meteorológicas (Figura 1) pertencentes ao 8° Distrito de Meteorologia (8° DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) da Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (SCT). O período de estudo foi de 1960 a 2005 na maioria das estações, sendo que em algumas o período é menor, mas com no mínimo 30 anos de

observações, com exceção de Santa Rosa que tem 29 anos (Tabela 8). A estação de Torres foi utilizada como auxiliar apenas na elaboração dos mapas, pois sua série histórica apresenta muitas falhas.

As estações meteorológicas utilizadas, suas coordenadas geográficas, juntamente com o período de observação, número de anos utilizados e a fonte de onde os dados foram coletados, são apresentados na Tabela 8 e sua distribuição no Estado representada na Figura 7.

TABELA 8. Estações meteorológicas, coordenadas geográficas, período de observação, número de anos utilizados e fonte dos dados meteorológicos.

Localidades	Latitude Sul	Longitude Oeste	Altitude (m)	Período	Total (ANOS)	Fonte
Alegrete	29°41'	55°31'	124	1960-2000	29	INMET/FEPAGRO
Bagé	31°21'	54°06'	241	1960-2005	46	INMET/FEPAGRO
Bom Jesus	29°40'	50°26'	1047	1969-2000	32	INMET
Caxias do Sul	29°10'	51°12'	759	1960-2005	39	INMET/FEPAGRO
Cruz Alta	28°38'	53°36'	472	1966-2000	30	INMET/FEPAGRO
Encruzilhada do Sul	30°32'	52°31'	427	1960-2005	45	INMET/FEPAGRO
Iraí	27°11'	53°14'	222	1960-2000	37	INMET
Júlio de Castilhos	29°13'	53°40'	516	1960-2004	39	FEPAGRO
Passo Fundo	28°15'	52°24'	684	1960-2005	45	INMET
Porto Alegre	30°01'	51°13'	46	1960-2005	46	FEPAGRO/INMET
Rio Grande	32°01'	52°05'	2	1960-2005	46	INMET/FEPAGRO
Santa Maria	29°42'	53°42'	95	1961-2005	45	INMET/FEPAGRO
Santa Rosa	27°51'	54°25'	360	1975-2005	29	FEPAGRO
Santa Vitória do Palmar	33°31'	53°21'	24	1960-2005	41	INMET
São Borja	28°39'	56°00'	99	1960-2000	34	FEPAGRO
São Luiz Gonzaga	28°23'	54°23'	245	1970/2005	46	INMET
Uruguaiana	29°45'	57°05'	62	1961-2005	39	INMET/FEPAGRO

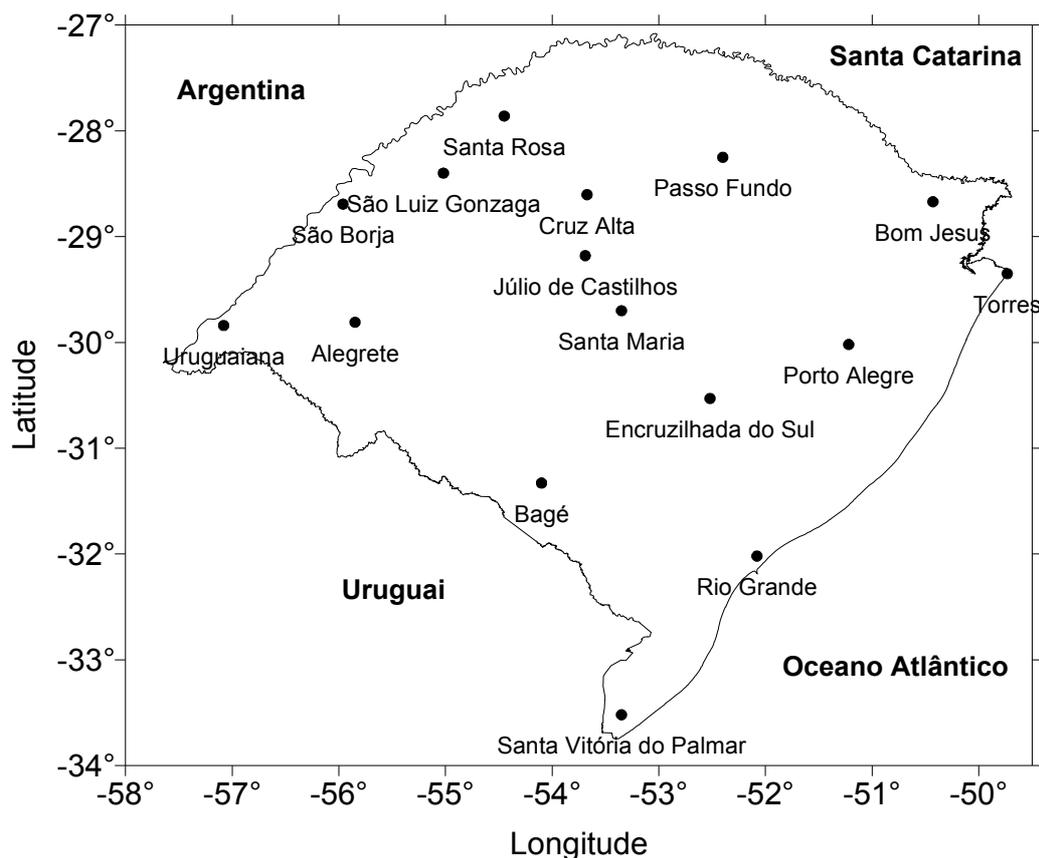


FIGURA 7. Estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul.

### 3.3. Anos de ocorrência de El Niño e La Niña

A série histórica foi dividida em três cenários que representam as possíveis situações de ocorrência do fenômeno: anos com eventos El Niño, La Niña e Neutro, sendo que os anos neutros representam a não ocorrência do ENOS.

Os anos de El Niño e La Niña, do período estudado, foram tomados segundo o critério de Trenberth (1997), que considera o mês de início e final do fenômeno (Tabela 9).

Os eventos El Niño de 1997/1998, 2002/2003 e 2004/2005 e a La Niña de 1998/2000 foram incluídas na classificação, obtidos da página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

TABELA 9. Ocorrência de El Niño e La Niña no período de 1960 a 2005.

<i>EVENTOS EL NIÑO</i>			<i>EVENTOS LA NIÑA</i>		
Início	Final	Duração (meses)	Início	Final	Duração (meses)
Junho 1963	Fevereiro 1964	9	Mai 1964	Janeiro 1965	9
Mai 1965	Junho 1966	14	Julho 1970	Janeiro 1972	19
Setembro 1968	Março 1970	19	Junho 1973	Junho 1974	13
Abril 1972	Março 1973	12	Setembro 1974	Abril 1976	20
Agosto 1976	Março 1977	8	Setembro 1984	Junho 1985	10
Julho 1977	Janeiro 1978	7	Mai 1988	Junho 1989	14
Outubro 1979	Abril 1980	7	Setembro 1995	Março 1996	7
Abril 1982	Julho 1983	16	Julho 1998	Junho 2000	24
Agosto 1986	Fevereiro 1988	19			
Março 1991	Julho 1992	17			
Fevereiro 1993	Setembro 1993	8			
Junho 1994	Março 1995	10			
Abril 1997	Junho 1998	15			
Abril 2002	Março 2003	12			
Junho 2004	Março 2005	7			
<b>Média</b>		<b>12</b>			<b>14</b>

Fonte: Berlato e Fontana (2003).

### 3.4. Índice de Nebulosidade Diurna (IND)

O índice de nebulosidade diurna (IND) foi estimado a partir da insolação relativa ( $n/N$ ), onde  $n$  é o número de horas de brilho solar e o  $N$  é o brilho solar máximo (comprimento do dia). Por definição, a nebulosidade diurna foi expressa através do Índice de Nebulosidade Diurna (IND), dado por:

$$IND = 1 - \left( \frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

O brilho solar máximo ( $N$ ) foi calculado de acordo com Burman & Pochop (1994), através da seguinte equação:

$$N = \left[ \frac{2 * 24}{360} \right] * Wh \quad (2)$$

onde  $Wh$  é o ângulo horário expresso em graus, dado por:

$$\cos Wh = -tg \delta * tg \phi \quad (3)$$

sendo  $\phi$  a latitude do local e  $\delta$  a declinação solar, dada por:

$$\delta = 0,3931 + 23,2577 \cos(0,9861D - 170,7) + 0,3906 \cos(1,9152D - 174,4) \quad (4)$$

onde D é o dia Juliano.

### 3.5. Climatologia do Índice de Nebulosidade Diurna (IND)

#### 3.5.1 Normais climáticas

Para cada uma das estações meteorológicas do Estado foram calculadas as médias climatológicas decendiais e mensais do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) durante todo o período. Foi feita a análise temporal decendial e mensal dos dados através de gráficos que determinam o seu transcurso e confeccionadas tabelas com estas normais. Na elaboração dos gráficos com o transcurso do IND os decêndios foram expressos de forma seqüencial, mas respeitando a ordem mensal dos mesmos, seguindo a Tabela 10.

TABELA 10. Ordem dos decêndios anuais e seus respectivos meses.

	1°		10°		19°		28°
<b>Janeiro</b>	2°	<b>Abril</b>	11°	<b>Julho</b>	20°	<b>Outubro</b>	29°
	3°		12°		21°		30°
	4°		13°		22°		31°
<b>Fevereiro</b>	5°	<b>Maiio</b>	14°	<b>Agosto</b>	23°	<b>Novembro</b>	32°
	6°		15°		24°		33°
	7°		16°		25°		34°
<b>Março</b>	8°	<b>Junho</b>	17°	<b>Setembro</b>	26°	<b>Dezembro</b>	35°
	9°		18°		27°		36°

Além dessas estatísticas básicas, foi aplicada a análise de distribuição de probabilidade empírica através de diagramas de caixa (*box plot*) (Wilks, 1995). Este procedimento permite também o conhecimento de importantes características do índice de nebulosidade diurna, como a assimetria e valores extremos, além de sua frequência acumulada.

Depois de analisada cada localidade o mesmo procedimento descrito acima foi aplicado para todo o Rio Grande do Sul. A representação espacial foi feita através de mapas de isolinhas decendiais e mensais, obtidas por interpolação espacial dos dados das estações meteorológicas, pelo método de Kriging, utilizando o *software* Surfer.

### 3.5.2. Análise de tendência temporal

Para todo o período estudado (1960-2005) foi aplicada a análise da tendência linear anual e estacional do índice de nebulosidade diurna (IND) para todo o Rio Grande do Sul. Esta análise da tendência foi feita pelo método dos mínimos quadrados através do ajuste da regressão linear simples, dada por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (5)$$

onde:

Y é o índice de nebulosidade diurna anual/ estacional

$\beta_0$  é o intercepto da reta

$\beta_1$  é o coeficiente de regressão linear

x é o período observado (anos de observação).

A significância estatística foi avaliada pelo teste de hipótese para o coeficiente de regressão  $\beta_1$ , tendo as seguintes hipóteses:  $\beta_1 = 0$ , não existe tendência e  $\beta_1 \neq 0$ , existe tendência. O teste de Student (t - teste) foi aplicado para verificar a tendência nos níveis de 1, 5 e 10% de probabilidade.

### 3.5.3 Impactos dos ENOS

Para as séries com eventos El Niño, La Niña e anos neutros foi aplicado o mesmo procedimento da análise climatológica descrita anteriormente. Além disso, foram calculadas as anomalias do IND dos anos de El Niño e La Niña em relação aos anos neutros e elaborados mapas de isolinhas das anomalias.

O comportamento temporal do IND em dois eventos extremos, do ENOS (El Niño 1997/1998 e a La Niña 1995/1996), também foi analisado, através das médias decenal, tanto para as localidades como em todo o Estado.

## 3.6. Avaliação dos tipos de nuvens

### 3.6.1. Fonte dos dados

As imagens utilizadas neste trabalho foram fornecidas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as quais fazem parte do acervo de imagens do satélite GOES classificadas quanto ao tipo de nuvens. Este produto é disponibilizado operacionalmente em <http://satellite.cptec.inpe.br/htmldocs/classificacao/classif-goes.htm>.

Do conjunto geral de imagens, foram selecionadas todas as imagens disponíveis no mês de novembro para um evento forte de ENOS (El Niño 1997/1998) e um ano considerado neutro (2000/2001). O total de imagens geradas foi de 191 para 1997/1998 e de 427 para 2000/2001. A relação dessas imagens e os horários disponíveis estão relacionados nos Apêndices 1 e 2. O mês de novembro foi selecionado por pertencer ao período de maior impacto do ENOS na precipitação pluvial do Estado.

### **3.6.2. Estatísticas das Imagens**

As estatísticas das imagens foram feitas somente sobre o Rio Grande do Sul, para isto utilizou-se de um recorte das imagens originais geradas com a classificação dos tipos de nuvens na parte sul da América do Sul.

Para a análise estatística dos dados provenientes das imagens foram selecionados dois horários, seguindo o critério de número de imagens disponíveis e de coincidência com os horários próximos aos das observações do índice de nebulosidade diurna em superfície. Os horários selecionados foram 1309 TMG e 1909 TMG, estando disponíveis mais de 20 imagens em cada ano.

Feita a seleção, foi realizada a contagem do número de *pixels* pertencentes a cada uma das 32 classes presentes nas imagens e, em seguida, agrupadas em categorias de acordo com a Tabela 7. O resultado foi expresso na forma de percentagens e confeccionados gráficos com a média das ocorrências (%) dos tipos de nuvens para todo o Estado.

Também, foram calculadas algumas medidas de dispersão, como desvio padrão e coeficiente de variação, para os dois horários escolhidos.

Para a verificação da coerência dos resultados da contabilização de ocorrência de tipos de nuvens, foram traçadas as isolinhas mensais e decendiais de precipitação pluvial e do índice de nebulosidade diurna no período analisado nas imagens (novembro de 1997 e de 2001). O traçado de isolinhas foi feito a partir da interpolação espacial (Kriging) dos dados observados na superfície.

## **4- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Climatologia do Índice de Nebulosidade Diurna**

As médias climatológicas decendiais e mensais do índice de nebulosidade diurna (IND) para as 17 localidades do Rio Grande do Sul analisadas, são apresentadas na Tabela 11. As médias mostraram que o IND entre as localidades apresenta uma grande variabilidade ao longo do ano, ficando entre 0,30 (decêndio 3 de novembro) e 0,64 (decêndio 2 de junho) em São Borja e Bagé, respectivamente. Dentre as localidades analisadas, Bom Jesus, que fica no nordeste do Estado, destacou-se por apresentar um maior IND na maior parte dos decêndios, ficando acima das outras localidades em 78% destes. Isto pode ser atribuído ao fato de Bom Jesus estar na região mais chuvosa do Estado e possuir também uma alta ocorrência de nevoeiros ao longo do ano. Outra característica importante é que em Bom Jesus foi onde o índice apresentou a menor variação entre os decêndios, 0,50 (1° decêndio de abril e 2° e 3° decêndios de novembro) e 0,62 (3° decêndio de agosto), o que corresponde a uma variação anual de 0,12 no IND.

As demais localidades apresentaram um comportamento semelhante nas variações do índice no decorrer dos decêndios, sendo que nenhuma teve um destaque tão acentuado em seu comportamento como Bom Jesus, pois todas seguem o mesmo padrão de variação no decorrer do ano. Para os menores valores duas localidades apresentaram um comportamento semelhante e intercalaram entre si a condição de menor índice, quando não apresentaram valores iguais, quais sejam: Alegrete e São Borja, ambas no oeste do Estado. Em 44% e 28% dos decêndios Alegrete e São Borja, respectivamente, apresentaram o menor índice e em 28% dos decêndios apresentaram índices iguais. A diferença entre o menor e o maior valor decendial do IND nestas duas localidades foi parecida (0,22 em Alegrete e 0,19 em São Borja), ficando entre as maiores diferenças observadas em todo o Estado.

TABELA 11. Médias climatológicas mensal e decendial do Índice de Nebulosidade Diurna (IND), período 1960-2005.

		Alegrete	Bagé	Bom Jesus	Caxias do Sul	Cruz Alta	Encruzilhada do Sul	Iraí	Júlio de Castilhos	Passo Fundo
Janeiro	dec. 1	0,35	0,43	0,56	0,48	0,41	0,45	0,40	0,37	0,42
	dec. 2	0,34	0,41	0,52	0,45	0,42	0,43	0,41	0,35	0,42
	dec. 3	0,32	0,45	0,53	0,49	0,42	0,46	0,43	0,38	0,44
	<b>Mensal</b>	<b>0,34</b>	<b>0,43</b>	<b>0,54</b>	<b>0,48</b>	<b>0,42</b>	<b>0,45</b>	<b>0,41</b>	<b>0,37</b>	<b>0,43</b>
Fevereiro	dec. 1	0,35	0,46	0,52	0,49	0,43	0,49	0,41	0,38	0,44
	dec. 2	0,36	0,47	0,55	0,50	0,41	0,49	0,45	0,39	0,45
	dec. 3	0,32	0,45	0,53	0,47	0,47	0,46	0,48	0,36	0,42
	<b>Mensal</b>	<b>0,34</b>	<b>0,46</b>	<b>0,53</b>	<b>0,49</b>	<b>0,43</b>	<b>0,48</b>	<b>0,45</b>	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>
Março	dec. 1	0,36	0,46	0,52	0,49	0,40	0,47	0,43	0,37	0,43
	dec. 2	0,41	0,49	0,53	0,48	0,39	0,49	0,44	0,38	0,44
	dec. 3	0,36	0,47	0,53	0,51	0,43	0,46	0,45	0,37	0,46
	<b>Mensal</b>	<b>0,38</b>	<b>0,47</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>	<b>0,38</b>	<b>0,45</b>
Abril	dec. 1	0,37	0,49	0,50	0,49	0,41	0,48	0,44	0,39	0,44
	dec. 2	0,43	0,53	0,57	0,53	0,50	0,52	0,50	0,44	0,48
	dec. 3	0,35	0,52	0,54	0,50	0,41	0,51	0,48	0,39	0,45
	<b>Mensal</b>	<b>0,38</b>	<b>0,52</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,44</b>	<b>0,51</b>	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,46</b>
Maio	dec. 1	0,39	0,47	0,55	0,48	0,43	0,49	0,50	0,42	0,46
	dec. 2	0,41	0,54	0,57	0,52	0,46	0,50	0,51	0,44	0,47
	dec. 3	0,40	0,51	0,55	0,47	0,46	0,50	0,50	0,43	0,41
	<b>Mensal</b>	<b>0,40</b>	<b>0,51</b>	<b>0,55</b>	<b>0,49</b>	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>
Junho	dec. 1	0,50	0,56	0,61	0,54	0,48	0,55	0,57	0,49	0,50
	dec. 2	0,49	0,64	0,60	0,57	0,54	0,55	0,57	0,48	0,52
	dec. 3	0,52	0,62	0,60	0,52	0,52	0,56	0,53	0,49	0,49
	<b>Mensal</b>	<b>0,50</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>
Julho	dec. 1	0,48	0,57	0,61	0,59	0,49	0,57	0,55	0,50	0,51
	dec. 2	0,50	0,53	0,54	0,51	0,48	0,52	0,53	0,47	0,47
	dec. 3	0,46	0,57	0,55	0,51	0,47	0,55	0,50	0,47	0,46
	<b>Mensal</b>	<b>0,48</b>	<b>0,56</b>	<b>0,57</b>	<b>0,54</b>	<b>0,48</b>	<b>0,55</b>	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>
Agosto	dec. 1	0,49	0,59	0,59	0,53	0,53	0,57	0,55	0,47	0,50
	dec. 2	0,44	0,56	0,58	0,55	0,49	0,54	0,55	0,45	0,49
	dec. 3	0,47	0,61	0,62	0,60	0,51	0,59	0,57	0,48	0,53
	<b>Mensal</b>	<b>0,47</b>	<b>0,59</b>	<b>0,60</b>	<b>0,56</b>	<b>0,51</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>
Setembro	dec. 1	0,43	0,55	0,55	0,54	0,48	0,55	0,58	0,45	0,51
	dec. 2	0,53	0,59	0,60	0,63	0,55	0,61	0,62	0,55	0,60
	dec. 3	0,46	0,56	0,60	0,58	0,52	0,59	0,58	0,48	0,56
	<b>Mensal</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0,51</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,56</b>
Outubro	dec. 1	0,45	0,53	0,55	0,54	0,49	0,57	0,55	0,44	0,53
	dec. 2	0,39	0,47	0,56	0,54	0,46	0,54	0,50	0,41	0,50
	dec. 3	0,39	0,49	0,53	0,54	0,44	0,53	0,50	0,39	0,49
	<b>Mensal</b>	<b>0,41</b>	<b>0,50</b>	<b>0,55</b>	<b>0,54</b>	<b>0,47</b>	<b>0,55</b>	<b>0,52</b>	<b>0,42</b>	<b>0,51</b>
Novembro	dec. 1	0,41	0,49	0,53	0,51	0,46	0,51	0,50	0,41	0,47
	dec. 2	0,31	0,44	0,50	0,47	0,42	0,45	0,43	0,34	0,42
	dec. 3	0,33	0,42	0,50	0,49	0,42	0,44	0,38	0,37	0,42
	<b>Mensal</b>	<b>0,35</b>	<b>0,45</b>	<b>0,51</b>	<b>0,49</b>	<b>0,43</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>
Dezembro	dec. 1	0,32	0,41	0,52	0,49	0,40	0,45	0,40	0,34	0,41
	dec. 2	0,33	0,42	0,55	0,52	0,40	0,45	0,41	0,35	0,39
	dec. 3	0,31	0,41	0,56	0,53	0,40	0,44	0,39	0,34	0,40
	<b>Mensal</b>	<b>0,32</b>	<b>0,41</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>

TABELA 11. (continuação)

		Porto Alegre	Rio Grande	Santa Maria	Santa Rosa	São Borja	Santa Vitória do Palmar	São Luiz Gonzaga	Uruguiana
Janeiro	dec. 1	0,43	0,40	0,44	0,38	0,33	0,39	0,44	0,37
	dec. 2	0,43	0,39	0,44	0,45	0,32	0,36	0,44	0,34
	dec. 3	0,45	0,42	0,47	0,45	0,37	0,42	0,46	0,37
	Mensal	<b>0,44</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>	<b>0,43</b>	<b>0,34</b>	<b>0,39</b>	<b>0,45</b>	<b>0,36</b>
Fevereiro	dec. 1	0,45	0,45	0,48	0,41	0,35	0,44	0,45	0,43
	dec. 2	0,46	0,43	0,46	0,38	0,36	0,41	0,43	0,40
	dec. 3	0,44	0,44	0,45	0,40	0,35	0,43	0,47	0,38
	Mensal	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>	<b>0,40</b>	<b>0,35</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>
Março	dec. 1	0,44	0,44	0,46	0,40	0,38	0,43	0,42	0,43
	dec. 2	0,47	0,48	0,48	0,39	0,38	0,46	0,45	0,42
	dec. 3	0,45	0,45	0,47	0,39	0,36	0,43	0,42	0,41
	Mensal	<b>0,45</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>
Abril	dec. 1	0,45	0,46	0,46	0,42	0,38	0,45	0,43	0,42
	dec. 2	0,50	0,51	0,52	0,51	0,45	0,44	0,49	0,46
	dec. 3	0,50	0,46	0,51	0,45	0,40	0,44	0,45	0,45
	Mensal	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,41</b>	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>	<b>0,44</b>
Maio	dec. 1	0,48	0,45	0,49	0,45	0,39	0,42	0,43	0,40
	dec. 2	0,52	0,52	0,53	0,50	0,43	0,51	0,49	0,47
	dec. 3	0,51	0,50	0,52	0,46	0,40	0,49	0,46	0,49
	Mensal	<b>0,50</b>	<b>0,49</b>	<b>0,52</b>	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>
Junho	dec. 1	0,56	0,55	0,59	0,54	0,45	0,53	0,54	0,54
	dec. 2	0,57	0,59	0,59	0,54	0,49	0,53	0,58	0,57
	dec. 3	0,57	0,58	0,59	0,54	0,46	0,55	0,55	0,57
	Mensal	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,59</b>	<b>0,54</b>	<b>0,47</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>
Julho	dec. 1	0,59	0,59	0,60	0,53	0,47	0,54	0,56	0,54
	dec. 2	0,52	0,55	0,56	0,49	0,47	0,52	0,50	0,49
	dec. 3	0,54	0,56	0,56	0,43	0,46	0,53	0,49	0,48
	Mensal	<b>0,55</b>	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,49</b>	<b>0,47</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>	<b>0,51</b>
Agosto	dec. 1	0,56	0,56	0,57	0,47	0,47	0,54	0,51	0,51
	dec. 2	0,53	0,52	0,54	0,47	0,43	0,47	0,52	0,46
	dec. 3	0,58	0,58	0,57	0,47	0,43	0,54	0,54	0,48
	Mensal	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>
Setembro	dec. 1	0,53	0,52	0,52	0,46	0,41	0,50	0,54	0,46
	dec. 2	0,61	0,59	0,59	0,52	0,49	0,56	0,58	0,49
	dec. 3	0,56	0,57	0,56	0,54	0,46	0,54	0,54	0,49
	Mensal	<b>0,57</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,53</b>	<b>0,55</b>	<b>0,48</b>
Outubro	dec. 1	0,53	0,54	0,52	0,49	0,41	0,52	0,52	0,47
	dec. 2	0,50	0,49	0,47	0,48	0,39	0,48	0,49	0,42
	dec. 3	0,51	0,50	0,49	0,46	0,38	0,48	0,50	0,41
	Mensal	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,50</b>	<b>0,48</b>	<b>0,40</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>
Novembro	dec. 1	0,50	0,51	0,48	0,47	0,39	0,48	0,49	0,43
	dec. 2	0,44	0,43	0,43	0,44	0,34	0,42	0,45	0,36
	dec. 3	0,45	0,42	0,44	0,41	0,30	0,39	0,44	0,36
	Mensal	<b>0,46</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,34</b>	<b>0,43</b>	<b>0,46</b>	<b>0,38</b>
Dezembro	dec. 1	0,45	0,39	0,42	0,45	0,33	0,41	0,45	0,37
	dec. 2	0,44	0,42	0,43	0,41	0,33	0,42	0,46	0,37
	dec. 3	0,44	0,40	0,42	0,43	0,32	0,40	0,44	0,34
	Mensal	<b>0,44</b>	<b>0,41</b>	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>	<b>0,33</b>	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,36</b>

O índice de nebulosidade diurna apresentou em todas as localidades os maiores valores durante os decêndios referentes ao inverno, enquanto que durante o verão ocorreram os menores valores. As estações de transição outono e primavera apresentam uma distribuição semelhante do índice ao longo dos decêndios, mudando apenas o sentido de variação, que no outono está aumentando e na primavera diminuindo com o passar dos decêndios.

Fica evidente uma grande amplitude do índice nas estações, mas não quando se comparam as amplitudes entre uma estação do ano e outra, pois das quatro, três apresentaram amplitudes próximas, são elas: verão com 0,24, outono com 0,22 e inverno com 0,21. A primavera foi a estação que apresentou a maior variação decencial do IND, com uma amplitude de 0,33.

No que se refere ao comportamento mensal do índice observa-se uma similaridade entre todas as localidades ao longo do ano. O mês central do inverno (julho) destaca-se por apresentar a menor diferença entre as localidades no valor mensal do índice, apenas 0,10. Outro mês que se destacou foi o de início do verão (dezembro) que apresentou a maior amplitude mensal (0,22) no IND; os outros meses se mantiveram com uma diferença no índice de 0,15 a 0,20 entre as localidades.

Na análise da distribuição temporal decencial para todo o Estado (Figura 8a) o índice de nebulosidade diurna apresentou o maior valor no decêndio 26 (2° decêndio de setembro) com um índice de 0,58, seguido dos decêndios 17 (2° decêndio de junho) e 19 (1° decêndio de julho) com 0,56 e o menor nos decêndios 2 (2° de janeiro), decêndio 33 (3° de novembro) e decêndio 36 (3° de dezembro) com 0,42, com isso a amplitude observada para todo o Estado foi de 0,16.

Na análise decencial destaca-se uma seqüência de quatro decêndios contíguos com um IND máximo, são eles: 16, 17, 18 e 19. O valor do índice nesses decêndios foi de 0,55, 0,56, 0,55 e 0,56, respectivamente. Estes decêndios representam o mês junho e primeiro decêndio de julho.

A variação do IND decencial Estadual entre três das estações do ano foi pequena, sendo de 0,02 no verão, 0,07 no outono e 0,05 no inverno. A primavera apresentou grande variabilidade entre os decêndios de 0,43 a 0,58, o que representa uma amplitude de 0,15.

Na análise da distribuição temporal mensal do índice de nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul (Figura 8b) observou-se que, em média, os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentaram os maiores valores de IND, coerente com a distribuição

decendial. Nestes meses o índice se manteve superior a 0,53. Os meses com o menor índice de nebulosidade diurna médio do Estado foram janeiro e dezembro, com 0,43 e 0,42, respectivamente.

O comportamento do IND analisado neste trabalho para o Estado é coerente com os resultados obtidos por Custódio et al. (2006) sobre a insolação no Estado, mesmo sendo considerado um período menor e um número inferior de localidades.

A distribuição temporal do IND das localidades de uma forma geral apresentou o mesmo comportamento Estadual com os maiores valores decendiais e mensais no período de inverno e os menores no verão, conforme pode ser observado no Apêndice 3 a 19, com exceção de Bom Jesus onde os valores decendiais diferem das outras localidades quanto aos maiores e menores valores.

A Figura 9 mostra a distribuição, ou probabilidade empírica, do IND (diagrama de caixa), através do ano. Este diagrama é uma técnica interessante para uma análise exploratória dos dados, conforme Wilks (1995). Considera toda a série dos dados, mostrando diversos aspectos úteis a análise climatológica, como variabilidade, assimetria da distribuição, além de permitir estimativas de frequência ou probabilidade empíricas. Por exemplo, o tamanho das caixas, que contém 50% dos dados, dá uma idéia da variabilidade dos dados. Quando a mediana coincide com a média aritmética a distribuição da variável é simétrica.

A Figura 9 mostra que os três meses de inverno (junho, julho e agosto) possuem as maiores variabilidades no IND, sendo que dentre estes, agosto apresenta a maior variabilidade. Durante o restante do ano os meses apresentaram uma variabilidade menor e muito semelhante.

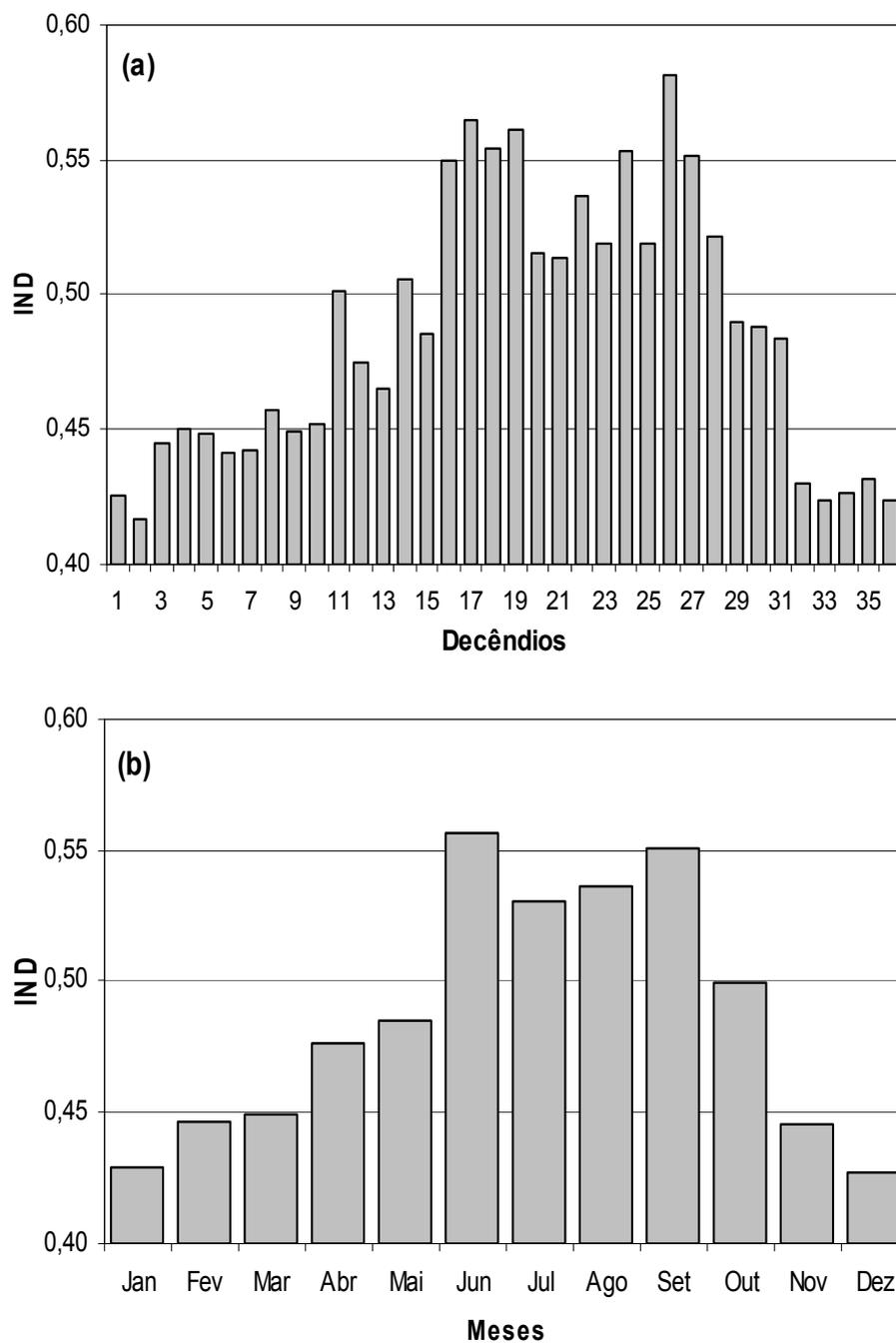


FIGURA 8. Média climatológica decennial (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) no estado do Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

O mês de junho foi o que apresentou os maiores valores do IND, com aproximadamente 80% de probabilidade do índice ser superior a 0,50. Nos meses de julho, agosto e setembro, embora com valores altos do índice, há 75% de probabilidade de seus valores ficarem abaixo da mediana de junho. O mês agosto apresentou a maior variabilidade do IND e setembro a menor. O mês de dezembro destacou-se com os menores valores do índice, com aproximadamente 50% deles abaixo de 0,40.

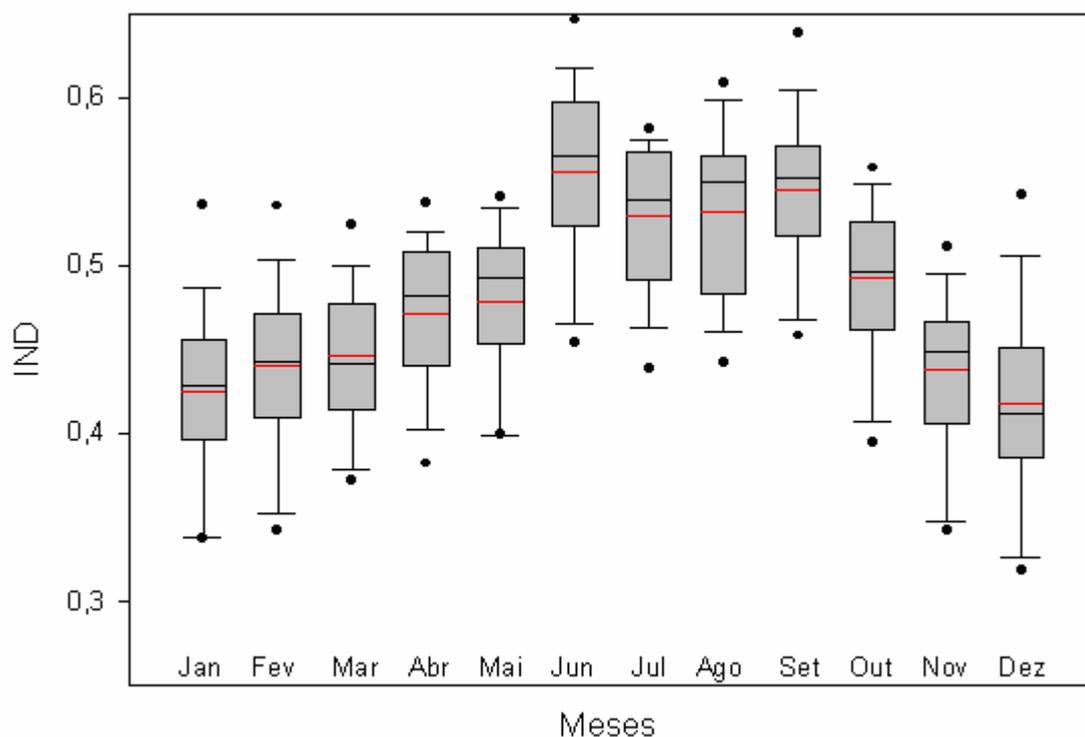


FIGURA 9. Distribuição (diagrama de caixa) do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha vermelha); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.

As Figuras 10 a 15 apresentam a distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna para os 36 decêndios do ano no período de 1960-2005 para o Rio Grande do Sul. A análise espacial mostra que a região oeste do Estado é a que apresenta os menores valores de IND na maior parte dos decêndios, do 1 ao 15 e do 27 ao 36 (27 no total), o que representa 75% dos decêndios com um gradiente, aproximadamente, oeste-leste, que são referentes ao verão, primavera e outono.

Nos decêndios que correspondem ao inverno (16 a 24) os menores valores deslocam-se para noroeste do Estado, não apresentando nenhum gradiente claro neste período. Os decêndios de inverno apresentaram pouca diferença no valor do índice em todo o Estado, apenas 0,06, com exceção dos decêndios 21, 22 e 24 com 0,09, 0,08 e 0,12, respectivamente. Nos decêndios referentes às outras estações do ano o índice teve uma maior variabilidade espacial, apresentando um IND entre 0,09 e 0,15, sendo que do último decêndio da primavera (dec 33) até o último de janeiro (dec 3), que representam o final da primavera início de verão, essa diferença foi de 0,15, chegando a 0,18 no decêndio 36, que de todos é o que se destaca com a maior diferença do IND. O decêndio com a menor diferença foi o 16 com 0,04, correspondente ao primeiro decêndio do inverno.

As Figuras 16 e 17 representam a distribuição espacial mensal do IND no Estado, e, coerentemente com a distribuição decendial, mostram que o oeste-noroeste é a região de menor índice. O maior índice de nebulosidade diurna, na maioria dos meses (7) encontra-se na região nordeste do Estado e no restante 5 meses (junho, julho, agosto, setembro e outubro) o máximo se desloca para o leste e sul do Estado.

O mês que apresentou a maior variação espacial (0,15) do IND foi dezembro, que correspondente ao mês de início do verão, enquanto que para a menor diferença não ocorreu um valor que se destaca dos outros, pois em todos os meses do inverno, maio e setembro o menor valor (0,06) foi observado.

Neste trabalho as regiões onde se observou o maior e o menor IND decendial e mensal no Estado, estão de acordo com o estudo feito sobre a distribuição espacial da duração do brilho solar (insolação) no Rio Grande do Sul (Custódio et. al., 2007).

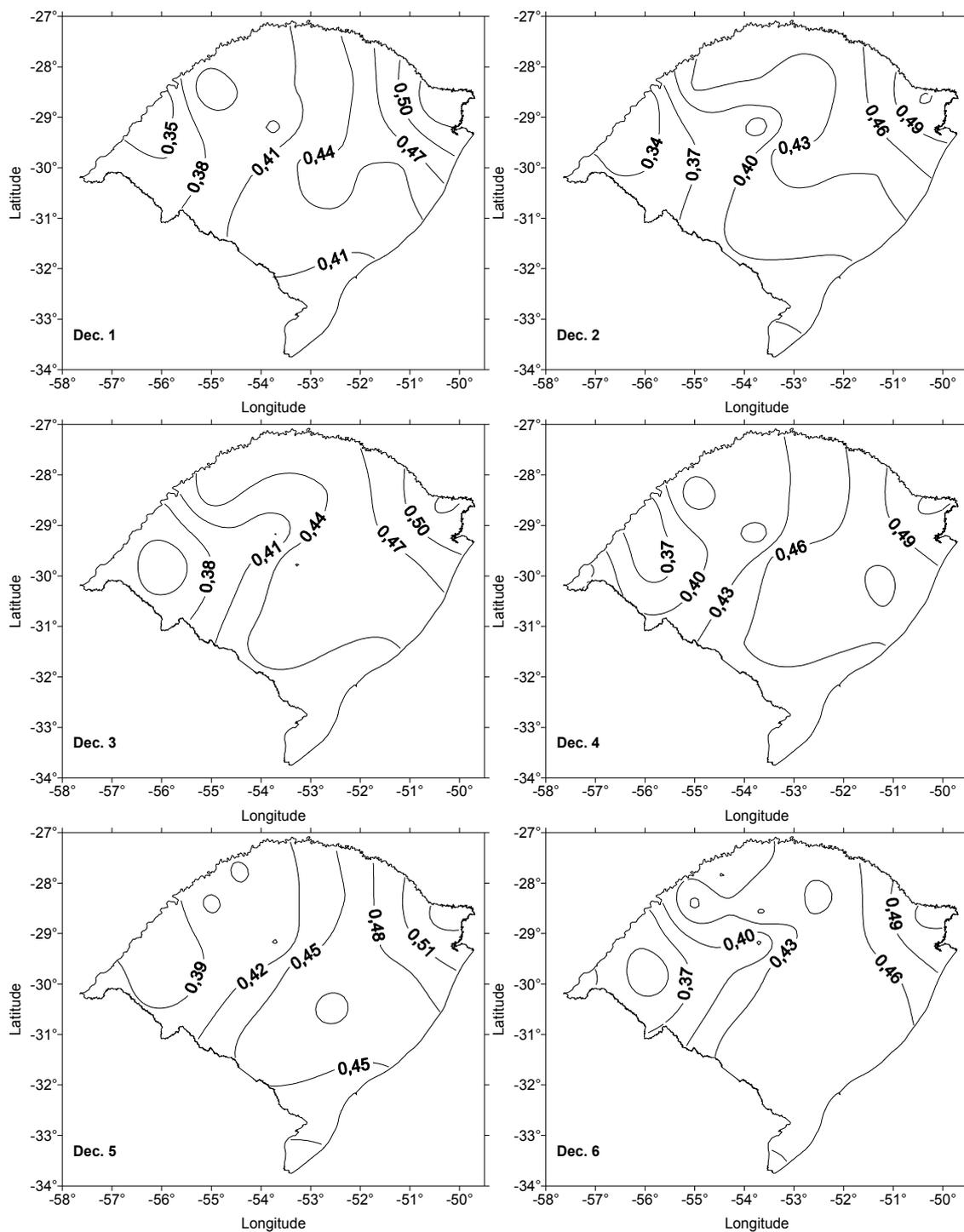


FIGURA 10. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 1 ao 6, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

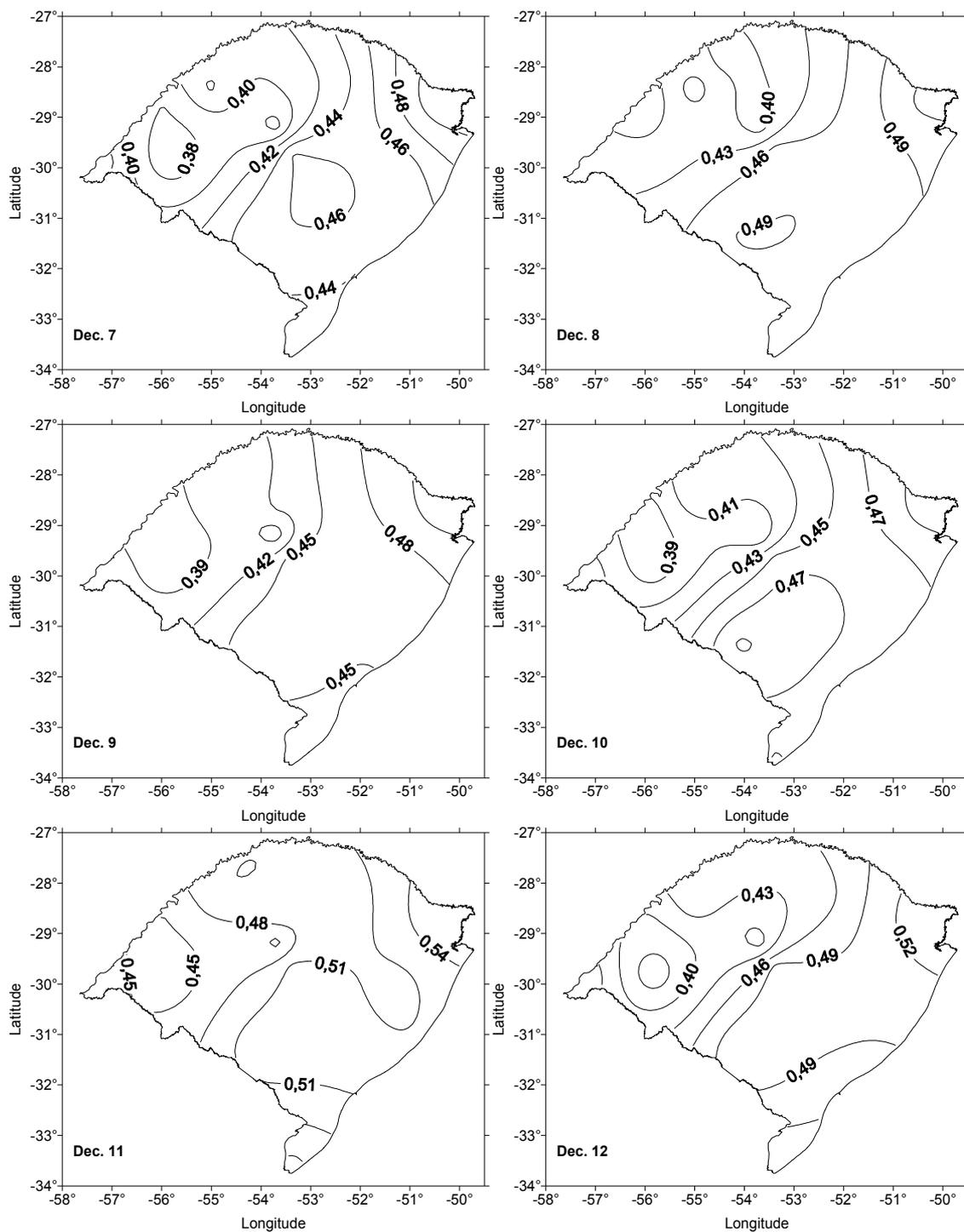


FIGURA 11. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 7 ao 12, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

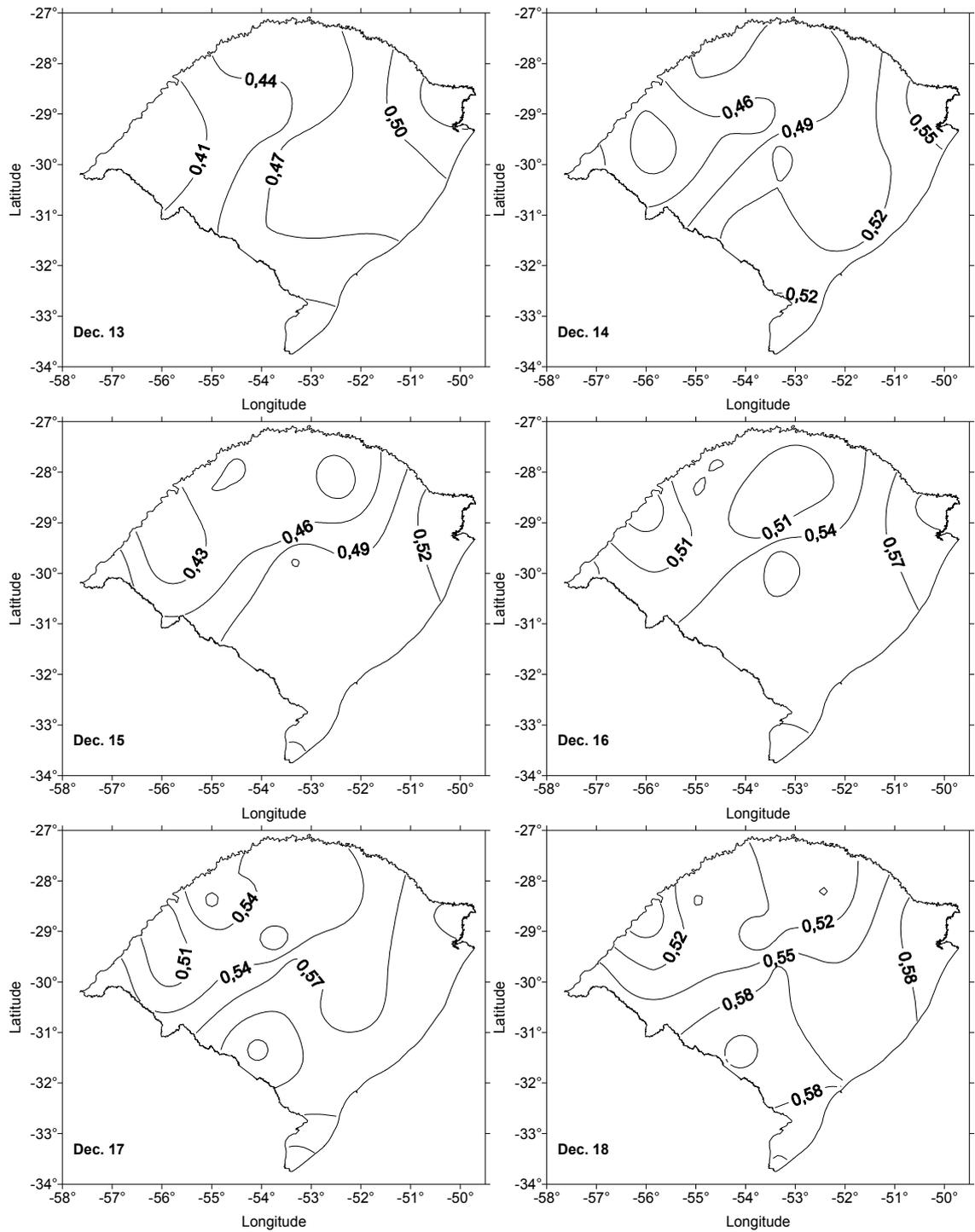


FIGURA 12. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 13 ao 18, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

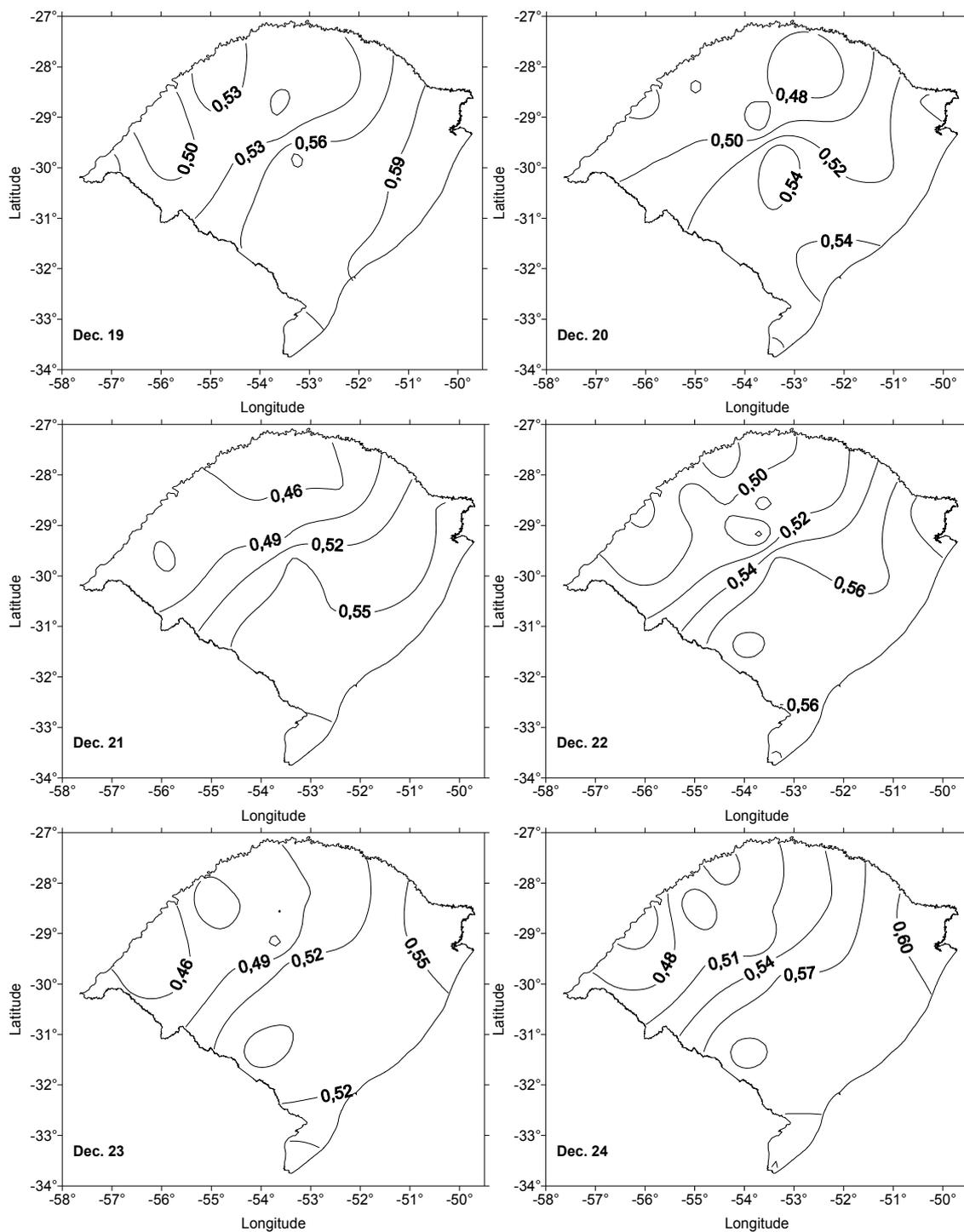


FIGURA 13. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 19 ao 24, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

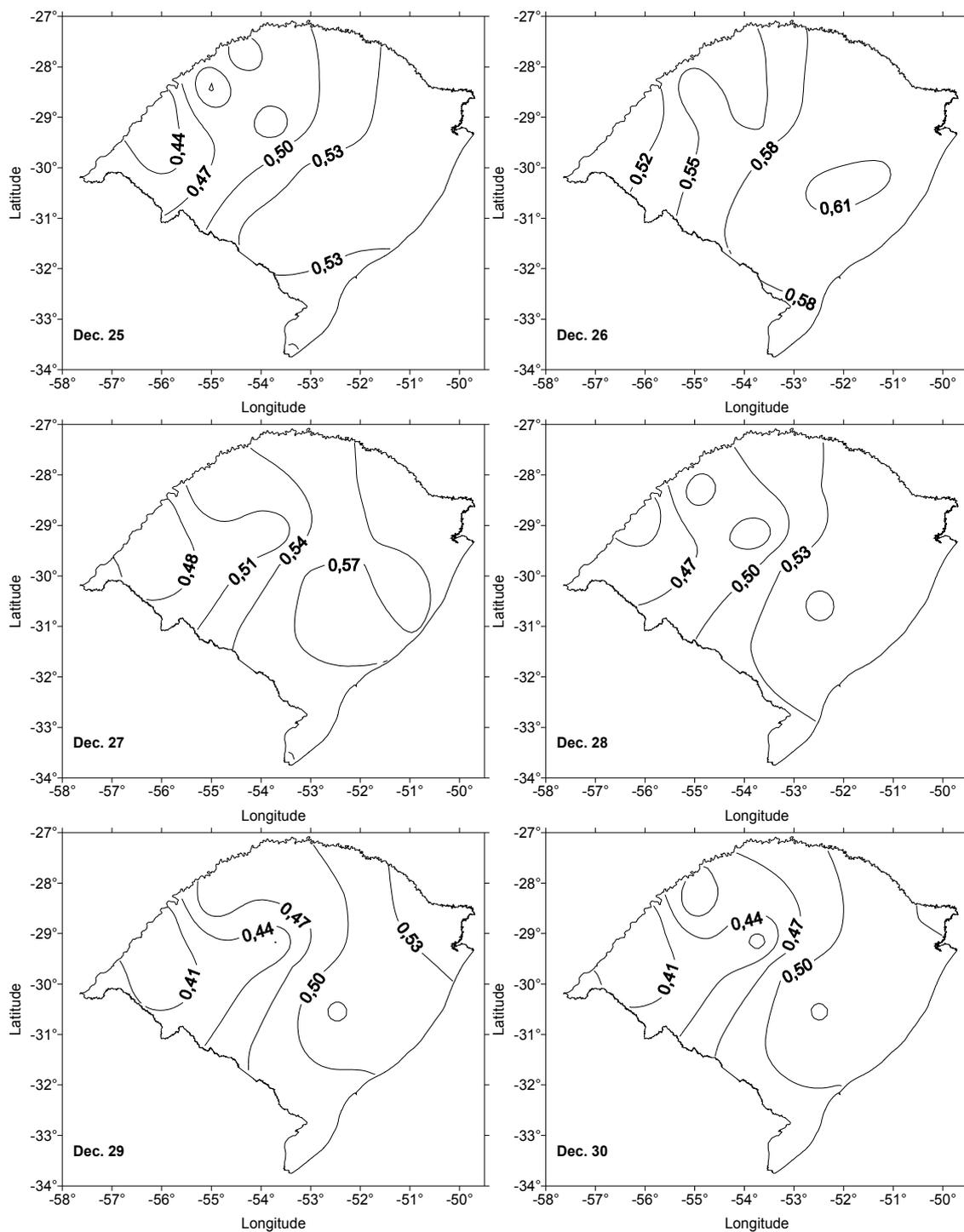


FIGURA 14. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 25 ao 30, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

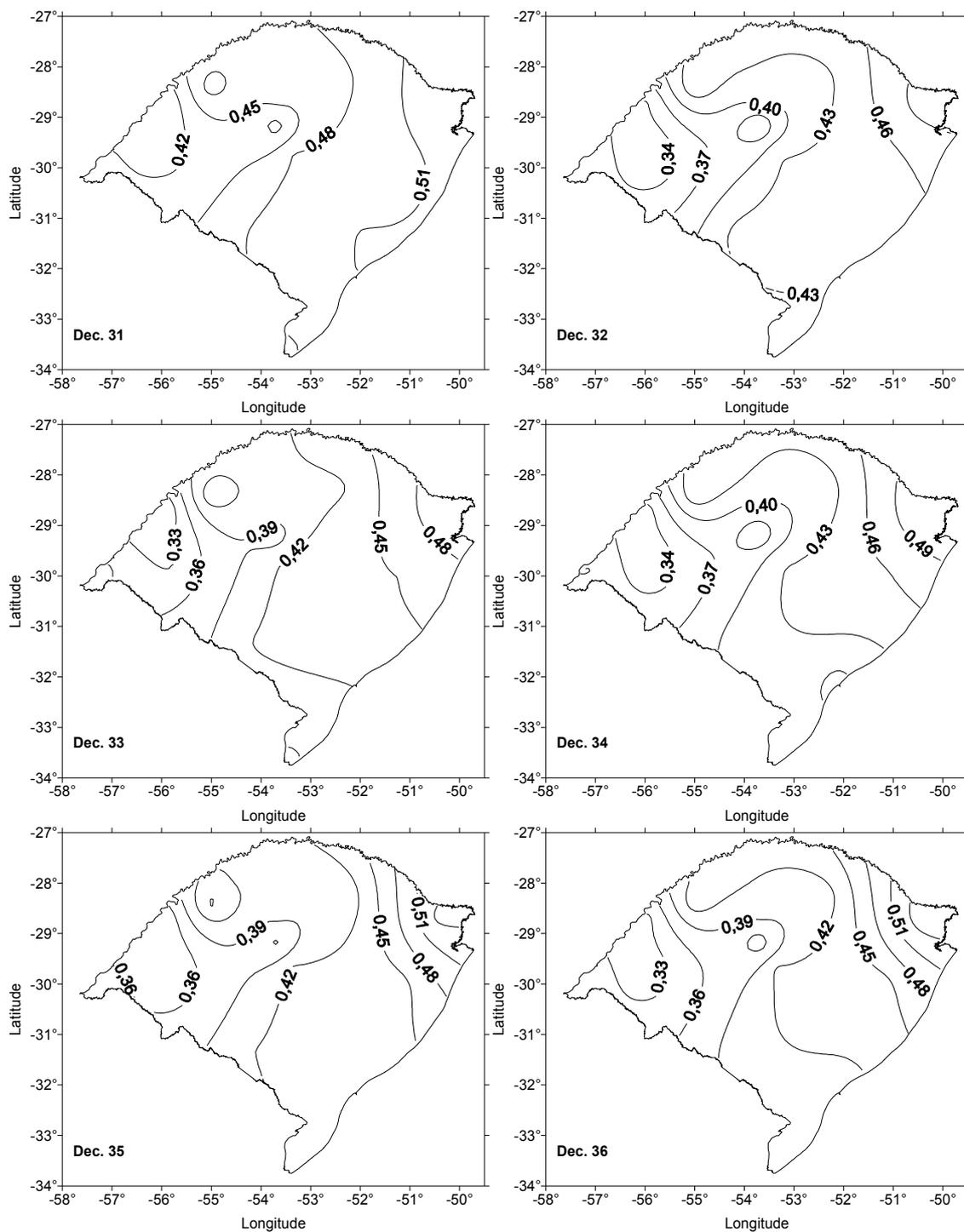


FIGURA 15. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) dos decêndios 31 ao 36, no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

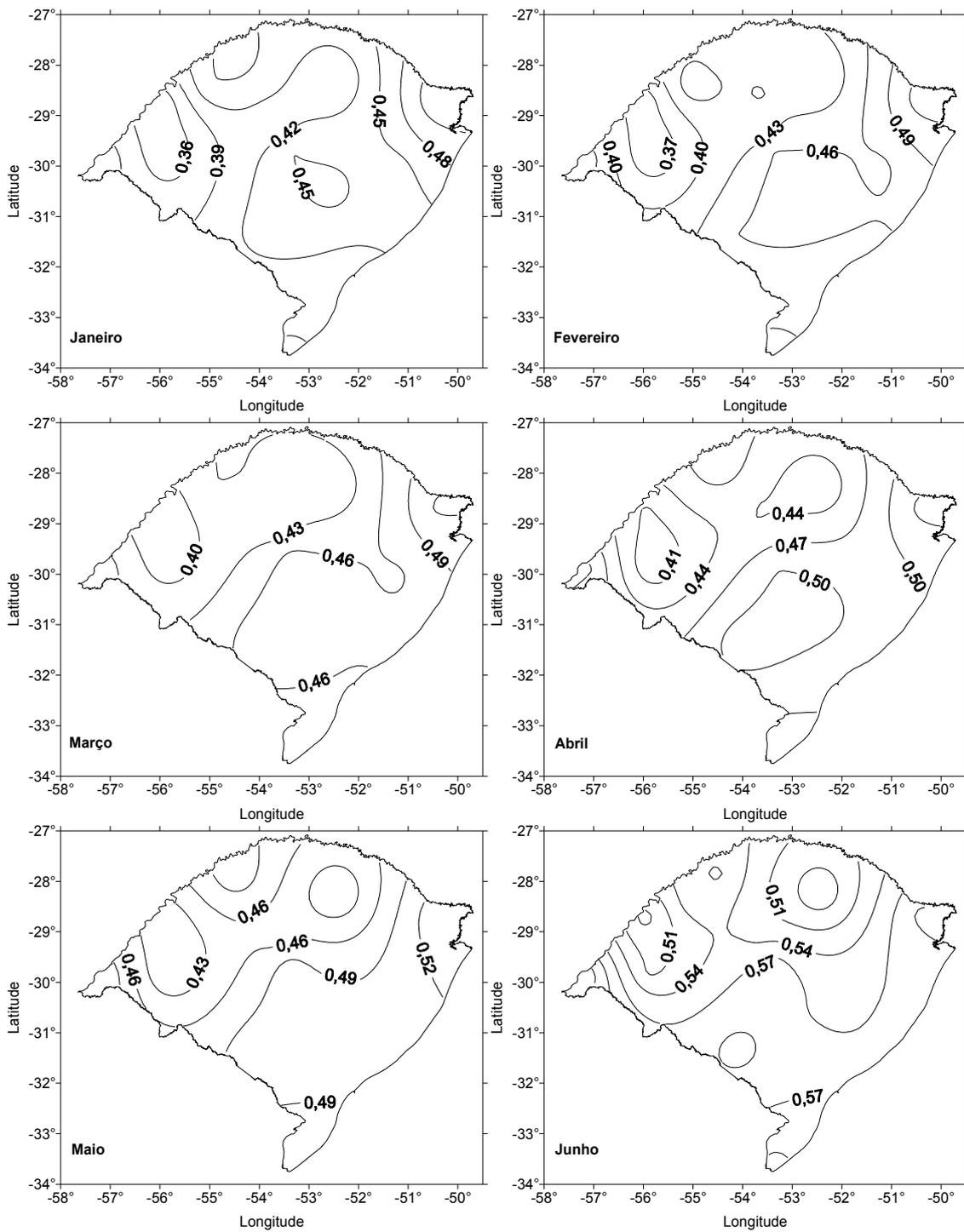


FIGURA 16. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

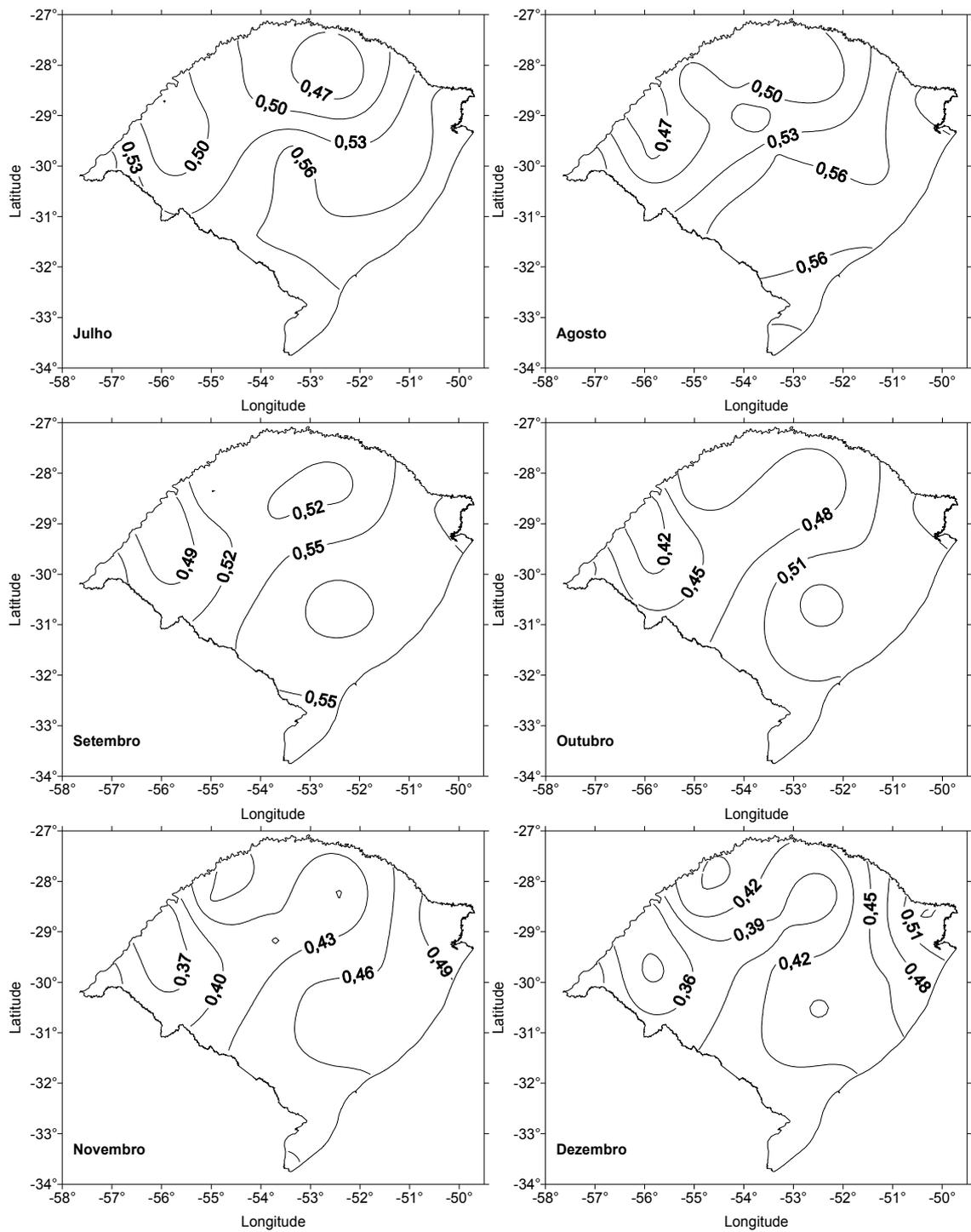


FIGURA 17. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

#### **4.2. Tendência temporal anual e estacional do IND**

A Figura 18 mostra a tendência temporal anual e estacional do índice de nebulosidade diurna para o Estado do Rio Grande do Sul no período 1960-2005. A análise da tendência temporal mostrou uma tendência de incremento no índice de nebulosidade diurna (IND) para a análise anual e nas quatro estações do ano no Rio Grande do Sul. O outono foi a estação do ano com o maior incremento do IND e o inverno a de menor.

A tendência temporal anual e do outono foi estatisticamente significativa a 1% de probabilidade. Para o verão a tendência foi significativa a 5% de probabilidade. No inverno e na primavera o índice de nebulosidade diurna não apresentou uma tendência estatisticamente significativa nos níveis probabilísticos adotados.

A tendência observada para o IND é coerente com os estudos feitos da precipitação pluvial, que mostraram tanto aumento de precipitação pluvial total, como do número de dias de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul (Fontana & Almeida, 2002; Martins & Berlato, 2005).

Estas tendências são coerentes também com os resultados de Custódio et. al. (2007) sobre a tendência da insolação no Rio Grande do Sul, com exceção do outono que aqui apresentou uma tendência de incremento significativa e no estudo anterior não apresentou uma tendência estatisticamente significativa. Esta diferença pode ter ocorrido por este estudo considerar um período maior (1960-2005).

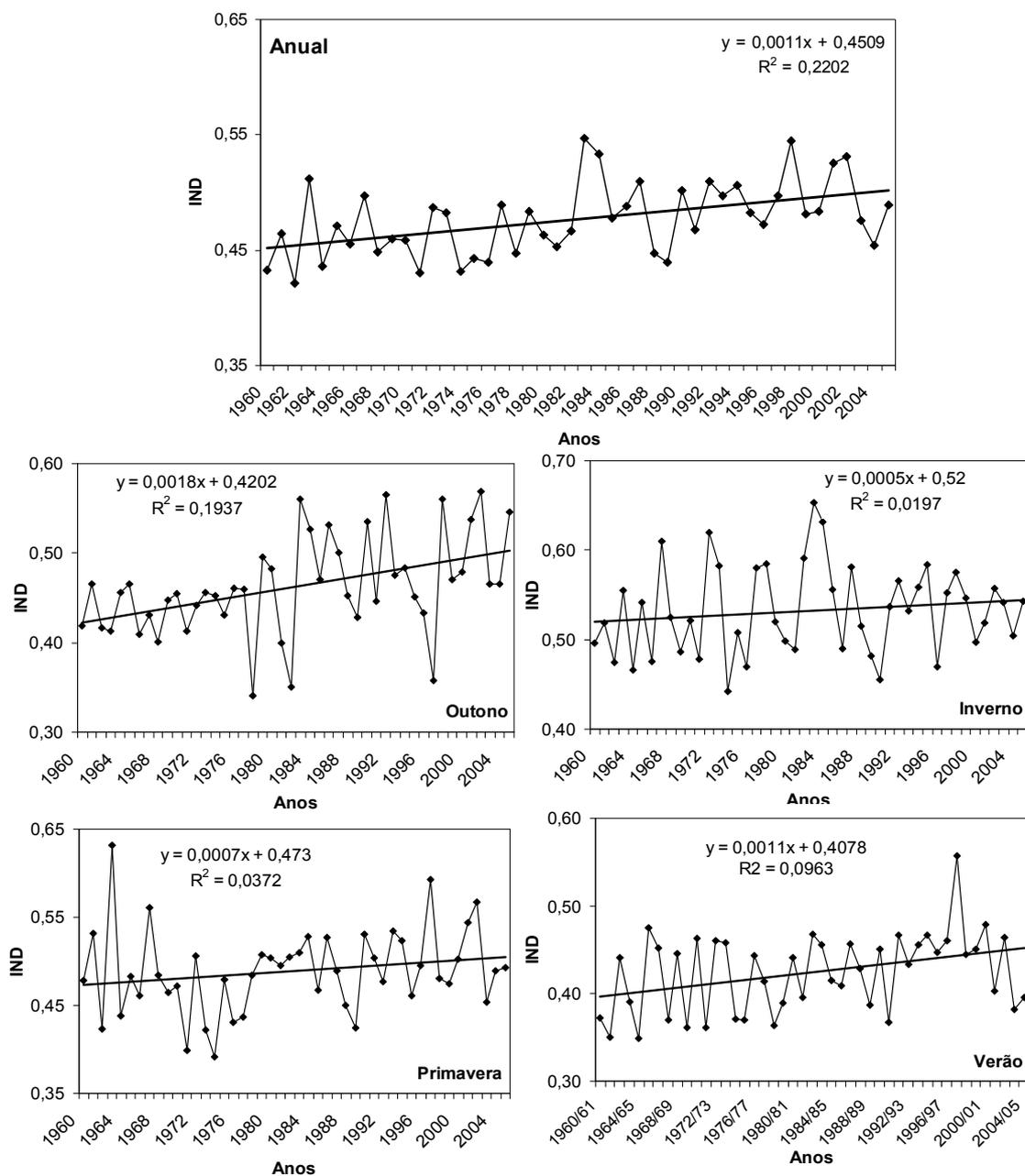


FIGURA 18. Tendência linear anual e estacional do índice de nebulosidade diurna (IND) do Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

### 4.3. Climatologia dos impactos do ENOS

Na Figura 19 está representada a climatologia mensal para todo o Rio Grande do Sul (a) e suas metades norte (b) e sul (c) para o caso de ocorrência de El Niño, La Niña e anos neutros.

Na climatologia mensal Estadual (Figura 19a) observou-se que no caso de El Niño o índice de nebulosidade diurna foi superior ao do neutro em 9 meses. As maiores diferenças entre El Niño e neutro ocorreram nos meses de inverno (junho, julho e agosto). Para o caso de La Niña observou-se que o índice foi inferior ao do neutro em 6 meses.

Quando comparado as duas fases do fenômeno ENOS, verificou-se que o IND durante a fase quente foi superior ao da fase fria em 10 meses, sendo que apenas nos meses de março e setembro o índice da fase fria foi superior.

Alguns meses apresentaram um comportamento que se destacou dos demais, como é o caso dos meses de março e setembro que apresentaram um IND no caso de La Niña superior tanto ao do neutro como o do El Niño. Assim como em outubro onde o índice dos anos neutros foi superior ao índice das duas fases do ENOS.

O mês de novembro se destacou por apresentar os maiores impactos do ENOS no índice de nebulosidade diurna do Rio Grande do Sul, sendo o mês onde o IND entre os três casos apresentou as maiores diferenças.

A maior diferença entre os índices observados na fase quente e o neutro ocorreu em julho e novembro, 0,06. No caso da fase fria em relação ao neutro a maior diferença foi em outubro (0,07), seguido de novembro com 0,06. Quando comparado as duas fases a maior diferença foi observada no mês de novembro com 0,12.

Dos três casos analisados para o Rio Grande do Sul a La Niña apresentou a maior variabilidade ao longo do ano.

No Rio Grande do Sul o IND no caso de El Niño apresentou um comportamento superior tanto ao neutro como ao da La Niña na maioria dos meses. Já no caso da La Niña não foi identificado qualquer comportamento evidente em relação ao neutro, apenas em relação ao El Niño quando se manteve inferior na maior parte do ano.

O período de outubro a dezembro, principalmente o bimestre outubro-novembro foi onde se verificaram as maiores diferenças entre o IND nas duas fases do ENOS. Este período de maior impacto do ENOS sobre o IND no Rio Grande do Sul concorda com os resultados determinados sobre a precipitação pluvial, número de dias

com precipitação pluvial e temperatura média mínima (Fontana & Berlato, 1997; Puchalski, 2000; Fontana & Almeida, 2002; Lopes & Berlato, 2003).

Na Figura 19b está a climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna para a metade norte do Estado. O IND para o caso de El Niño foi superior (com exceção de outubro) ao dos anos neutros. Quando o IND da La Niña é analisado em relação ao neutro o índice da fase fria foi inferior em apenas cinco meses.

Assim como para todo o Estado, na Metade Norte os meses contíguos de maior diferença entre El Niño e neutro ocorreram no inverno.

Uma característica interessante que a metade norte do estado apresentou é o comportamento do índice para o caso da La Niña nos meses de janeiro, março e agosto, que foi levemente maior do que os índices do El Niño e ano neutro. Este comportamento também foi observado em setembro, só que neste mês a fase fria apresentou um índice bem maior do que os outros dois casos.

Quando comparado o comportamento do IND no caso de El Niño e ano neutro a maior diferença observada foi de 0,09 no mês de julho. Para o caso da La Niña outubro foi o mês que apresentou a maior diferença em relação ao neutro (0,07). Entre as duas fases do ENOS essa diferença entre os índices foi bem maior, 0,11 em novembro, sendo que a segunda maior diferença foi de 0,06 (julho e outubro), ou seja, no mês de novembro foram observados os maiores impactos das duas fases do ENOS na nebulosidade do Estado.

O menor índice de nebulosidade diurna observado durante o El Niño foi no mês de janeiro (0,43) e os meses de junho e julho apresentaram o maior índice (0,56). Durante a La Niña o menor valor ocorreu em novembro (0,38) e o maior em setembro 0,56. Para os anos neutros o menor valor foi em dezembro (0,40) e em setembro o maior (0,53). As amplitudes foram de 0,13, 0,19 e 0,12, para o El Niño, La Niña e neutro, respectivamente, logo na metade norte a La Niña apresentou a maior variabilidade no índice de nebulosidade diurna.

A metade sul do Estado tem sua climatologia representada na Figura 19c, onde se observou que o índice de nebulosidade diurna para o caso de El Niño foi superior ao do neutro em 10 meses do ano. No caso do comportamento do índice da La Niña em relação ao neutro, a fase fria apresentou um índice inferior em 9 meses. Na análise do comportamento entre as duas fases o El Niño apresentou em 10 meses um índice superior ao da La Niña.

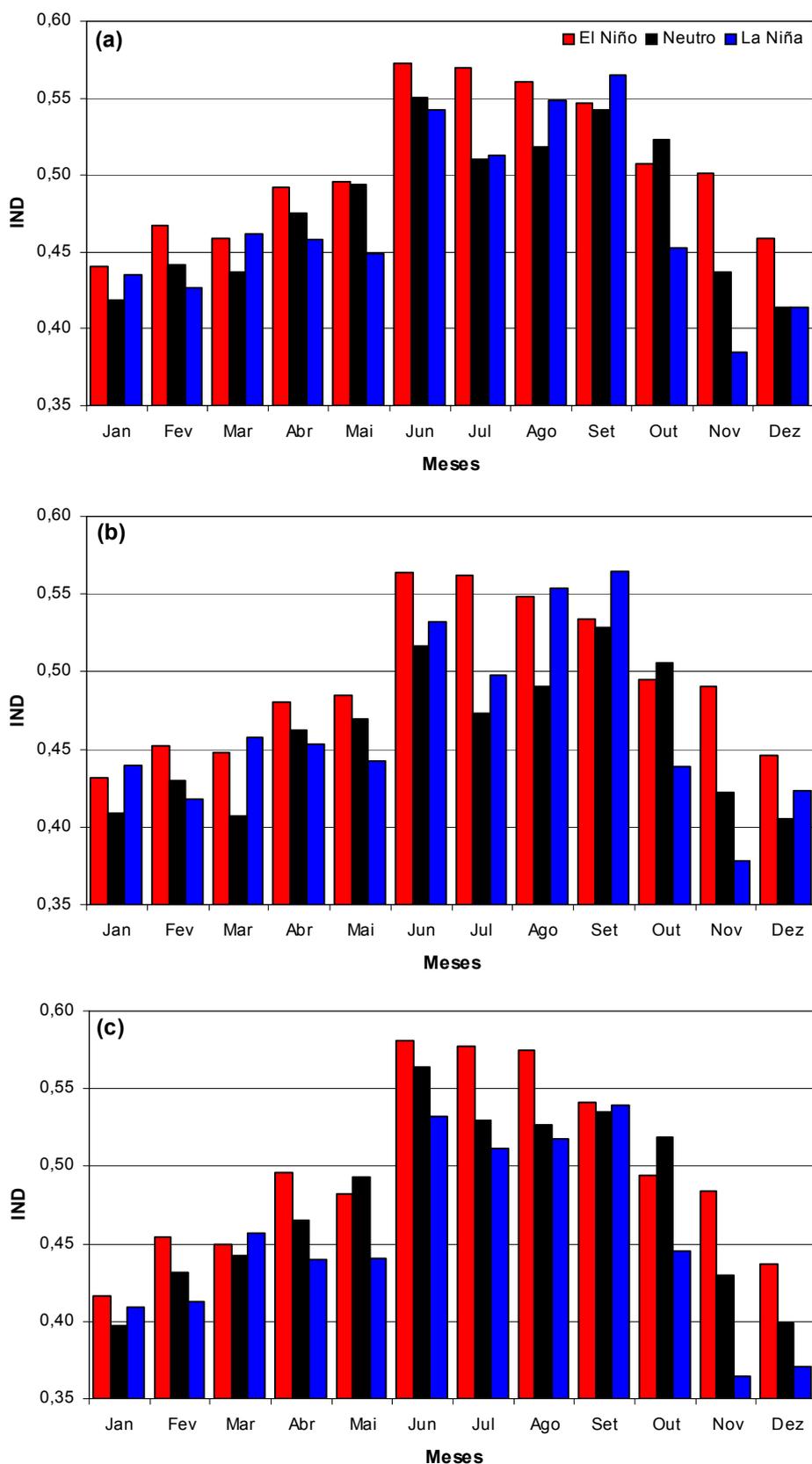


FIGURA 19. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diária (IND) do Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c), em anos de El Niño, La Niña e neutro, período 1960-2005.

Os índices apresentam grandes diferenças entre os três casos analisados, para o El Niño a maior diferença observada em relação ao ano neutro foi de 0,05 nos meses de julho, agosto e novembro. No caso de La Niña em relação ao neutro essa diferença foi de 0,07 nos meses de outubro e novembro. Quando as duas fases são comparadas, a diferença entre os índices é bem maior 0,12 que ocorreu no mês de novembro.

O menor índice observado para o El Niño foi de 0,42 no mês de janeiro e o maior (0,58) nos meses de junho e julho. A La Niña apresentou o menor valor em novembro (0,36) e o maior em setembro (0,54). No ano neutro o menor valor (0,40) ocorreu em janeiro e dezembro, enquanto que o maior (0,56) em junho.

Assim como ocorreu na metade norte e em todo o Estado o período de outubro a dezembro foi o de maior impacto do ENOS sobre o IND na metade sul. Mas uma característica interessante é que neste caso estes impactos foram bem mais acentuados do que nos outros dois. Outra característica comum é o comportamento do índice em caso de El Niño em relação ao neutro, que nas três análises climatológicas durante o período de inverno (junho, julho e agosto) apresentaram a maior diferença contínua entre os índices.

Na Figura 20 está representada a climatologia decendial do índice de nebulosidade diurna (IND) do Estado do Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c) do Estado, em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutro.

Na análise para todo o Estado (Figura 20a) em casos de ocorrência de El Niño o índice de nebulosidade diurna foi superior aos de anos neutros em 28 decêndios, ou seja, em 77,8% dos decêndios. Para o caso de La Niña o índice foi inferior ao neutro em 16 decêndios, e o neutro apresentou um índice inferior a fase fria também em 16 decêndios, ou seja, cada um apresentando o menor índice em 44,5% dos decêndios anuais. Quando comparado o índice de nebulosidade diurna do El Niño em relação a La Niña, o índice da fase quente foi superior ao da fase fria em 24 decêndios, o que representa 66,7% dos decêndios anuais.

Na análise, decendial um período que se destaca para o caso tanto de El Niño como de La Niña é o dos decêndios 30 ao 34 (3º decêndio de outubro, os 3 decêndios de novembro e 1º de dezembro), onde o IND dos anos de El Niño foi superior aos de anos neutros e de La Niña inferior aos anos neutros. Este padrão de comportamento do índice no Estado é coerente com os resultados sobre os impactos do

ENOS na precipitação pluvial total e no número de dias com precipitação pluvial (Fontana & Berlato, 1997, Fontana & Almeida, 2002).

A climatologia decendial para a metade norte (Figura 20b) mostrou que nos casos de El Niño 29 decêndios apresentaram um índice de nebulosidade diurna superior ao dos anos neutros, o que representa 80,6% dos decêndios anuais. Nos casos de La Niña em relação ao neutro, o índice foi inferior na fase fria em 12 decêndios, ou seja, em 33,3% dos decêndios anuais. Quando os índices das duas fases do ENOS são comparados tem-se em 22 decêndios o índice do El Niño superior ao de La Niña, ou seja, em 61,1% dos decêndios anuais. O período entre o decêndio 30 ao 33, destacou-se por apresentar nos três casos um índice de nebulosidade diurna em uma seqüência de decêndios com a maior diferença entre seus comportamentos. Também, neste período o IND dos eventos El Niño se manteve superior aos outros dois, La Niña inferior aos demais e o neutro entre o El Niño e La Niña, ou seja, comportamento muito semelhante ao de todo o Estado (Figura 20a).

Na análise da climatologia decendial do IND na metade sul (Figura 20c), observa-se que em anos de El Niño o índice é superior em 22 decêndios, o que equivale a 61,1% dos decêndios anuais. A análise dos casos de La Niña mostrou um índice inferior aos anos neutros em 24 decêndios, ou seja, em 66,7% dos decêndios anuais.

Assim como na metade norte e todo o Estado, na metade sul o período dos decêndios 30 ao 34 apresentou o mesmo padrão de comportamento dos índices nos três casos analisados, sendo que neste caso esse período se estendeu até o decêndio 36. Portanto, para o todo o Rio Grande do Sul, assim como na metade norte e na metade sul do Estado o período dos decêndios 30 ao 34 (3º decêndio de outubro, decêndios de novembro e 1º de dezembro), apresentaram as maiores diferenças contínuas entre o índice das duas fases do ENOS e anos neutros, sendo que para a metade sul isto permaneceu até o ultimo decêndio do ano (decêndio 36). O 1º decêndio de novembro (decêndio 31) foi quando se observou a maior diferença entre o IND do El Niño e La Niña, tanto na análise estadual como na das metades norte e sul.

Este período, que representa os decêndios do final do ano, foi o de maior impacto do fenômeno ENOS no índice de nebulosidade diurna estadual e de suas metades norte e sul, o que é coerente com o período observado nos estudos sobre os impactos do ENOS na insolação relativa, na precipitação pluvial total e no número de dias com precipitação pluvial (Fontana & Berlato, 1997, Fontana & Almeida, 2002, Custódio et al., 2006).

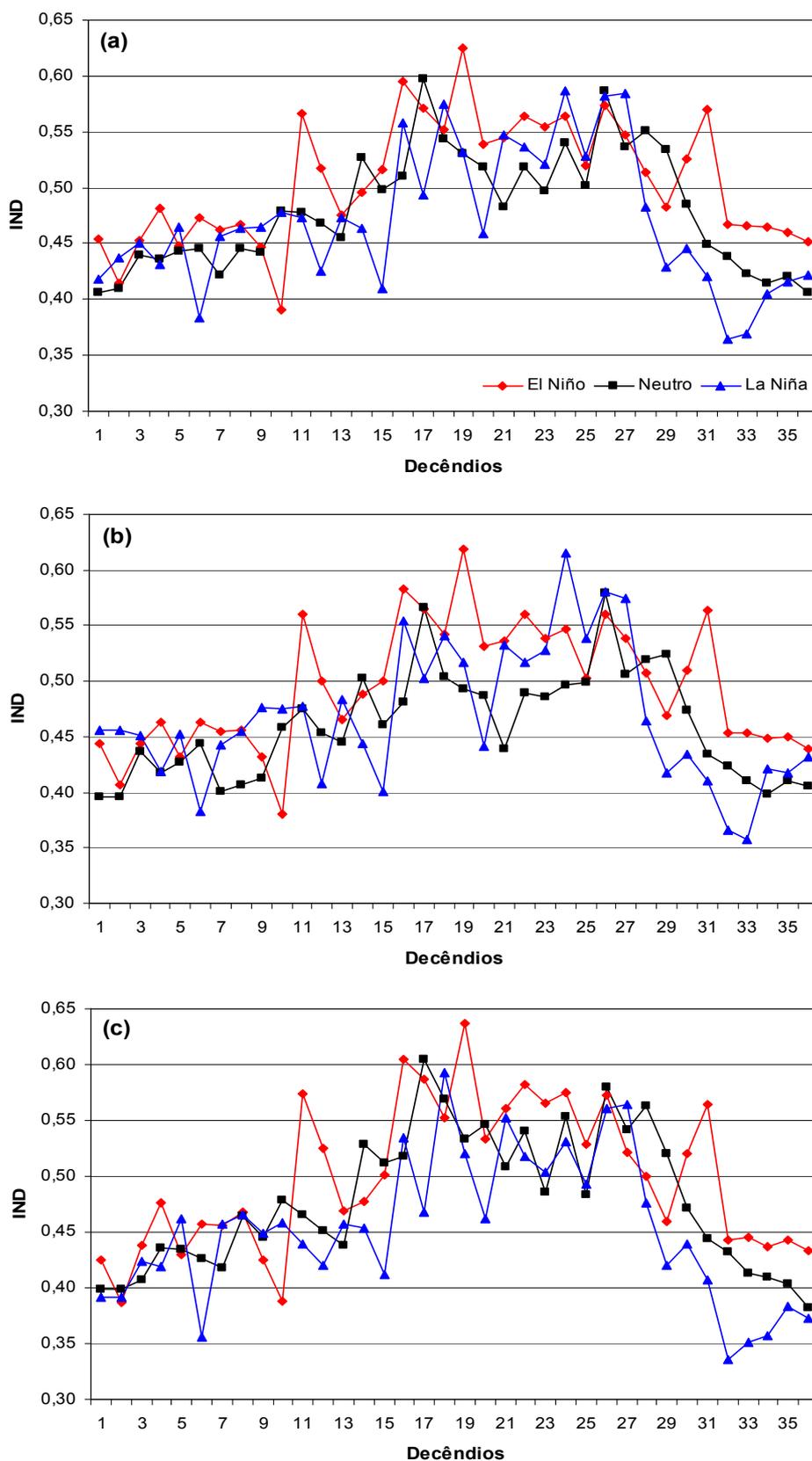


FIGURA 20. Climatologia decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) do Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c), em anos de El Niño, La Niña e neutro, período 1960-2005.

Nas três análises climatológicas o comportamento do El Niño em relação ao neutro foi bem definido, tendo o índice de nebulosidade diurna se mantido superior em grande parte dos decêndios anuais, tanto para o Estado como para suas duas metades.

O comportamento da La Niña em relação aos anos neutros não foi claro para a análise Estadual e da metade norte, pois o índice não foi significativamente inferior em nenhum dos casos. Na metade sul a La Niña apresentou um comportamento inferior do IND na maioria dos decêndios anuais.

Nos decêndios 32 e 33 (2° e 3° decêndios de novembro) para todo o Estado e nos decêndios 32, 33, e 34 (2° e 3° decêndios de novembro e 1 decêndio de dezembro) na metade sul, verifica-se o maior impacto da La Niña no índice, com IND próximo ou abaixo de 0,35.

Outra característica comum quanto ao índice do El Niño foi observada nos decêndios 11, 16 e 19, onde o índice de nebulosidade diurna teve picos.

A Figura 21 mostra a distribuição, ou probabilidade empírica, do IND (diagrama de caixa) através do ano para todo o Rio Grande do Sul em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutro. O maior destaque dessa Figura é para o evento La Niña nos meses de outubro e novembro. Em outubro 100% dos dados estão abaixo da mediana dos anos neutros, em novembro há cerca de 90% de probabilidade do índice de nebulosidade diurna ser menor que a mediana do caso neutro.

Neste mesmo período de primavera início de verão, em eventos La Niña há alta probabilidade de maior IND em novembro e dezembro. No caso de El Niño, também em julho 100% dos dados estão acima da mediana dos anos neutros. Os meses de junho e agosto apresentam alto IND em eventos quentes de ENOS.

Para um maior detalhamento e acompanhamento do IND em cada umas das localidades analisadas, nos apêndices 20 a 22 e nos 23 a 25, podem ser observadas a climatologia mensal e decendial do índice de nebulosidade diurna, respectivamente, em anos de El Niño, La Niña e neutro.

A Figura 22 representa a distribuição, ou probabilidade empírica, do IND (diagrama de caixa) nos decêndios pertencentes ao período de maior impacto (outubro a dezembro) do ENOS no índice de nebulosidade diurna do Rio Grande do Sul. Observa-se que nos decêndios de outubro (28, 29 e 30) e de novembro (31, 32 e 33) a La Niña apresenta os maiores impactos no índice. No 1° decêndio de outubro (dec. 28) há cerca de 90% de probabilidade do índice ser menor do que a mediana dos anos neutros, também em outubro (2° decêndio) 100% dos dados estão abaixo da mediana dos anos

neutros e no último decêndio deste mês há cerca de 75% de probabilidade dos índice na frase fria ser inferior ao do ano neutro. Nos decêndios 32 e 33 mais de 75% dos dados ficam abaixo de 0,40. No decêndio 32 (2° de novembro) aproximadamente 90% dos dados ficam abaixo da mediana do ano neutro e no 33 (3° de novembro) aproximadamente 80% estão abaixo do neutro.

Neste mesmo período, para o caso de EL Niño há alta probabilidade do IND ficar acima da mediana dos anos neutros nos decêndios 30 a 36 (3° decêndio de outubro, decêndios de novembro e dezembro), com grande destaque para o decêndio 31 (1° decêndio de novembro). A exceção deste comportamento fica com os decêndios 28 e 29, com IND menor que os anos neutros.

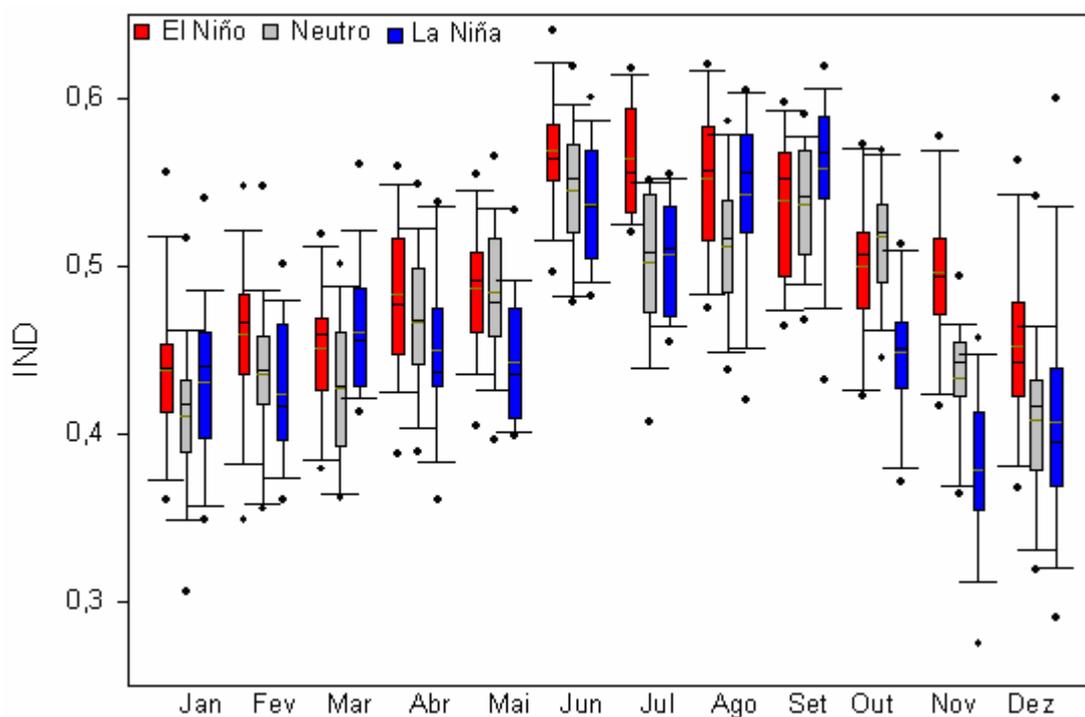


FIGURA 21. Distribuição mensal do índice de nebulosidade diurna (diagrama de caixa) no Rio Grande do Sul em eventos El Niño, La Niña e neutro, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha cinza); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.

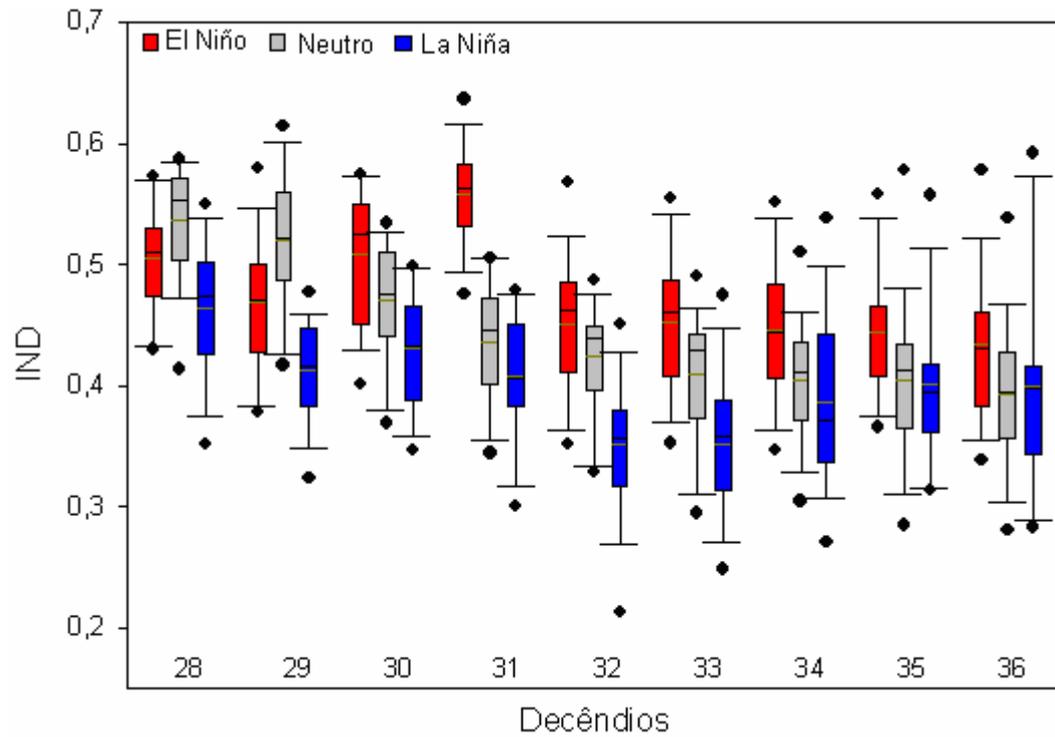


FIGURA 22. Distribuição do índice de nebulosidade diurna (diagrama de caixa) no Rio Grande do Sul nos decêndios de maior impacto do ENOS, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha cinza); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.

As Figuras 23 a 26 representam a distribuição espacial mensal da anomalia (em relação ao neutro) média do índice de nebulosidade diurna para os casos de El Niño e La Niña, no período de 1960-2005 para o Rio Grande do Sul. As anomalias foram multiplicadas por 100, para melhor visualização, tendo em vista que são valores muito pequenos.

Para os eventos de El Niño, os dois meses contíguos de maiores anomalias positivas (maior índice) são novembro e dezembro. Isoladamente o mês de julho foi o de maiores anomalias positivas do IND, como já foi visto na Figura 22 (diagrama de caixa). Na maioria dos meses e em grande parte ou totalidade da área do Estado as anomalias são positivas (maior índice em eventos quentes do ENOS). Mas há exceção a esse comportamento, como é o caso dos meses de maio, setembro e outubro onde aparecem grandes áreas com anomalias negativas do IND (menor índice).

No caso de eventos La Niña os meses de outubro e novembro aparecem como dois meses contíguos de maiores anomalias negativas (menor índice). O mês de maio aparece isoladamente com grande anomalia negativa. Neste caso as anomalias negativas aparecem na maioria dos meses em grandes áreas do Estado, mas as anomalias positivas (maior índice) também ocorreram em muitos meses e em alguns casos em grandes áreas do Estado. O mês de janeiro se destaca por apresentar somente anomalias positivas e os meses de março e agosto por apresentarem altos valores de anomalias positivas. Estes resultados são coerentes com o da climatologia dos impactos da La Niña na precipitação pluvial do Estado, onde a precipitação da fase fria em janeiro é semelhante a da fase quente e superior a dos anos neutros; em março a precipitação pluvial é igual nos três casos (Fontana & Berlato, 1997).

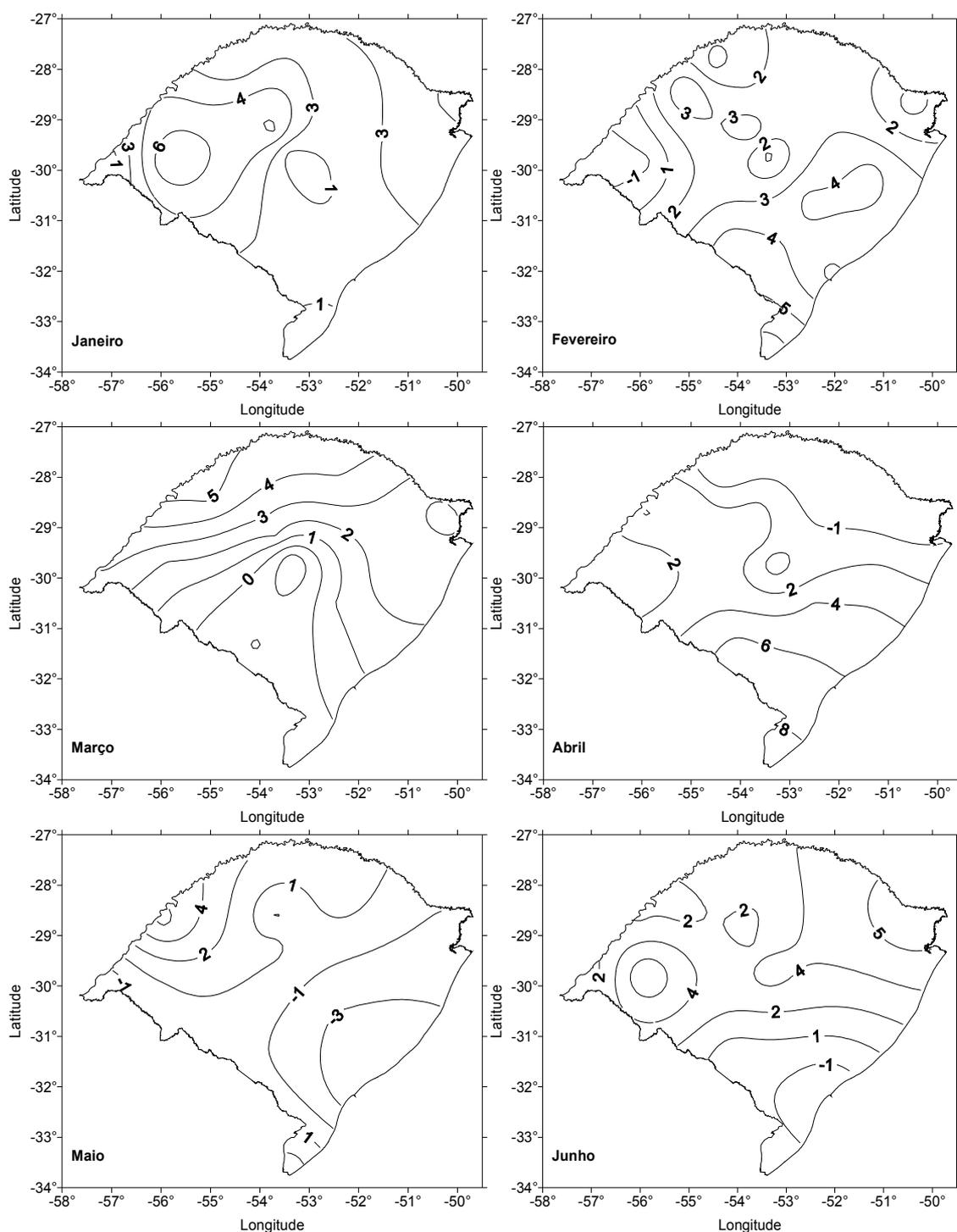


FIGURA 23. Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos El Niño, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100.

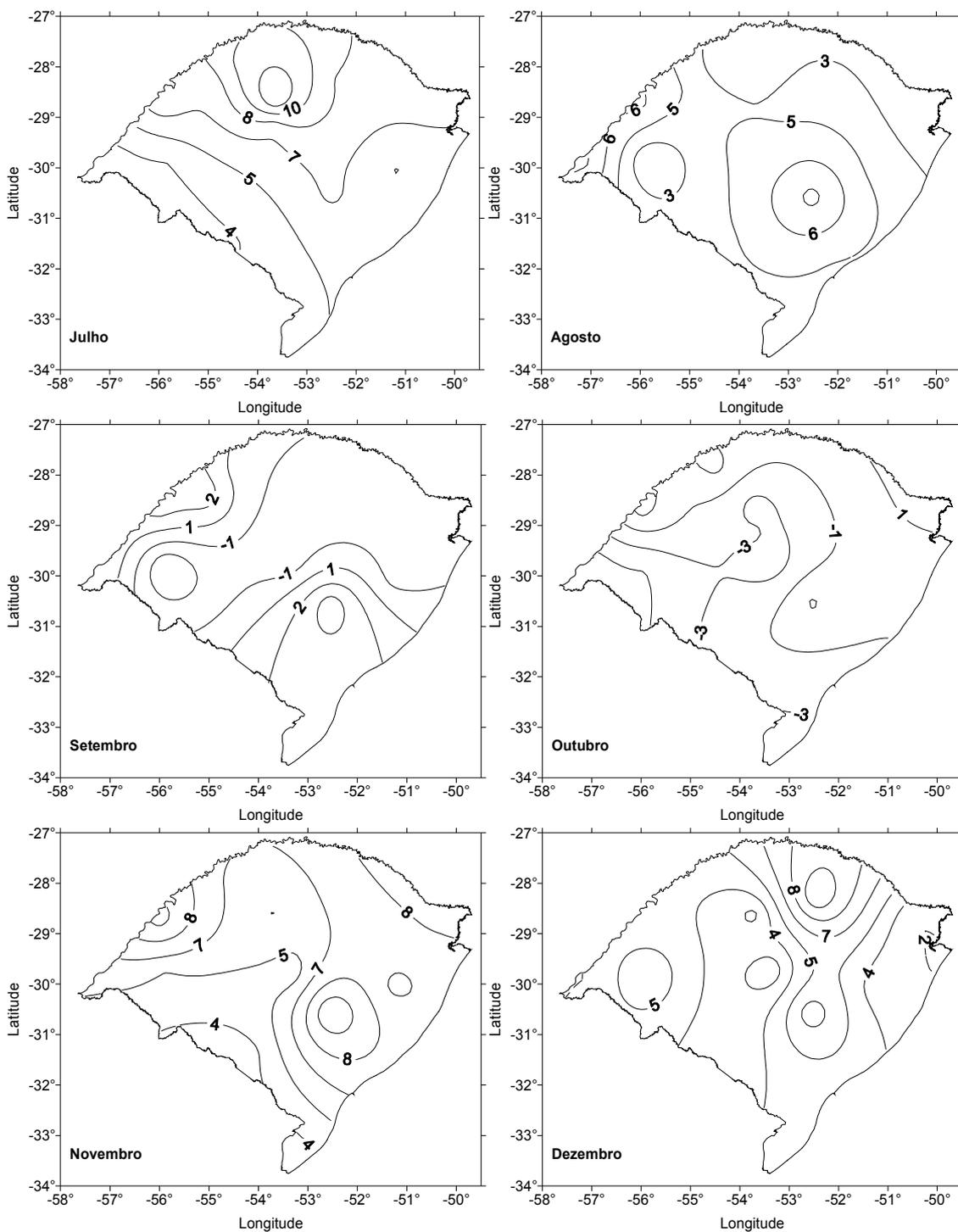


FIGURA 24. Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos El Niño, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100.

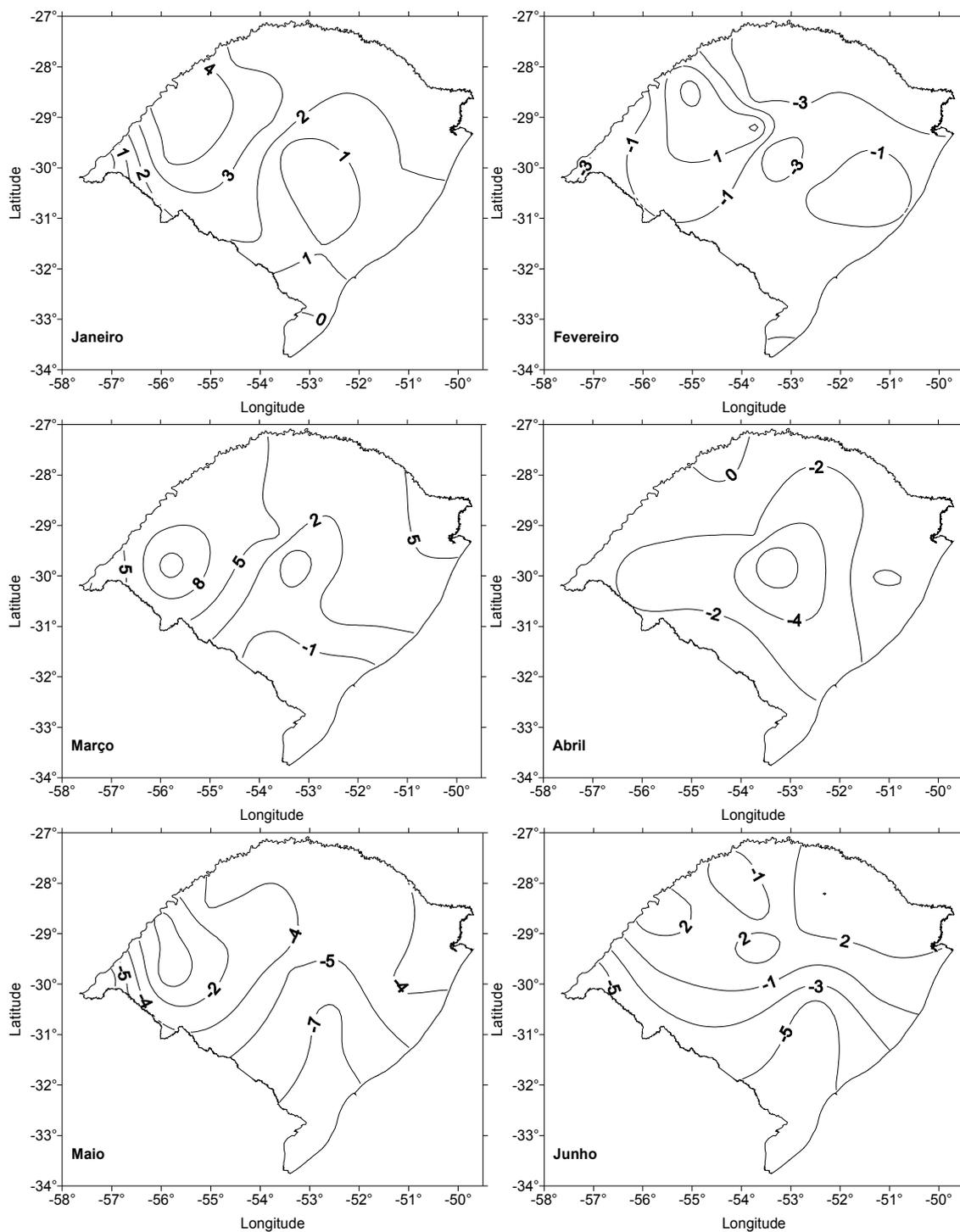


FIGURA 25. Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos La Niña, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100.

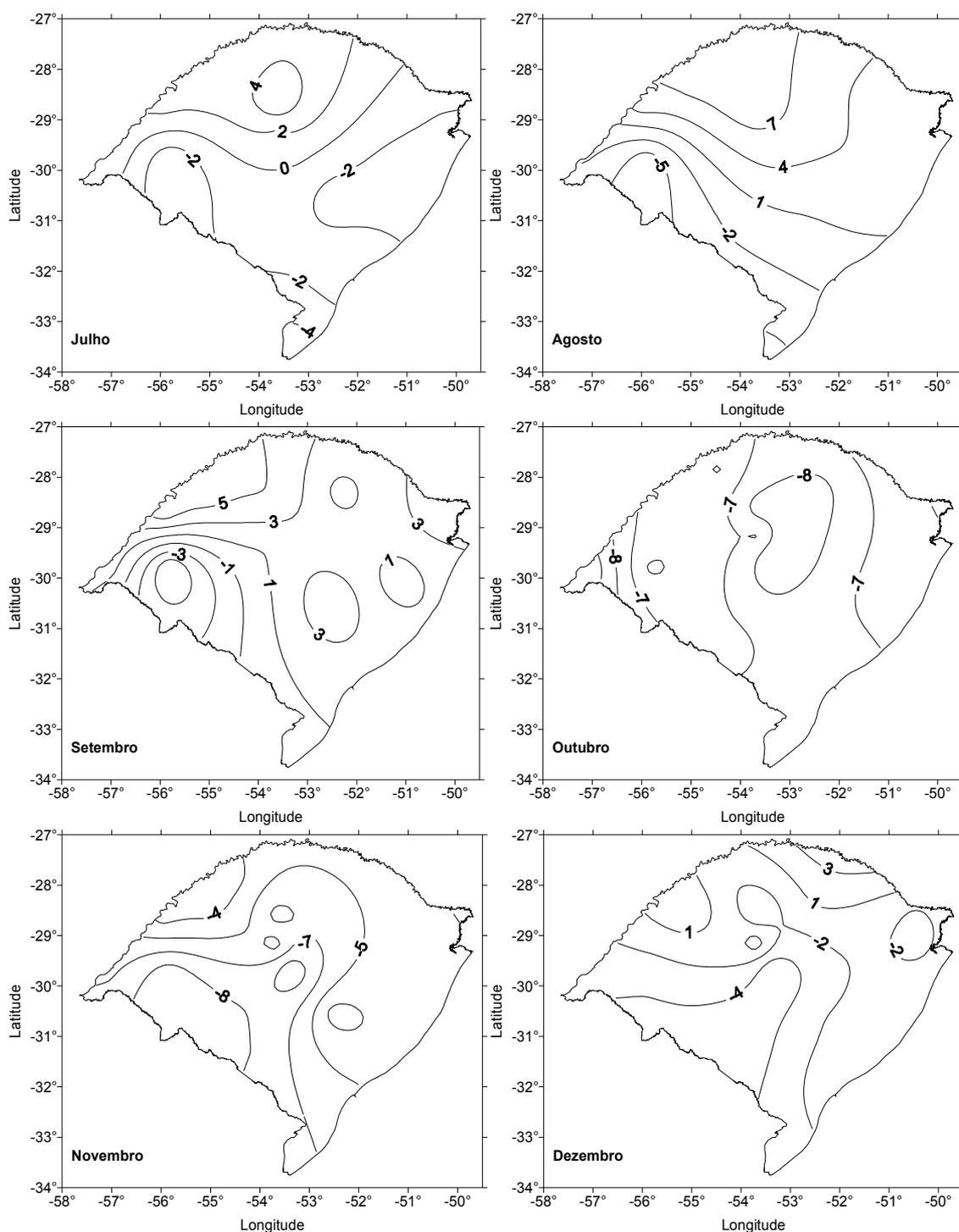


FIGURA 26. Distribuição espacial de anomalia média do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro, no Estado do Rio Grande do Sul em anos de eventos La Niña, período 1960-2005. As anomalias são em relação aos anos neutros e estão multiplicadas por 100.

#### 4.4. Eventos extremos do fenômeno ENOS

Na Figura 27 está representada a distribuição temporal do índice de nebulosidade diurna em um evento extremo de El Niño (1997/1998) e ano neutro para o Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c) do Estado. Nos três casos analisados o El Niño apresentou índice superior ao do ano neutro na maioria dos decêndios anuais. Para o Estado foi superior em 29 decêndios, na metade norte em 30 e na metade sul em 26, o que representa 64,4%, 66,7% e 57,8% dos decêndios do fenômeno, respectivamente.

As maiores diferenças entre os índices do ano neutro e do El Niño foram observadas a partir do decêndio 28 (1º decêndio de outubro) do ano de início do fenômeno até o decêndio 12 (3º decêndio de abril) no ano seguinte do início do fenômeno, ou seja, abrangendo o ciclo do ENOS já bem conhecido. Este período de maior impacto do ENOS no IND é coerente com o mostrado na análise climatológica decennial do El Niño, e também é coerente com o de maior impacto do ENOS na precipitação pluvial e número de dias com precipitação pluvial (Fontana & Berlato, 1997; Puchalski, 2000; Fontana & Almeida, 2002).

No ano agrícola de 1997/1998 o Rio Grande do Sul colheu umas das maiores safras das últimas décadas. Por exemplo, o rendimento médio estadual da soja de aproximadamente 2.088kg/ha, foi o maior da história dessa oleaginosa no Estado até então. O alto índice de nebulosidade diurna ocorrido durante esta safra produziu chuvas acima da média climatológica e a redução da insolação não prejudicou a cultura porque o fator limitante dos rendimentos da soja no Estado é a água, conforme mostrado por Berlato e Fontana (2003), entre outros. Já para o caso do arroz irrigado a redução da insolação pode afetar negativamente os rendimentos (Carmona, 2001).

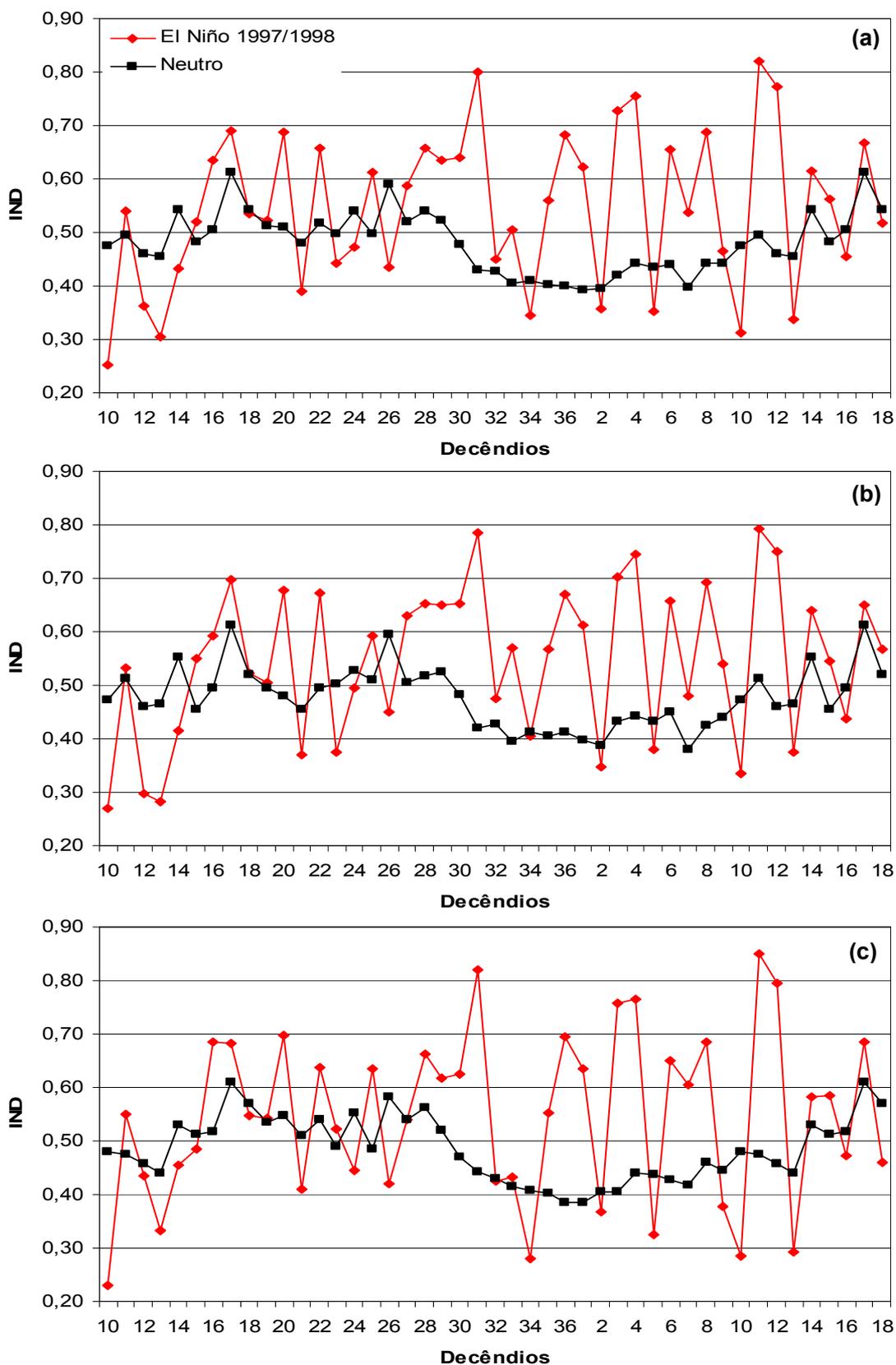


FIGURA 27. Distribuição decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) durante o El Niño 1997-1998 e anos neutros no Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c).

A distribuição temporal do índice de nebulosidade diurna (IND) para um evento extremo de La Niña (1995/96) e ano neutro para o Rio Grande do Sul, metade norte e metade sul do Estado (Figura 28 a, b e c) mostra que nas três análises o índice da fase fria se manteve inferior ao do neutro em grande parte dos decêndios, mas as diferenças entre os índices não são tão grandes como ocorre nos eventos de El Niño. O índice Estadual da La Niña foi inferior em 57,1% dos decêndios do fenômeno (12 decêndios), o da metade norte e da metade sul em 52,4% dos decêndios (11 decêndios).

O período do decêndio 29 (2º de outubro) até o decêndio 35 (2º de dezembro) do ano de início do fenômeno foi quando o IND sofreu os maiores impactos tanto no Estado como em suas duas metades.

Uma característica interessante nesta La Niña tanto na análise estadual como de suas metades norte e sul, é que em 3 decêndios contíguos seu índice de nebulosidade diurna foi superior a do ano neutro, os quais: 2, 3 e 4 do ano seguinte ao início do fenômeno, que representam o 2º e 3º decêndios de janeiro e 1º de fevereiro. Coerentes com estes dados, a climatologia dos impactos de La Niña na precipitação pluvial mostra que em janeiro as precipitações pluviais são superiores aos anos neutros (Fontana & Berlato, 1997).

O comportamento do IND neste evento de La Niña está de acordo com o da precipitação pluvial observada no Estado durante este fenômeno. Estas condições de estiagem no final da primavera e início do verão, produzidas pela La Niña 1995/96, principalmente nos meses de novembro e dezembro, foram apontadas como principal causa dos baixos rendimentos da soja e do milho neste ano no Rio Grande do Sul. Os rendimentos foram de 1.656kg/ha e 2.097kg/ha, para a soja e o milho, respectivamente (Berlato & Fontana, 2003).

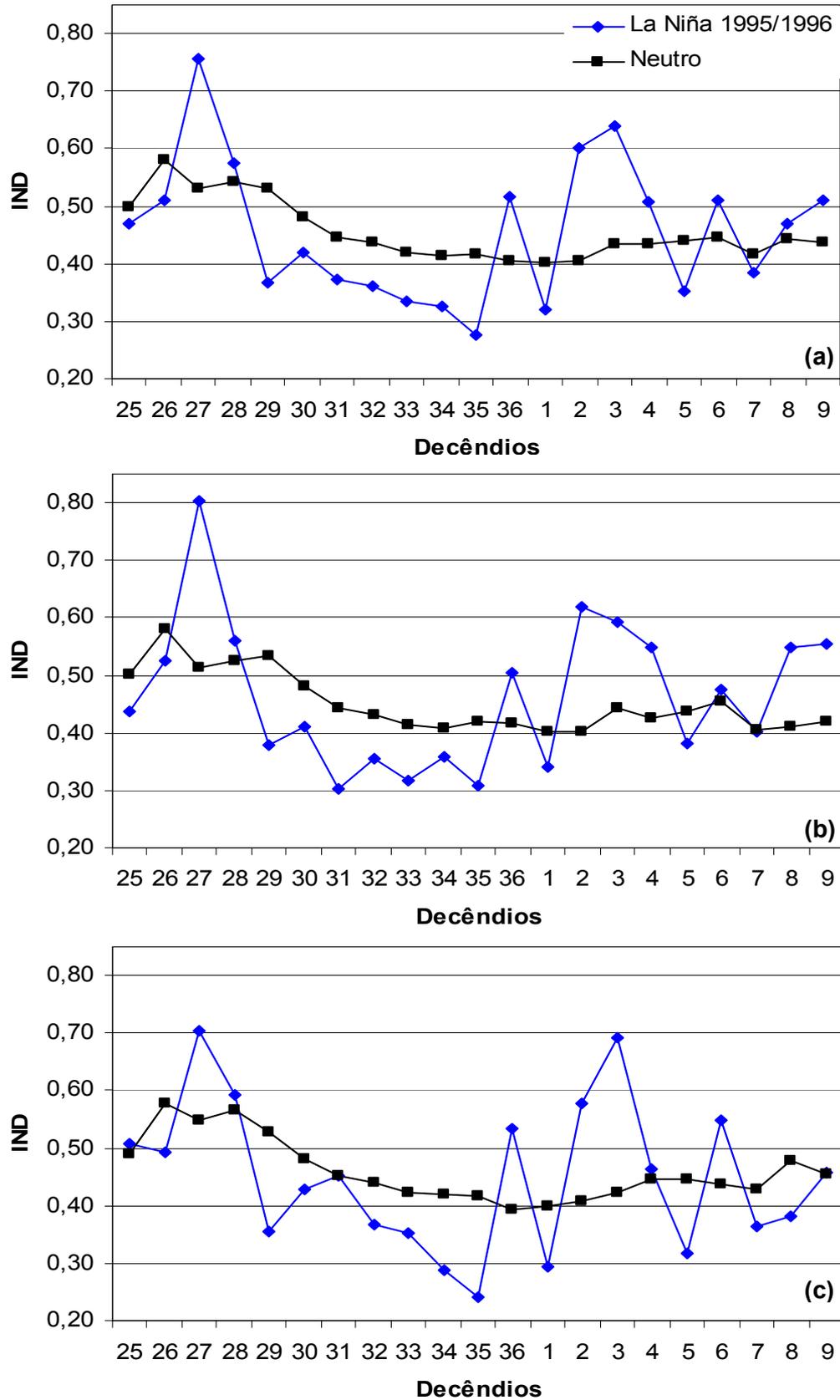


FIGURA 28. Distribuição decencial do índice de nebulosidade diurna (IND) durante a La Niña 1995/1996 e anos neutros no Rio Grande do Sul (a), metade norte (b) e metade sul (c).

#### 4.5. Classificação dos tipos de nuvens

As imagens GOES classificadas quanto aos tipos de nuvens no mês de novembro de 1997 (evento extremo de El Niño - 1997/98), nos horários das 1309 TMG e 1909 TMG, estão representadas nas Figuras 29 a 34 e as imagens do mês de novembro de 2001 (ano neutro), nos mesmos horários, estão nas Figuras 35 a 40. Nestas imagens a nebulosidade está associada aos tons de verde e azul, enquanto que os tons alaranjados representam condições de ausência de nebulosidade (céu claro).

Em uma primeira análise visual dessas imagens observa-se claramente em novembro de 1997, correspondente a um evento extremo de El Niño, que a nebulosidade sobre o Sul da América do Sul foi bem mais freqüente do que no ano de 2001, que foi um ano neutro. Este resultado é coerente aos observados no estudo da climatologia da nebulosidade diurna do Estado, analisada nos itens anteriores, ou seja, no mês de novembro em eventos El Niño espera-se que ocorra maior nebulosidade.

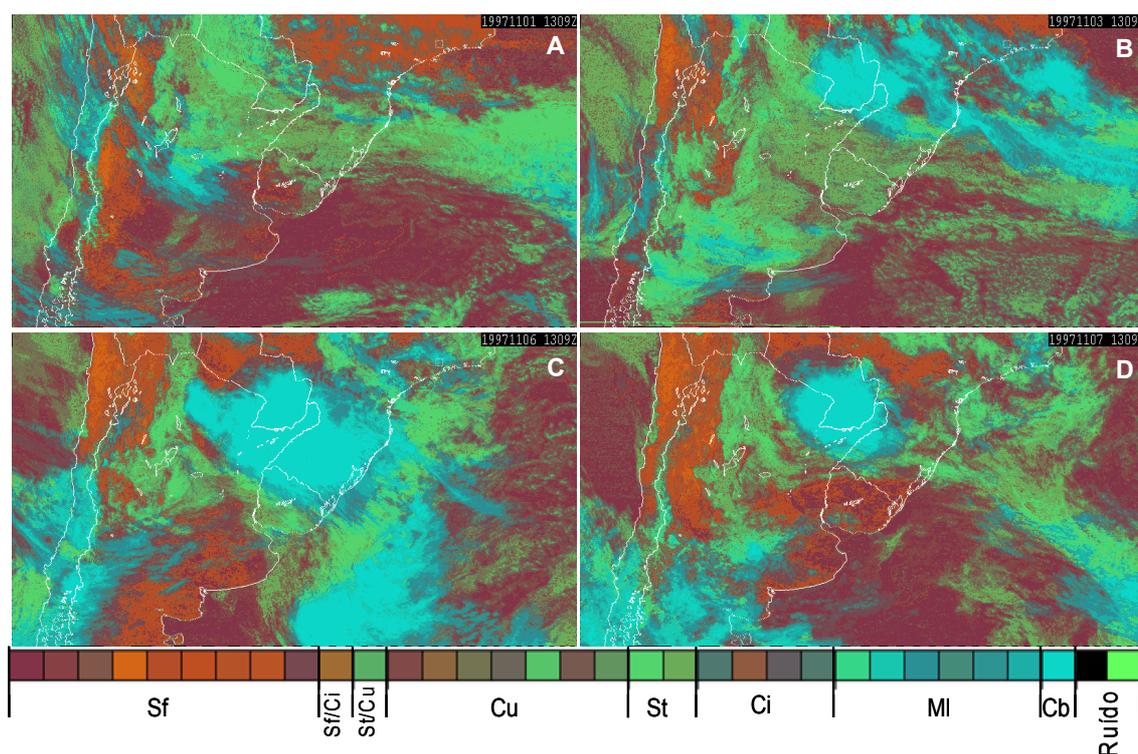


FIGURA 29. Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 1, B) 3, C) 6 e D) 7.

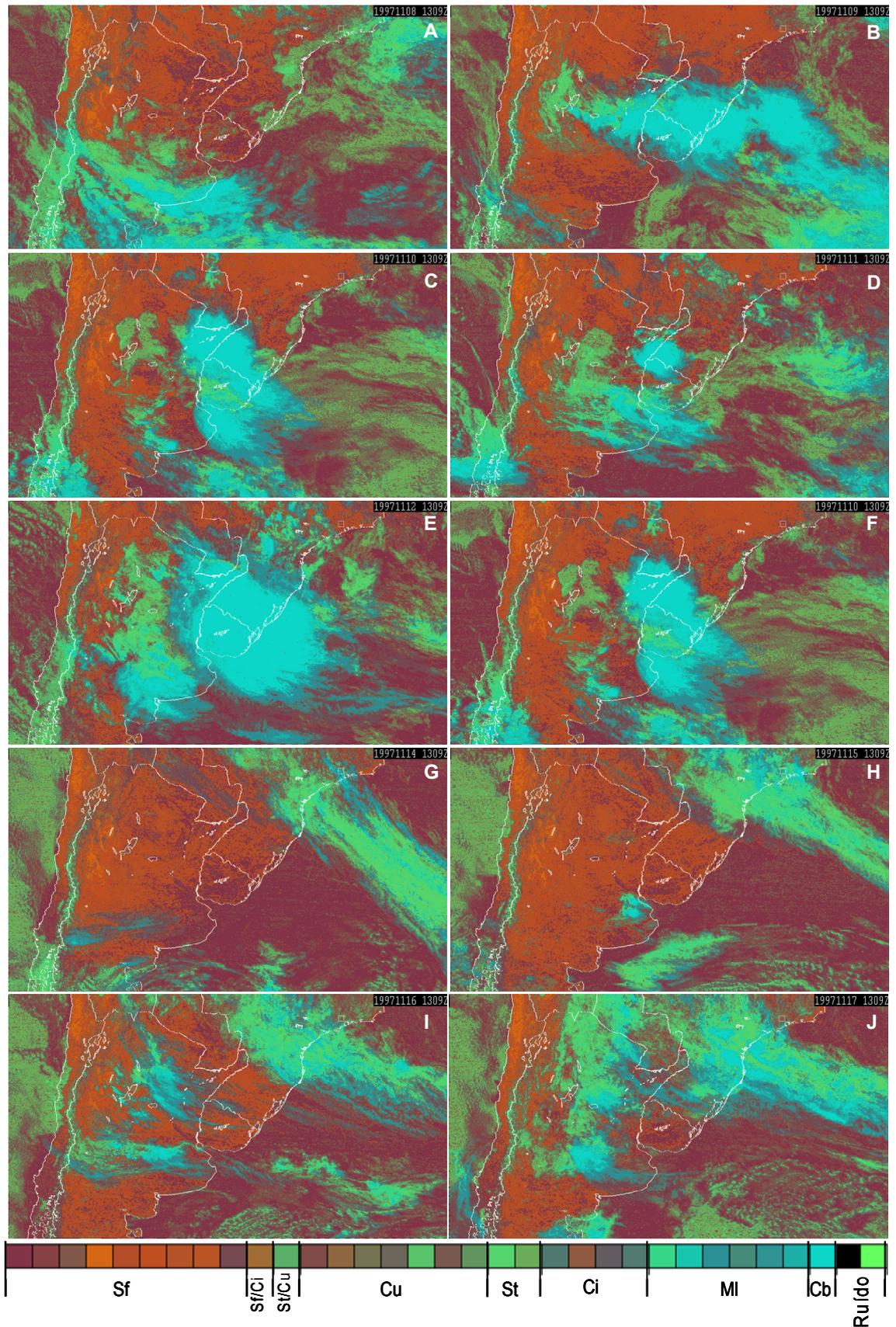


FIGURA 30. Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 8, B) 9, C) 10, D) 11, E) 12, F) 13, G) 14, H) 15, I) 16 e J) 17.

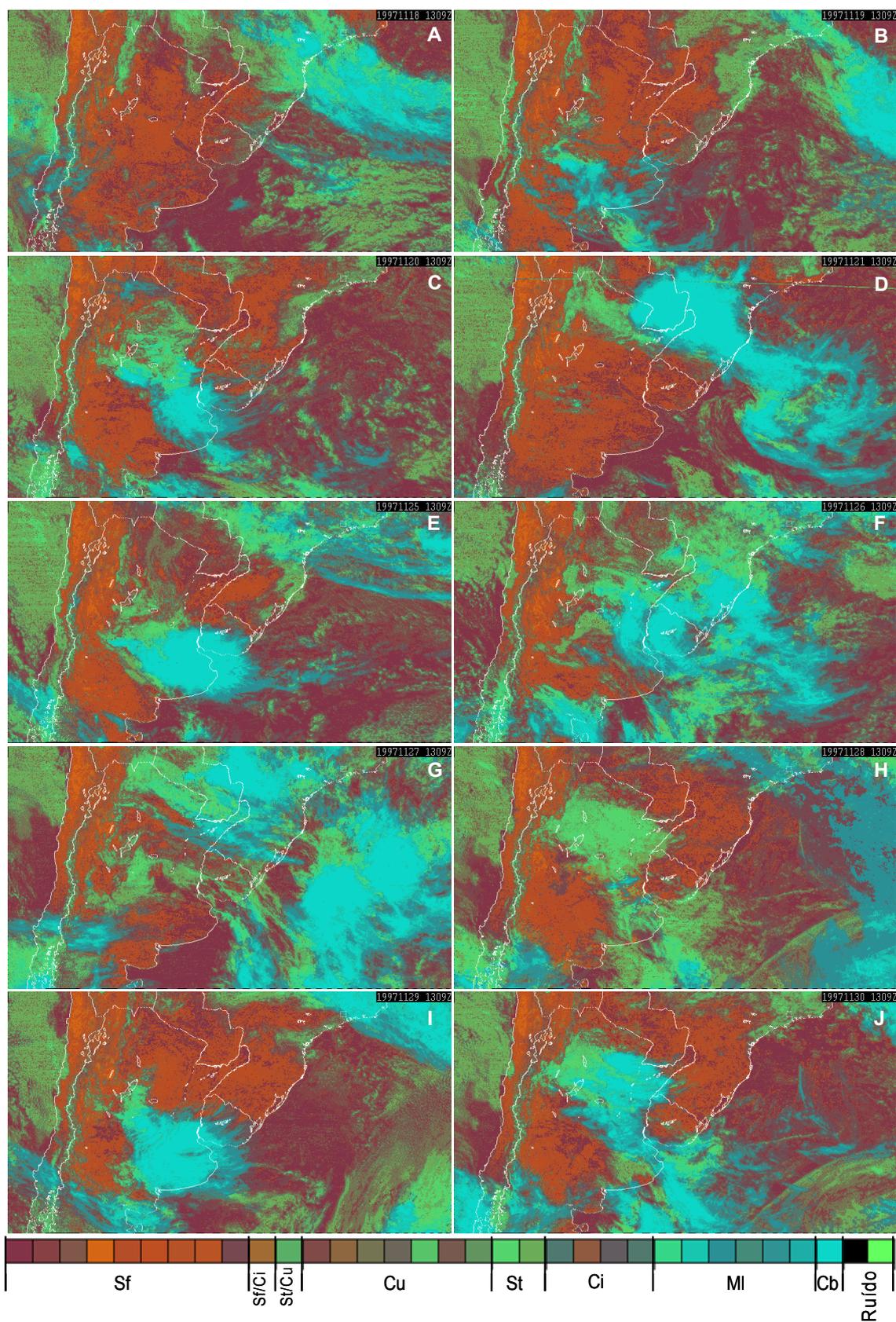


FIGURA 31. Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 18, B) 19, C) 20, D) 21, E) 25, F) 26, G) 27, H) 28, I) 29 e J) 30.

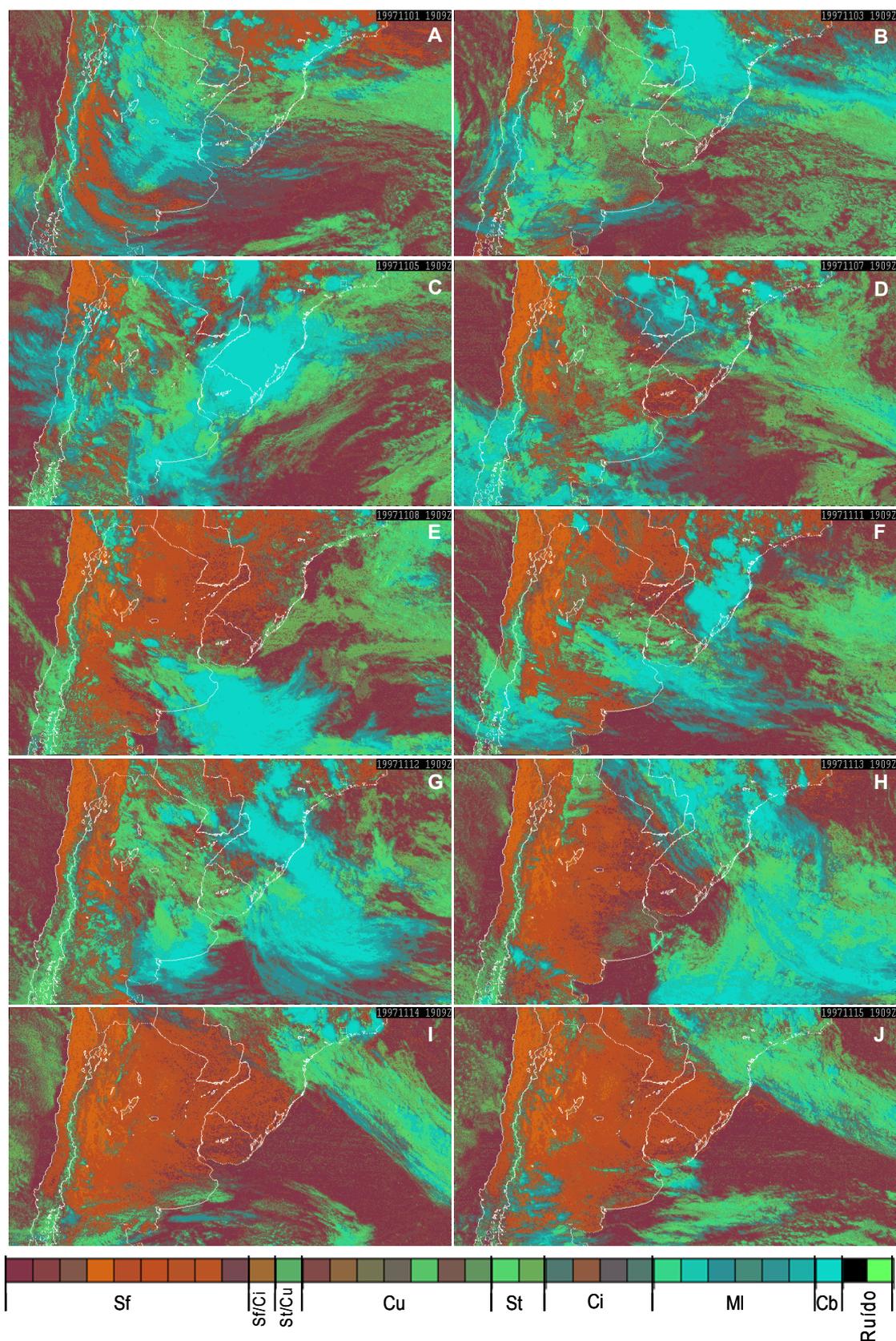


FIGURA 32. Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 1, B) 3, C) 5, D) 7, E) 8, F) 11, G) 12, H) 13, I) 14 e J) 15.

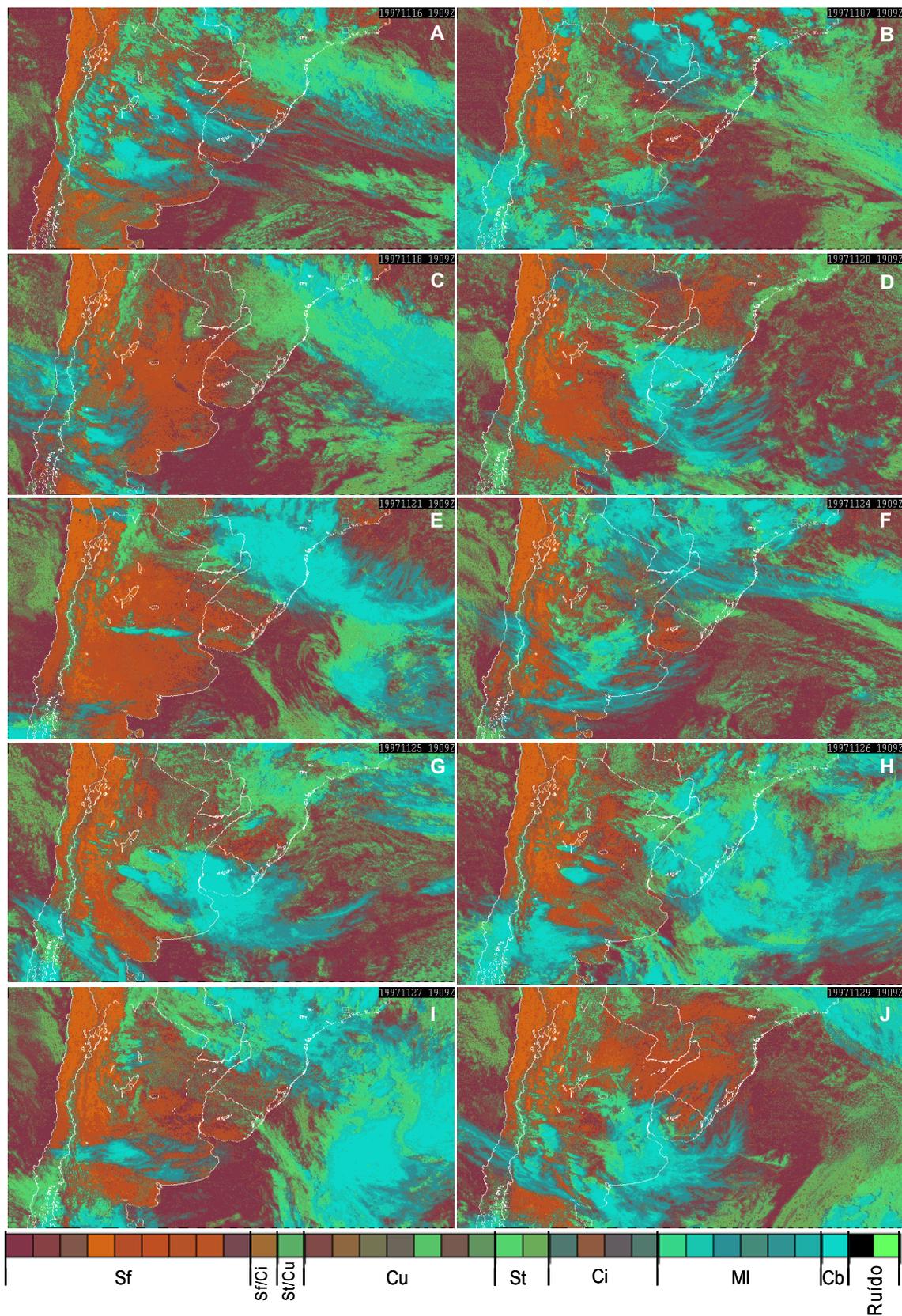


FIGURA 33. Imagens GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 16, B) 17, C) 18, D) 20, E) 21, F) 24, G) 25, H) 26, I) 27 e J) 29.

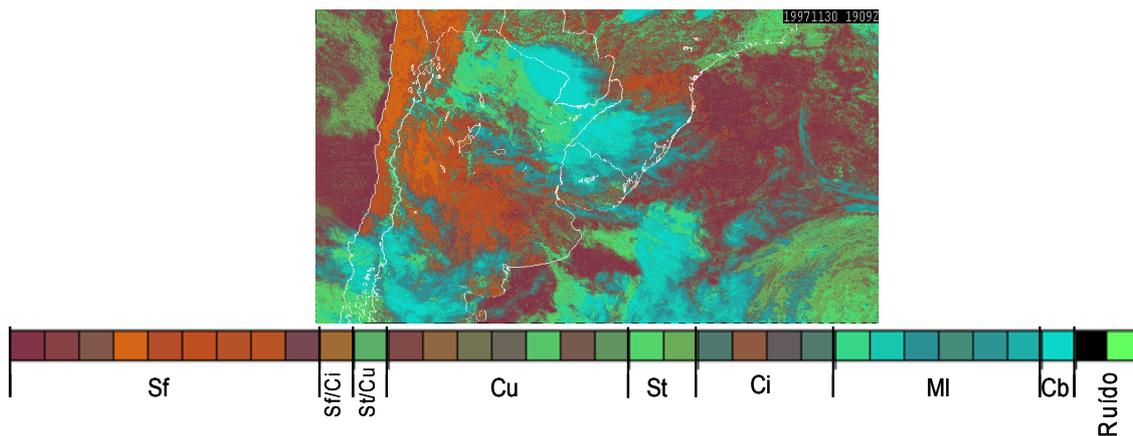


FIGURA 34. Imagem GOES de novembro de 1997, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG no dia 30.

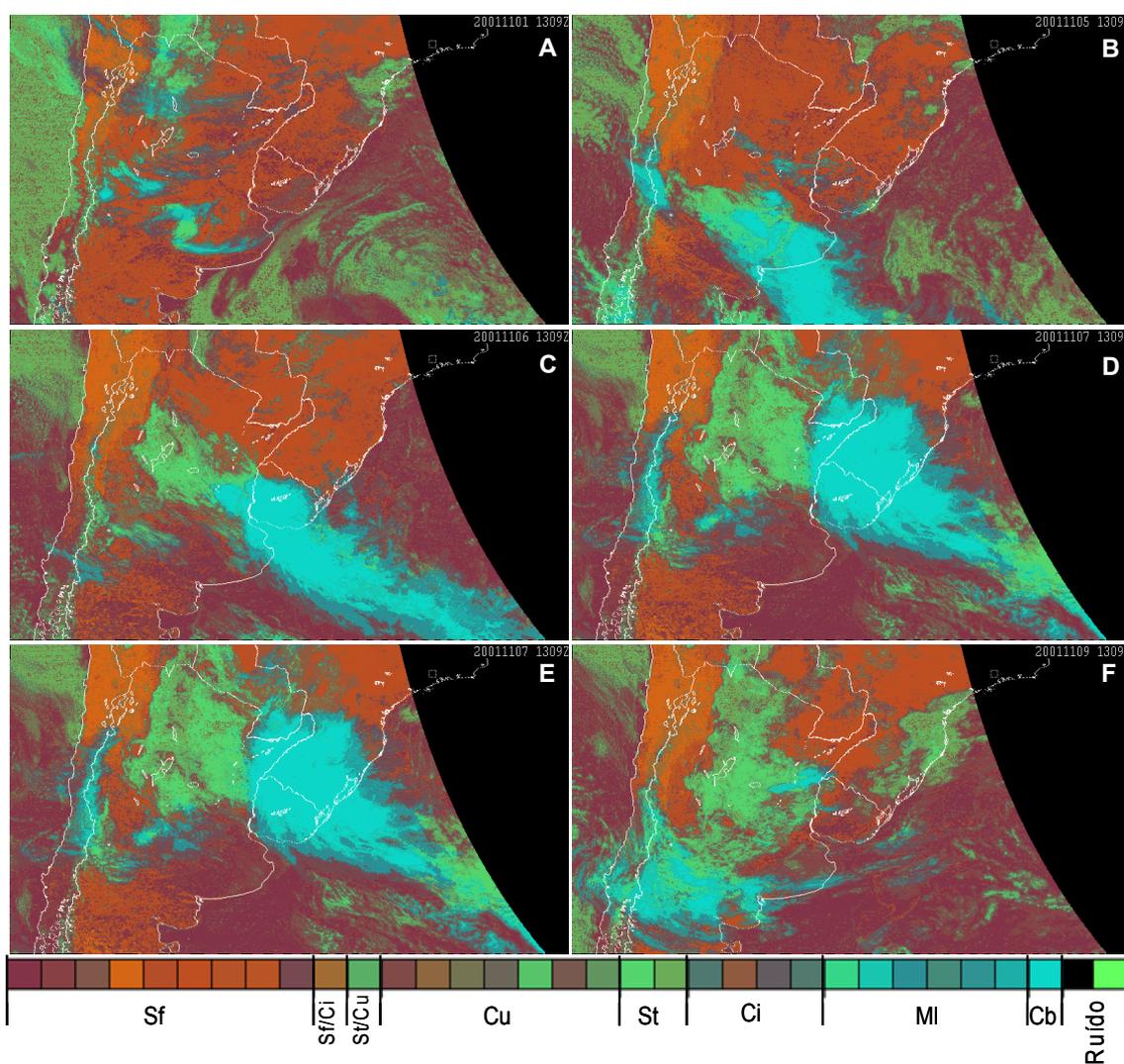


FIGURA 35. Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 TMG nos dias A) 1, B) 5, C) 6, D) 7, E) 8 e F) 9.

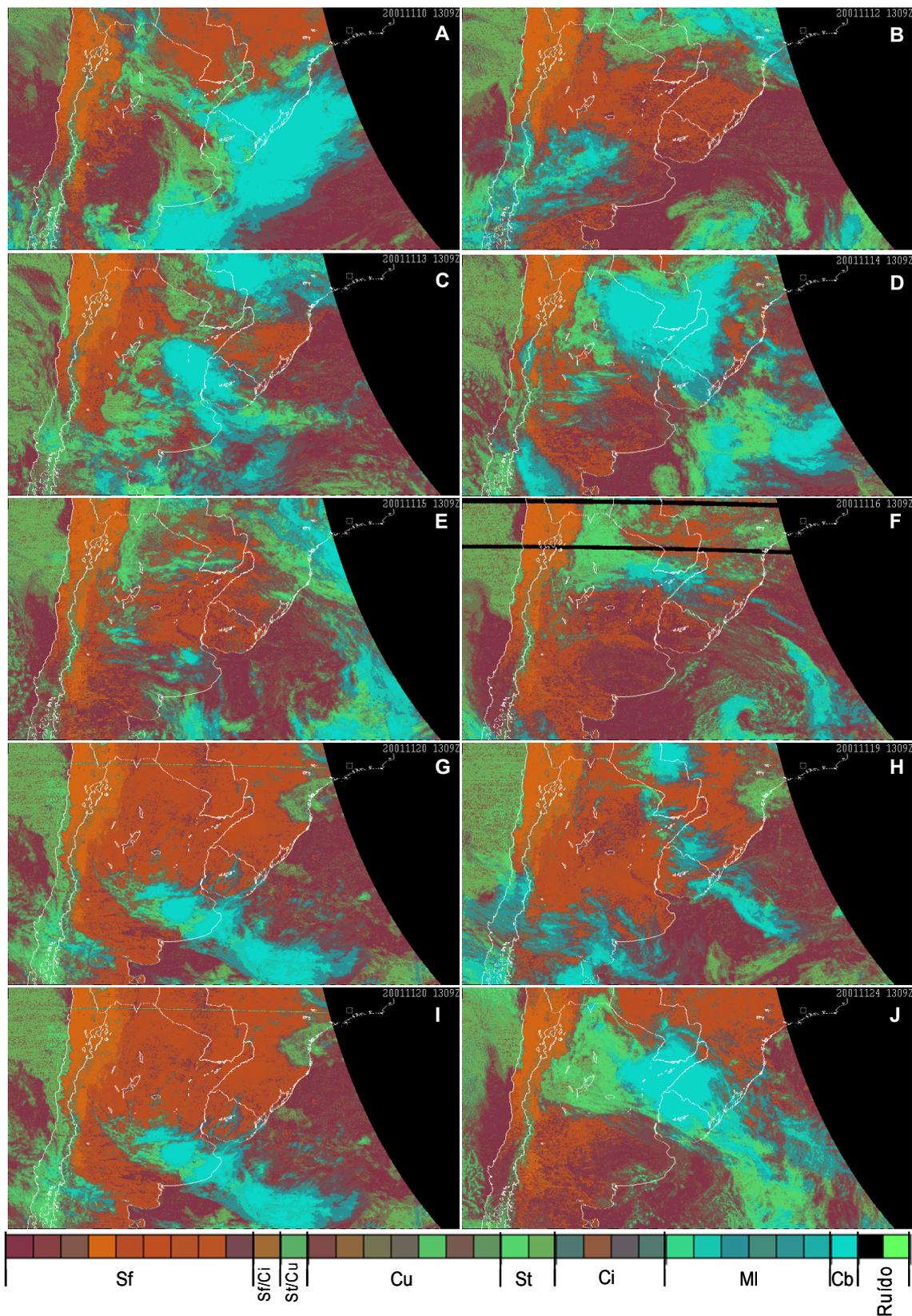


FIGURA 36. Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1309 T,G nos dias A) 10, B) 12, C) 13, D) 14, E) 15, F) 16, G) 17, H) 19, I) 20 e J) 24.

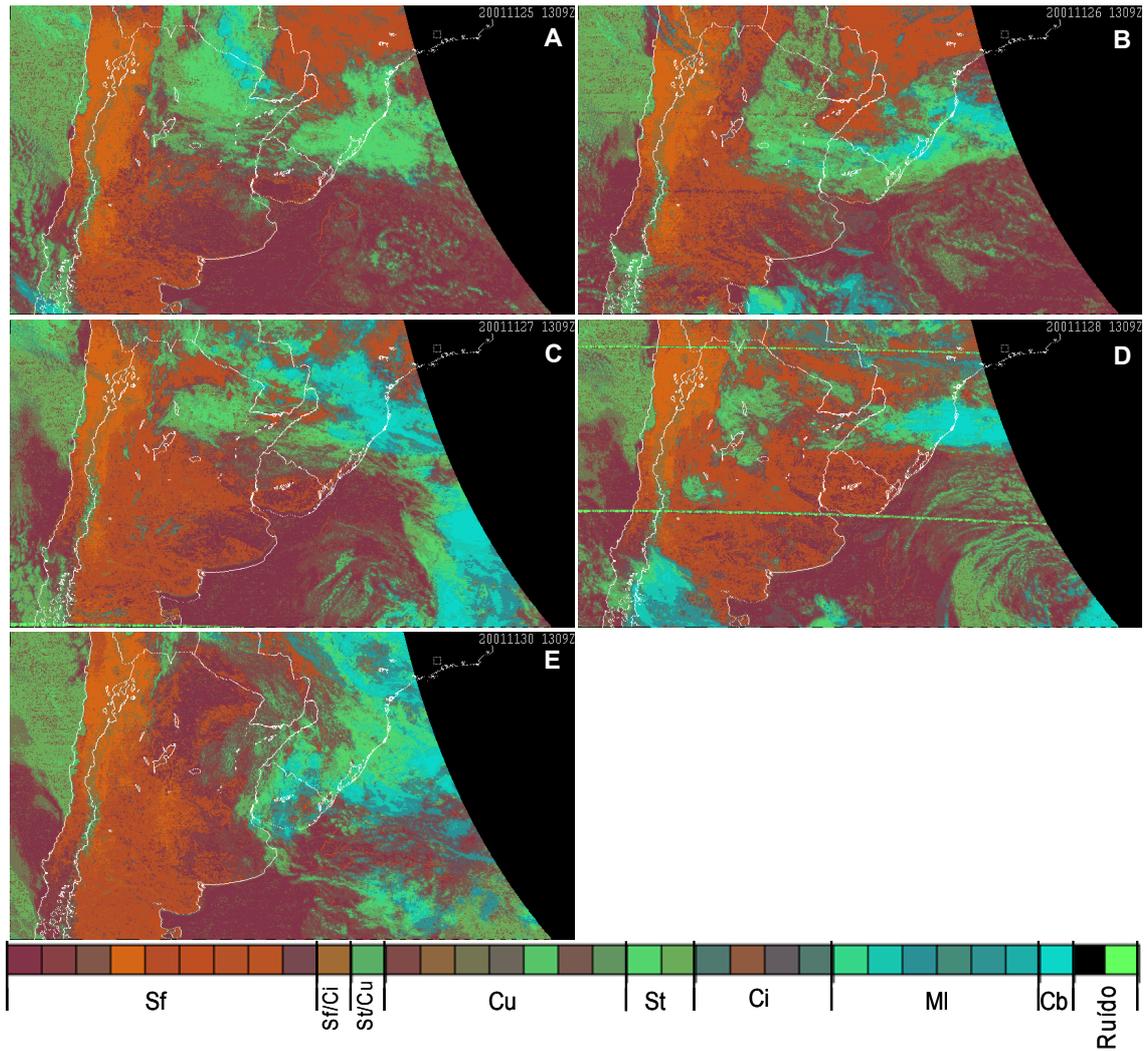


FIGURA 37. Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 13:09Z nos dias A) 25, B) 26, C) 27, D) 28 e E) 30.

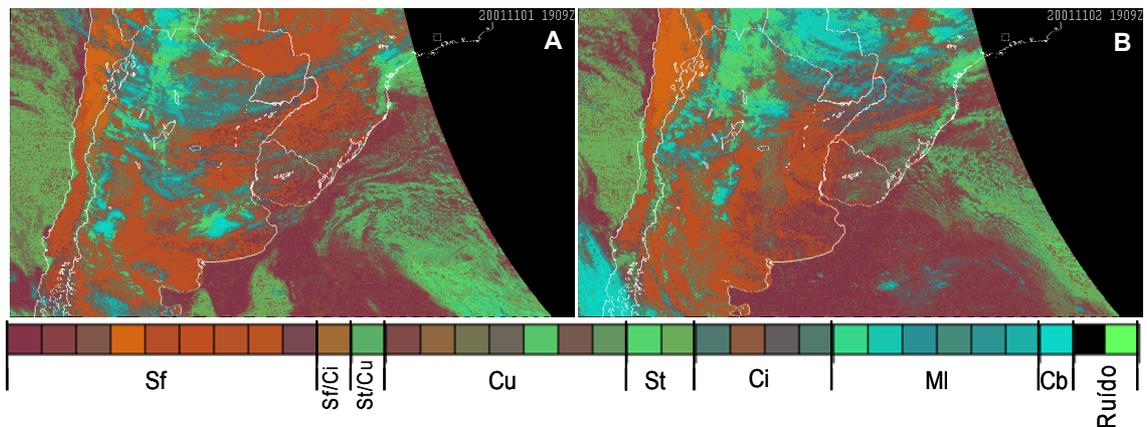


FIGURA 38. Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 1 e B) 2.

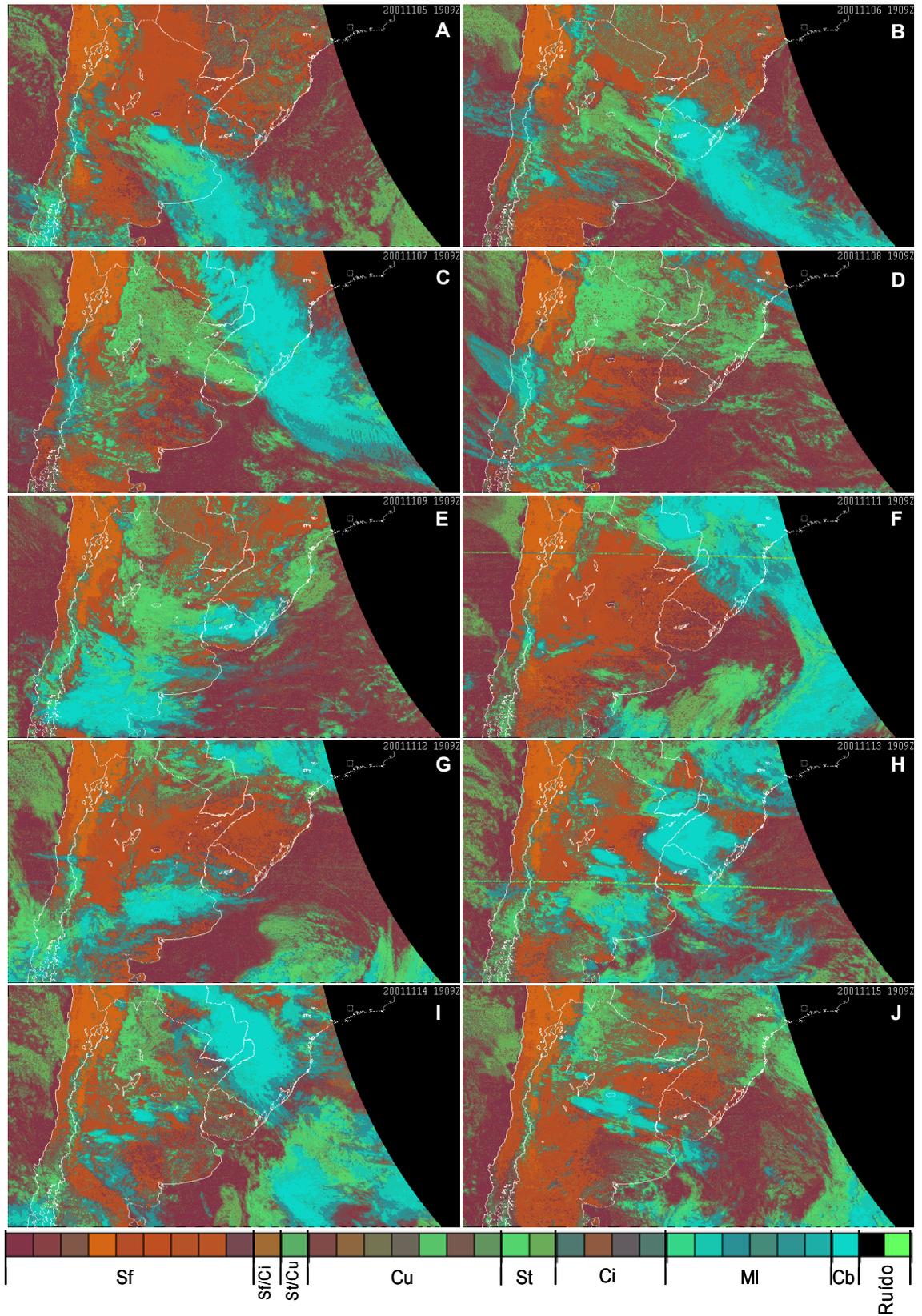


FIGURA 39. Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias A) 5, B) 6, C) 7, D) 8, E) 9, F) 11, G) 12, H) 13, I) 14 e J) 15.

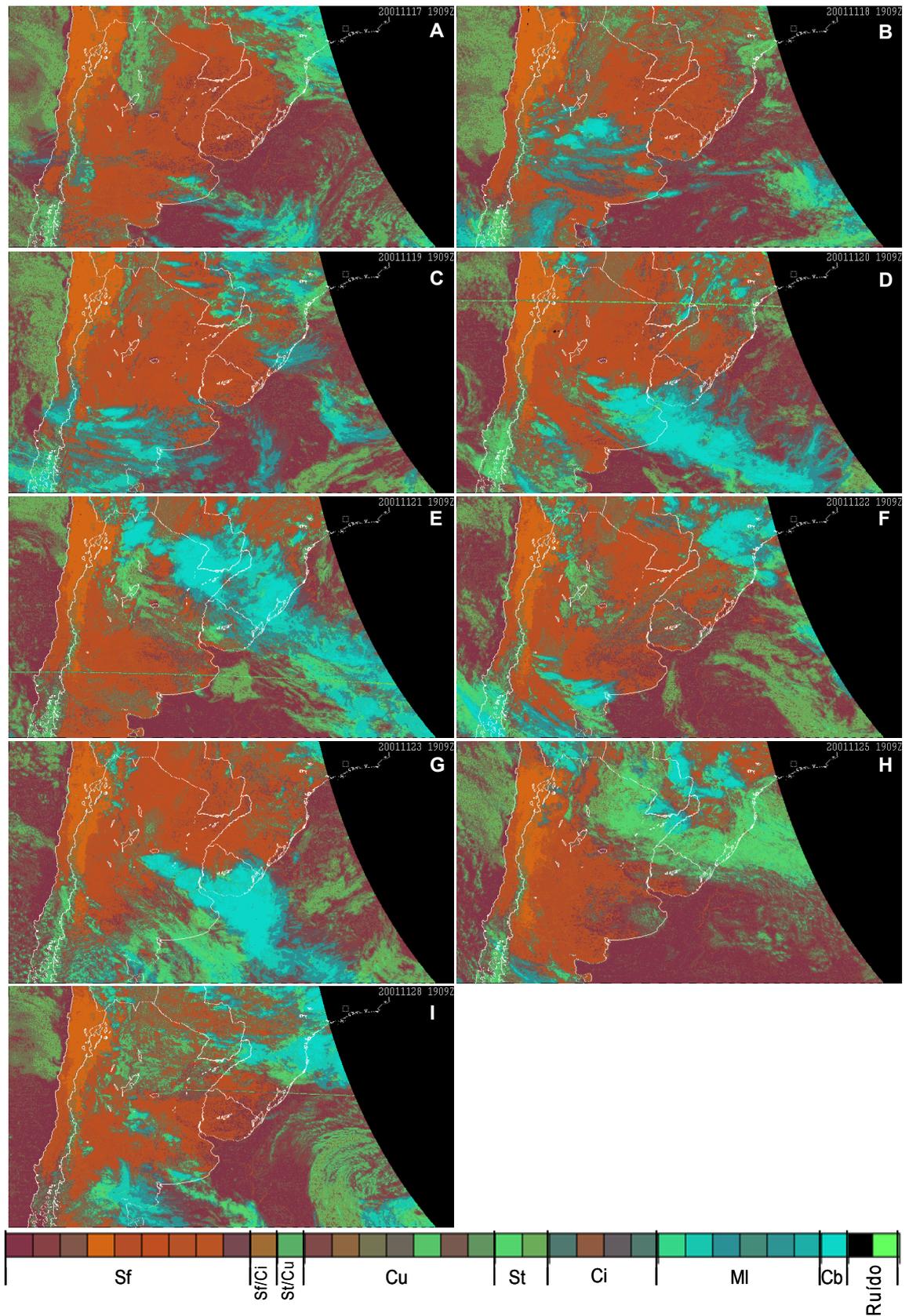


FIGURA 40. Imagens GOES de novembro de 2001, classificadas quanto aos tipos nuvens ocorridas às 1909 TMG nos dias: A) 17, B) 18, C) 19, D) 20, E) 21, F) 22, G) 23, H) 25 e I) 28.

#### 4.6. Análise estatística das imagens

Nas Figuras 41 a 44 são mostradas as percentagens de ocorrência mensal e decenal de cada umas das categorias (tipos de nuvens) para o Rio Grande do Sul, para o caso de El Niño (1997) e neutro (2001) nos dois horários escolhidos.

Na Figura 41 é apresentada a análise da ocorrência dos tipos de nuvens para o mês de novembro no horário das 1309 TMG. Observa-se que os anos de El Niño e neutro apresentaram uma ocorrência de *pixels* de céu claro muito semelhantes. A diferença entre os dois anos foi menor do que 3%. O céu claro foi a categoria que apresentou as maiores ocorrências (em torno de 40%), sendo nas demais inferior a 21%. Em seguida, têm-se as nuvens do tipo cumulus, multi-camadas e cumulonimbus.

Apesar de pequenas as diferenças nos valores, o ano neutro apresentou ocorrência superior ao El Niño para os casos de céu claro, cumulus e cumulonimbus. Para os demais tipos de nuvens, o El Niño teve ocorrências superiores. Neste caso, o céu claro com nuvens do tipo cirrus (Sf/Ci) também apresentou ocorrências de 1%, ou seja, praticamente não ocorreram sobre o Estado neste período.

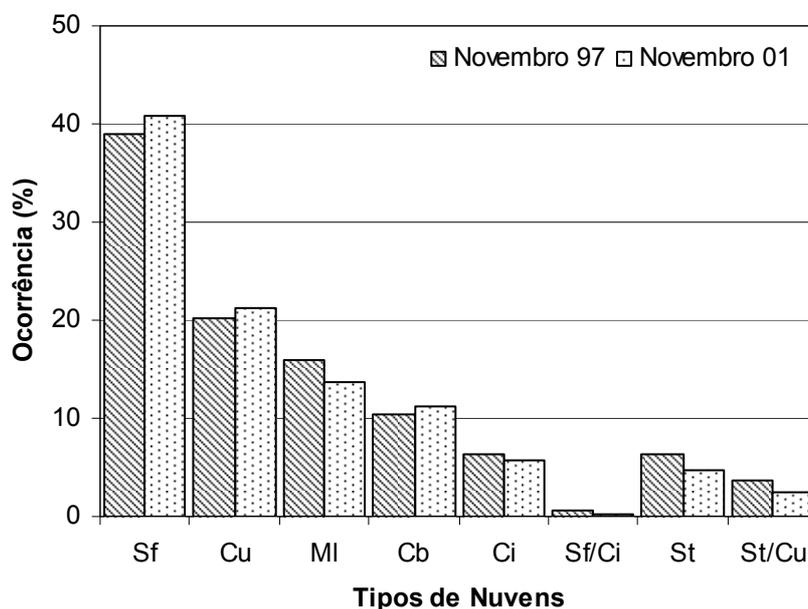


FIGURA 41. Frequência de ocorrência (%) dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às 1309 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumulonimbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St- stratus e St/Cu- stratus com cumulus.

Para o horário das 1909 TMG, a análise da ocorrência dos tipos de nuvens para o mês de novembro (Figura 42), mostrou que o ano neutro apresentou uma ocorrência bem maior de céu claro (superior a 40%). No ano de El Niño a ocorrência de céu claro foi de aproximadamente 10% inferior ao do ano neutro. Verifica-se, neste caso, para o mês de novembro, especialmente no horário das 1909 TMG, o comportamento esperado em relação à nebulosidade.

As nuvens do tipo cumulonimbus, cirrus, céu claro com cirrus, stratus e stratus com cumulus, apresentaram ocorrências inferiores a 10%. As maiores ocorrências em ambos os casos foram observadas no céu claro, cumulus e multi-camadas.

Quando são comparados os dois horários do mês de novembro observa-se que as nuvens do tipo cumulus, multi-camadas e cumulonimbus apresentaram um aumento em suas ocorrências das 1309 TMG para as 1909 TMG, enquanto que o céu claro no caso de El Niño sofre uma diminuição e no neutro praticamente não se altera.

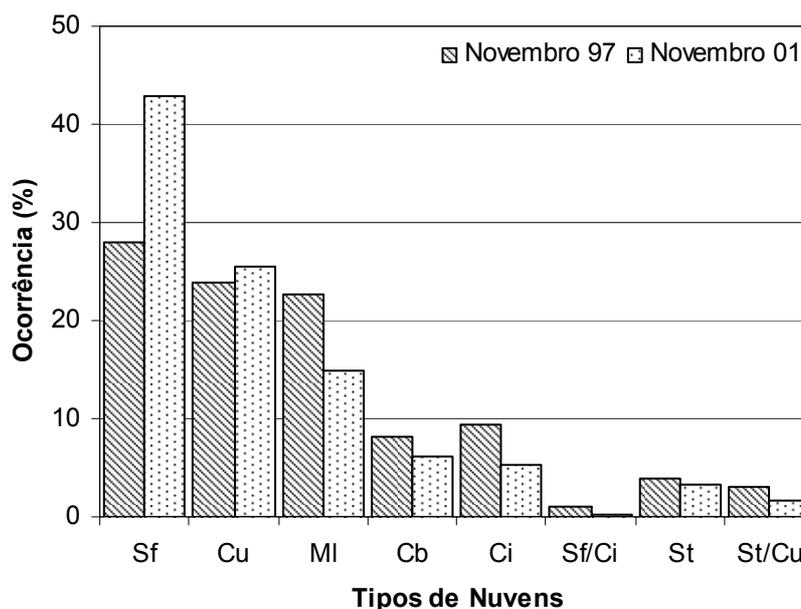


FIGURA 42. Frequência de ocorrência (%) dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às 1909 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumulonimbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St- stratus e St/Cu- stratus com cumulus.

A análise decendial de ocorrência dos tipos de nuvens para este mês nos dois anos às 1309 TMG é mostrada na Figura 43. É possível observar que em 1997 o primeiro decêndio foi o que apresentou a maior nebulosidade (25% de Cu) e que em 2001 a maior nebulosidade (26% de Cu) ocorreu no terceiro decêndio. Nestes decêndios

os tipos de nebulosidade mais freqüentes foram as nuvens do tipo cumulus, multicamadas e cumulonimbus.

No segundo e terceiro decêndios de 1997 e no primeiro e segundo de 2001 o céu claro (Sf) apresentou as maiores freqüências de ocorrências, sendo superior a 40% em todos os decêndios. Destaca-se o 2º decêndio de 2001 com uma ocorrência de céu claro em quase 60% dos *pixels*, sendo o maior valor do período. Os demais decêndios apresentaram em todas as outras categorias de nuvens ocorrências inferiores a 30%.

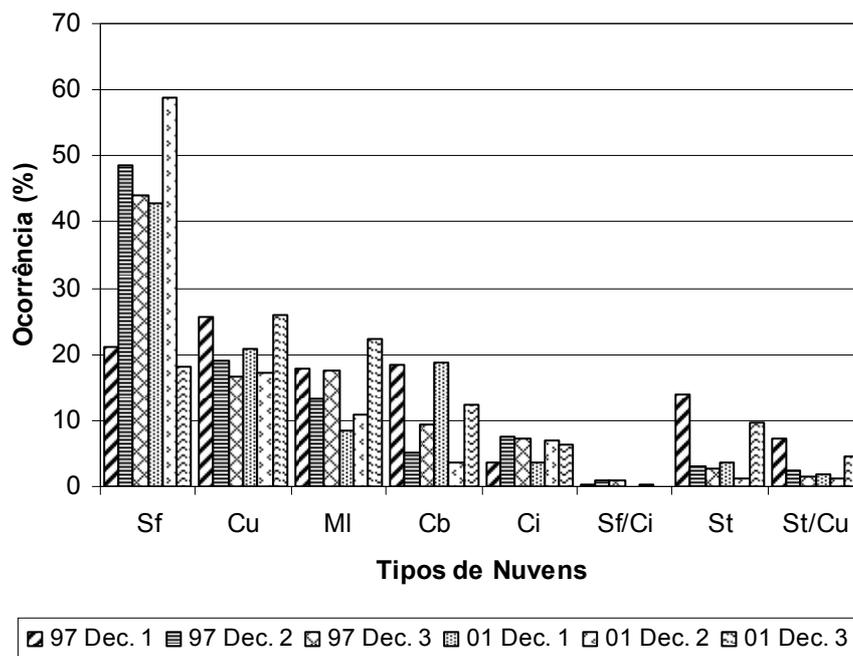


FIGURA 43. Freqüência de ocorrência (%) decendial dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às 1309 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumulonimbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St- stratus e St/Cu- stratus com cumulus.

Analisando ainda o mês de novembro, mas para o horário das 1909 TMG (Figura 44), verifica-se pequenas alterações na nebulosidade em relação ao horário das 1309 TMG. A tendência foi de aumento na nebulosidade (aumento na freqüência de ocorrência das diferentes categorias de nuvens) e diminuição da freqüência de *pixels* da categoria céu claro.

O segundo decêndio de 2001 apresentou a maior freqüência de ocorrência de céu claro no Estado, em quase 60% dos *pixels*. Os outros três decêndios apenas apresentaram ocorrência superior a 30%, foram eles: 2º de 1997 para o céu claro e o 1º de 2001 para o céu claro e as nuvens cumulus. No restante dos decêndios analisados no período as ocorrências foram inferiores a 30%.

As nuvens do tipo cumulus e multi-camadas tiveram em sua ocorrência um aumento das 1309 TMG para as 1909 TMG. Nos dois horários as menores ocorrências foram de céu claro com nuvens do tipo cirrus (Sf/Ci).

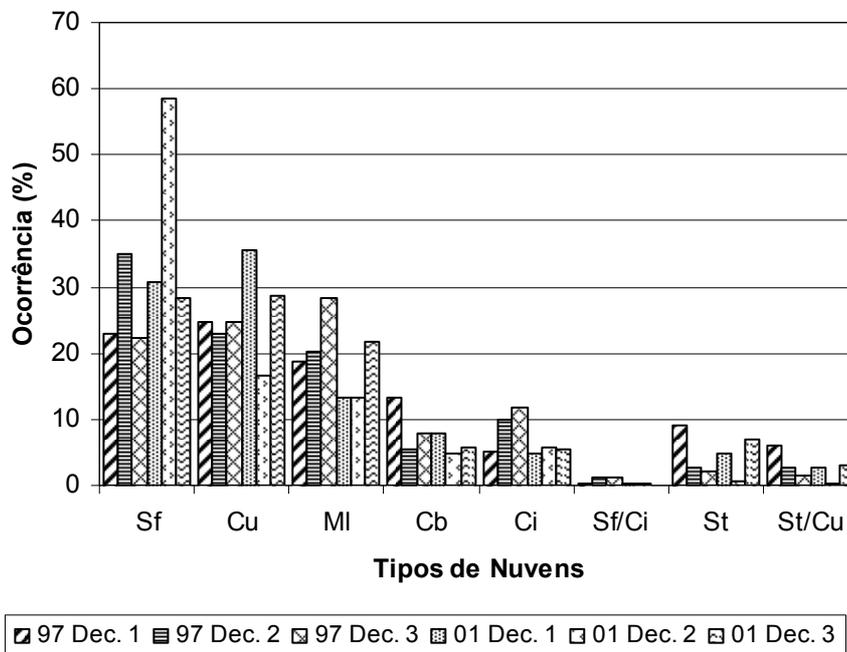


FIGURA 44. Frequência de ocorrência (%) decenal dos tipos de nuvens sobre o Rio Grande do Sul no mês de novembro dos anos de 1997 e 2001 às 1909 TMG. Onde: Sf- céu claro, Cu- cumulus, MI- multi-camadas, Cb- cumulonimbus, Ci- cirrus, Sf/Ci- céu claro com cirrus, St- stratus e St/Cu- stratus com cumulus.

Nas Tabelas 12 a 15 estão apresentadas algumas estatísticas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) das imagens de 1997 e 2001, no mês de novembro para os dois horários considerados. Observa-se uma alta variabilidade da nebulosidade do Rio Grande do Sul durante todo o período analisado, com coeficientes de variação entre 43,3 e 222,3. Este comportamento está dentro do esperado, pois a nebulosidade depende dos movimentos ascensionais do ar que ocorrem através do seu aquecimento por convecção, radiação, ação orográfica ou também pelo deslocamento de sistemas frontais. Estes processos variam de acordo com as condições locais que determinam a intensidade dos movimentos de ascensão do ar e desencadeiam o processo de formação de nuvens.

Dentre todas as categorias as nuvens, as mais frequentes foram as do tipo cumulus, multi-camadas e cumulonimbus. Estes tipos de nuvens foram também as que apresentaram as maiores variabilidades em todos os casos analisados, observando-se

coeficientes de variação próximos ou superiores a 100. As nuvens cumulonimbus se destacaram por manterem-se com os maiores coeficientes de variação (apresentaram nas análises mensais coeficientes próximos a 200 e na análise decendial coeficientes superiores a 200).

A alta variabilidade observada nas nuvens do tipo cumulonimbus (Cb) parece coerente, pois estas são originadas a partir do processo de convecção que ocorre devido a um intenso aquecimento do ar em contato com superfícies quentes, logo são processos muito localizados, ou seja, dependem das condições locais em que se encontra a massa de ar.

TABELA 12. Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 1997 as 1309 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.

		Sf	Cu	MI	Cb	Ci	Sf/Ci	St	St/Cu
<b>Mensal</b>	<i>n</i>	21	21	21	21	21	21	21	21
	<i>média</i>	38,9	20,2	15,9	10,4	6,3	0,7	6,3	3,6
	<i>s</i>	29,6	12,9	15,3	15,0	4,8	0,7	8,2	3,8
	<i>cv</i>	76,0	63,9	96,1	144,0	76,7	100,0	129,7	106,6
<b>Dec.1</b>	<i>n</i>	7	7	7	7	7	7	7	7
	<i>média</i>	21,1	25,5	17,7	18,3	3,7	0,3	13,9	7,3
	<i>s</i>	23,1	14,9	12,1	21,2	3,2	0,2	11,0	4,9
	<i>cv</i>	109,4	58,6	68,4	115,9	87,0	80,3	79,2	67,2
<b>Dec. 2</b>	<i>n</i>	9	9	9	9	9	9	9	9
	<i>média</i>	48,6	19,0	13,2	5,2	7,6	1,0	3,1	2,3
	<i>s</i>	29,9	13,5	17,1	7,8	6,0	0,9	3,8	1,7
	<i>cv</i>	61,6	71,2	128,9	151,0	78,2	94,0	122,9	72,4
<b>Dec. 3</b>	<i>n</i>	7	7	7	7	7	7	7	7
	<i>média</i>	44,2	16,6	17,5	9,4	7,1	0,8	2,8	1,5
	<i>s</i>	30,6	9,8	17,4	13,6	4,0	0,6	2,9	1,7
	<i>cv</i>	69,3	58,9	99,6	145,1	55,9	73,5	102,2	107,3

*n* – número de observações (imagens), *s* – desvio padrão e *cv* – coeficiente de variação

TABELA 13. Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 1997 as 1909 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.

		Sf	Cu	MI	Cb	Ci	Sf/Ci	St	St/Cu
Mensal	<i>n</i>	21	21	21	21	21	21	21	21
	<i>média</i>	27,9	24,0	22,6	8,2	9,4	1,0	3,9	3,1
	<i>s</i>	27,7	14,7	15,6	15,1	8,2	0,8	4,4	3,0
	<i>cv</i>	99,2	61,2	69,3	185,4	87,5	88,8	110,8	95,9
Dec. 1	<i>n</i>	5	5	5	5	5	5	5	5
	<i>média</i>	22,9	24,7	18,8	13,3	5,0	0,3	9,0	6,0
	<i>s</i>	28,2	14,6	12,9	28,8	5,3	0,3	5,9	4,6
	<i>cv</i>	123,4	59,1	68,6	216,1	105,1	92,9	66,0	75,9
Dec. 2	<i>n</i>	9	9	9	9	9	9	9	9
	<i>média</i>	35,1	23,0	20,1	5,5	9,9	1,1	2,6	2,8
	<i>s</i>	33,6	14,7	14,9	8,3	9,3	1,0	2,3	1,8
	<i>cv</i>	96,0	64,1	74,0	150,6	94,2	91,8	89,4	64,9
Dec. 3	<i>n</i>	7	7	7	7	7	7	7	7
	<i>média</i>	22,4	24,7	28,4	7,9	11,8	1,2	2,0	1,5
	<i>s</i>	19,7	16,9	18,6	9,2	8,2	0,8	2,0	1,4
	<i>cv</i>	87,8	68,2	65,5	116,6	69,3	62,4	98,4	90,3

*n* – número de observações (imagens), *s* – desvio padrão e *cv* – coeficiente de variação

TABELA 14. Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 2001 as 1309 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.

		Sf	Cu	MI	Cb	Ci	Sf/Ci	St	St/Cu
Mensal	<i>n</i>	22	22	22	22	22	22	22	22
	<i>média</i>	40,9	21,1	13,7	11,2	5,8	0,1	4,7	2,4
	<i>s</i>	29,6	14,1	13,1	19,5	5,4	0,2	7,2	3,0
	<i>cv</i>	72,3	66,5	96,1	174,0	93,0	111,1	152,3	123,8
Dec.1	<i>n</i>	7	7	7	7	7	7	7	7
	<i>média</i>	42,9	20,8	8,3	18,7	3,7	0,1	3,7	1,7
	<i>s</i>	32,3	17,9	11,2	29,0	3,4	0,1	5,6	2,6
	<i>cv</i>	75,2	85,8	134,1	155,2	91,9	159,6	151,3	153,1
Dec. 2	<i>n</i>	8	8	8	8	8	8	8	8
	<i>média</i>	59,0	17,1	10,8	3,6	7,0	0,2	1,2	1,2
	<i>s</i>	25,3	9,5	11,7	7,9	6,0	0,2	1,1	1,3
	<i>cv</i>	43,0	55,6	108,5	222,3	85,8	80,4	93,2	105,9
Dec. 3	<i>n</i>	7	7	7	7	7	7	7	7
	<i>média</i>	18,2	26,1	22,4	12,5	6,4	0,1	9,8	4,6
	<i>s</i>	15,0	14,8	13,7	16,6	6,3	0,0	10,0	3,9
	<i>cv</i>	82,5	56,6	61,3	132,5	98,6	45,9	102,2	84,3

*n* – número de observações (imagens), *s* – desvio padrão e *cv* – coeficiente de variação

TABELA 15. Estatísticas mensais e decendiais dos tipos de nuvens extraídas das imagens do satélite GOES para novembro de 2001 as 1909 TMG, sobre o Rio Grande do Sul.

		Sf	Cu	MI	Cb	Ci	Sf/Ci	St	St/Cu
<b>Mensal</b>	<i>n</i>	20	20	20	20	20	20	20	20
	<i>média</i>	42,8	25,6	14,9	6,1	5,3	0,2	3,3	1,7
	<i>s</i>	27,4	16,2	16,5	10,5	3,7	0,3	6,5	3,0
	<i>cv</i>	64,1	63,5	110,7	170,1	68,6	114,4	197,1	179,5
<b>Dec. 1</b>	<i>n</i>	7	7	7	7	7	7	7	7
	<i>média</i>	30,8	35,6	13,3	7,9	4,9	0,2	4,7	2,6
	<i>s</i>	20,4	15,8	15,1	12,9	3,1	0,3	5,6	3,2
	<i>cv</i>	66,4	44,5	113,8	163,8	64,2	114,2	118,7	120,3
<b>Dec. 2</b>	<i>n</i>	9	9	9	9	9	9	9	9
	<i>média</i>	58,6	16,5	13,2	4,9	5,6	0,3	0,5	0,3
	<i>s</i>	26,6	10,5	14,7	10,0	4,1	0,3	1,0	0,4
	<i>cv</i>	45,4	63,9	110,8	201,8	73,3	108,9	180,3	128,0
<b>Dec. 3</b>	<i>n</i>	4	4	4	4	4	4	4	4
	<i>média</i>	28,3	28,5	21,7	5,8	5,5	0,1	7,0	3,1
	<i>s</i>	26,2	19,5	25,0	8,9	4,4	0,2	12,5	5,3
	<i>cv</i>	92,3	68,2	115,2	154,6	80,0	142,3	178,0	172,4

*n* – número de observações (imagens), *s* – desvio padrão e *cv* – coeficiente de variação

Entre as categorias de nuvens menos freqüentes estiveram as nuvens do tipo cirrus (Ci), céu claro com cirrus (Sf/Ci), stratus (St) e stratus com cumulus (St/Cu). Em geral estas nuvens apresentaram altos coeficientes de variação tanto na análise mensal como na decendial, especialmente as St que apresentaram coeficientes próximos ou superiores a 100, chegando a 197,1 em novembro de 2001 as 1909 TMG.

A tendência de comportamento observado para a nebulosidade na análise decendial é aproximadamente a mesma observada no mensal, sendo assim, pode-se dizer que o padrão médio decendial da nebulosidade do Rio Grande do Sul segue o mesmo padrão médio mensal. Nos Apêndices 26 a 29 constam as freqüências de ocorrências diárias dos tipos de nuvens no mês de novembro de 1997 e 2001 no horário das 1309 TMG e 1909 TMG, para o Rio Grande do Sul.

Uma consideração importante e que deve ser lembrada, é que a informação de nebulosidade analisada neste trabalho representa o valor médio da nebulosidade em um *pixel* do satélite GOES com uma área que varia de 1 a 8 km, dependendo do canal considerado do imageador (Tabela 6).

As Figuras 45 e 46 representam a distribuição espacial da precipitação pluvial e do índice de nebulosidade diurna para o Rio Grande do Sul no mês de novembro de 1997 e 2001, utilizadas para fins de apoio na discussão da nebulosidade observada através das imagens de satélite. Observaram-se valores superiores de precipitação pluvial e de IND em novembro de 1997 (El Niño) em relação ao que se verificou no mesmo mês no ano neutro (2001). O comportamento observado a partir dos dados medidos em superfície é coerente com o esperado na climatologia dos eventos ENOS. Como foi visto na distribuição temporal do IND desse evento El Niño (Figura 28), o índice apresenta valores superiores a média dos anos neutros durante a maior parte da duração do evento. No que se refere a regiões com maiores impactos sobre estas variáveis, no caso de El Niño, para a precipitação pluvial, a região norte do Estado aparece com os maiores totais. Já para o índice de nebulosidade diurna a região mais afetada pelo fenômeno foi a leste. No ano neutro as duas variáveis apresentaram valores bem menores. Para a precipitação pluvial a região sul do Estado aparece com as maiores precipitações pluviais e no caso do IND não se observa região alguma com predominância de menor ou maior índice.

Nas Figuras 47 e 48 e nas 49 e 50, estão representadas as distribuições espaciais decendiais para a precipitação pluvial e índice de nebulosidade diurna, respectivamente, para o Rio Grande do Sul em novembro de 1997 (El Niño) e 2001 (Neutro). A análise da distribuição decendial apresentou o mesmo padrão observado na análise mensal no que se refere aos valores das variáveis, ou seja, maiores valores no caso do evento El Niño (decêndios de 1997). Para a distribuição decendial apenas no 1º decêndio de novembro observa-se a região norte com as maiores precipitações.

Comparando a distribuição espacial da precipitação pluvial e do índice de nebulosidade diurna (IND), mensal e decendial, com o padrão observado para os tipos de nuvens no Rio Grande do Sul (imagens), no ano de El Niño e no ano neutro, verificou-se que o comportamento foi coerente com aquele observado a partir de dados de superfície.

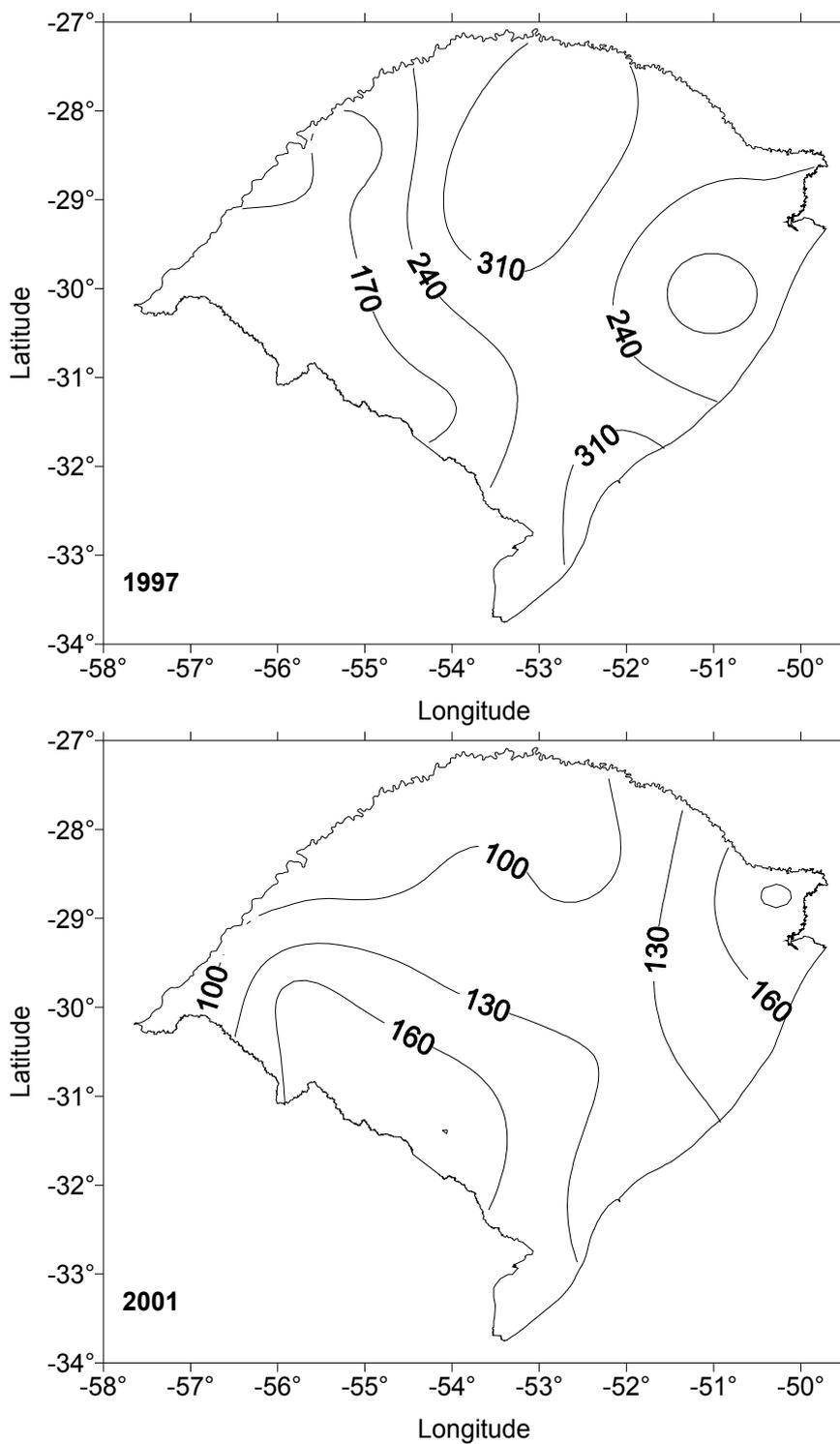


FIGURA 45. Distribuição espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997) e um ano neutro (2001), para o mês de novembro.

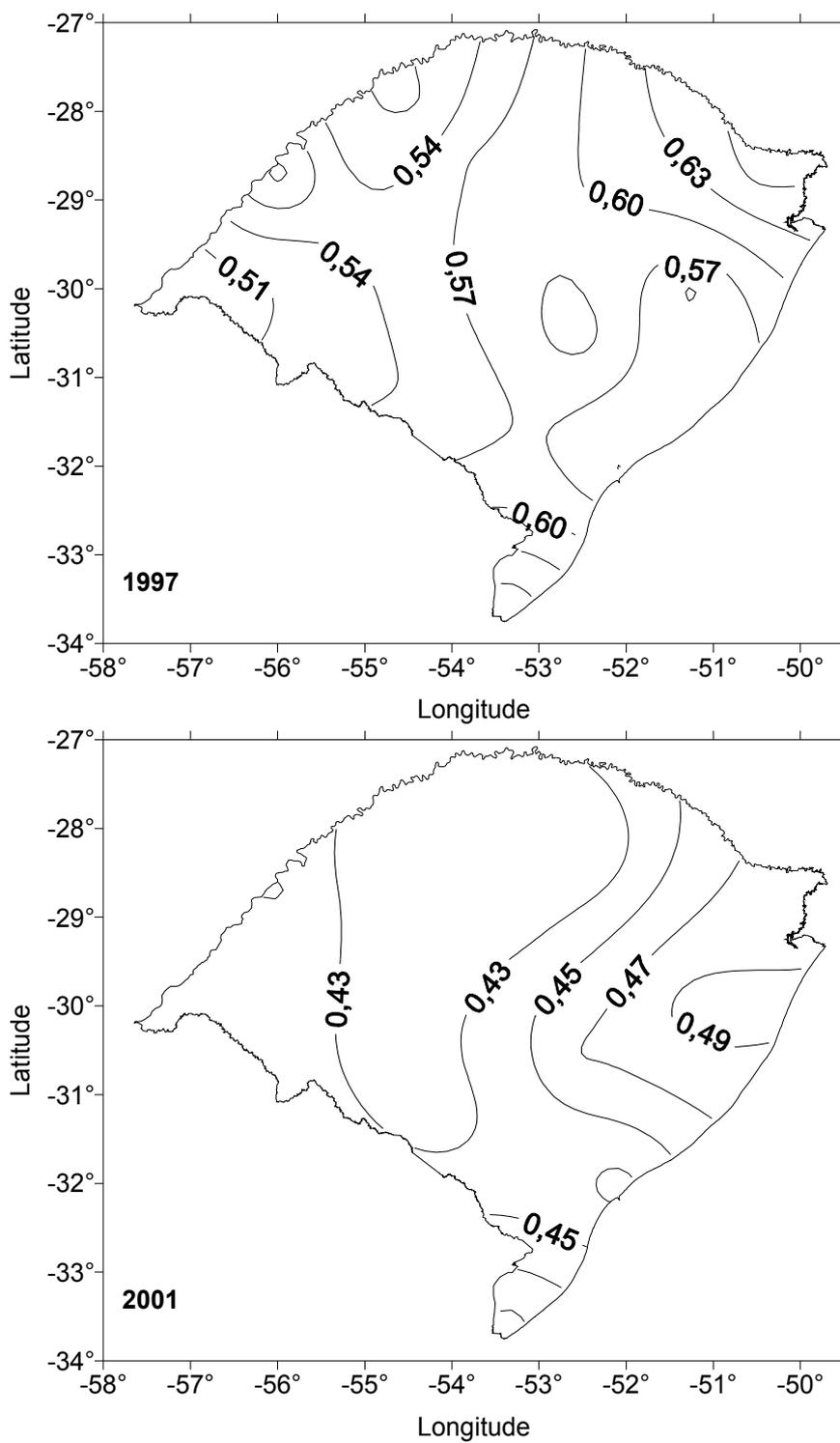


FIGURA 46. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997) e um ano neutro (2001), para o mês de novembro.

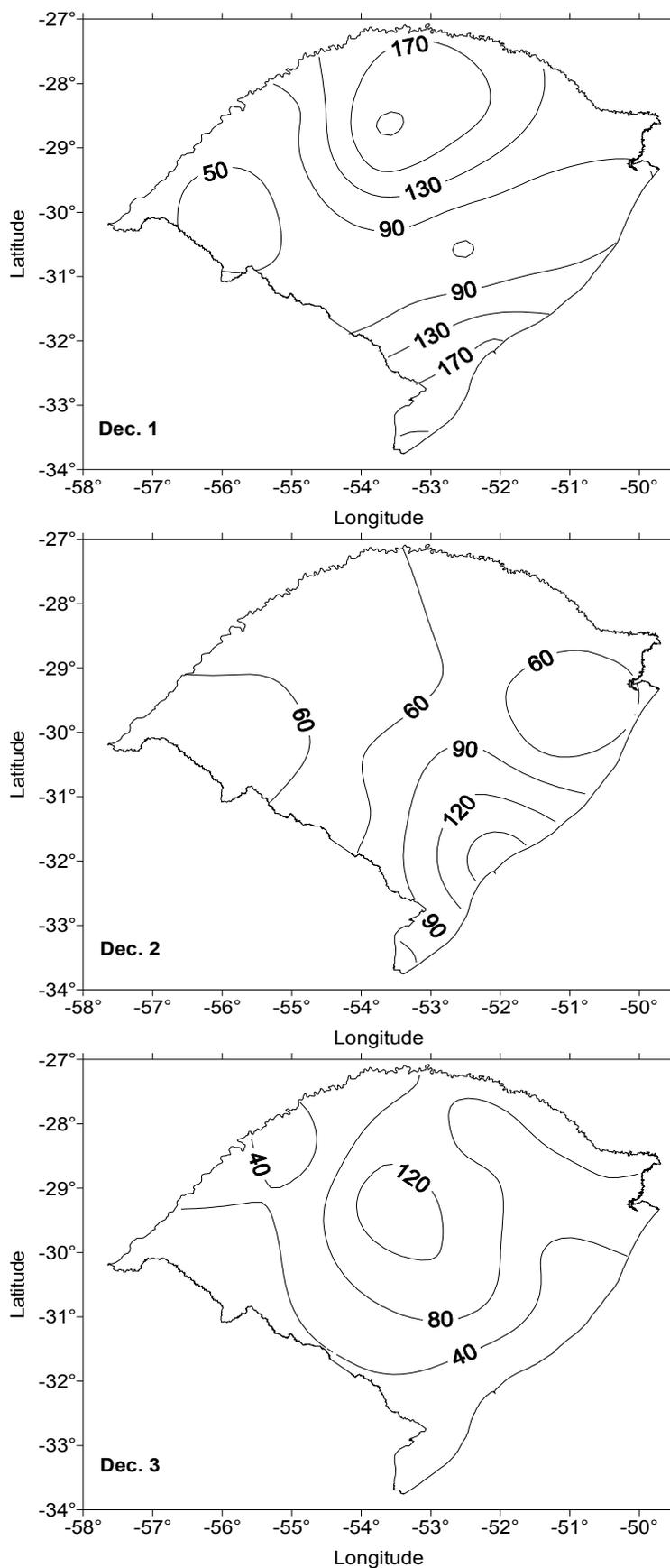


FIGURA 47. Distribuição espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997), para os decêndios de novembro.

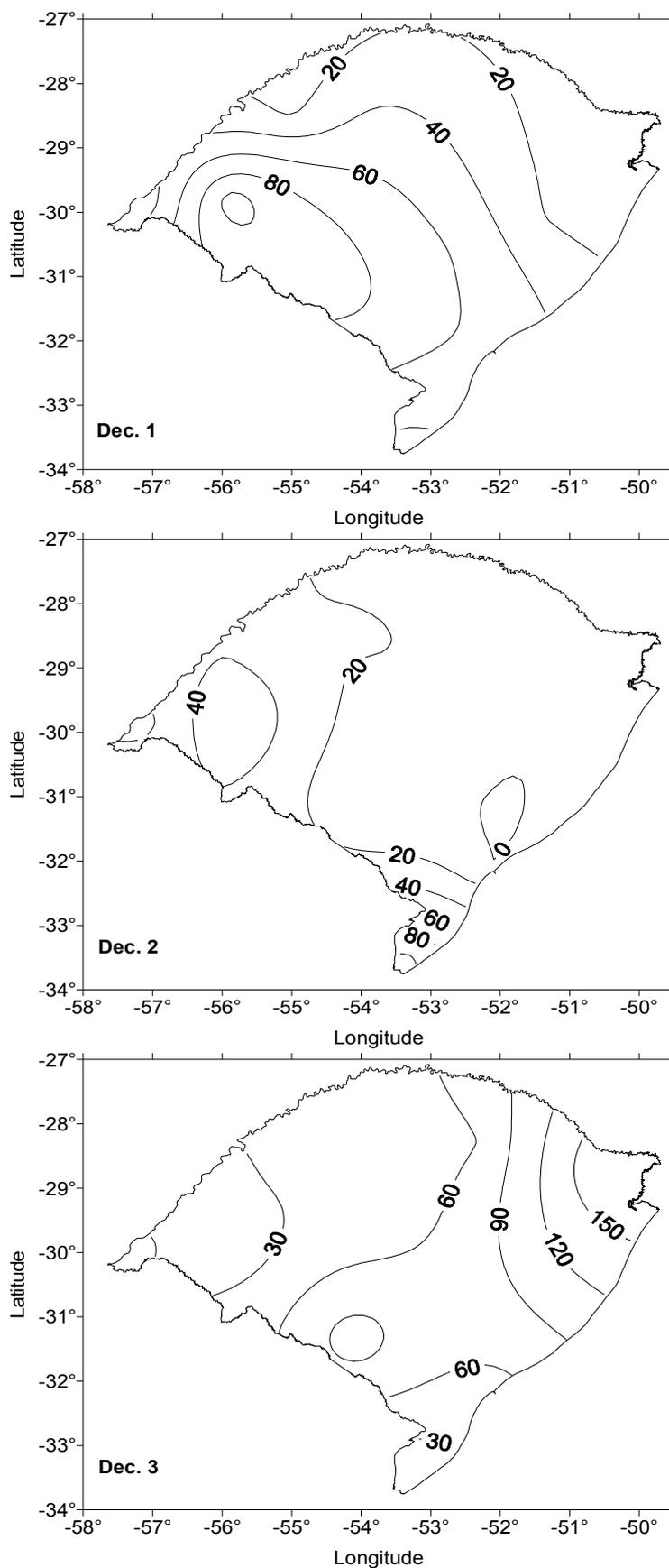


FIGURA 48. Distribuição espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul em um ano neutro (2001), para os decêndios de novembro.

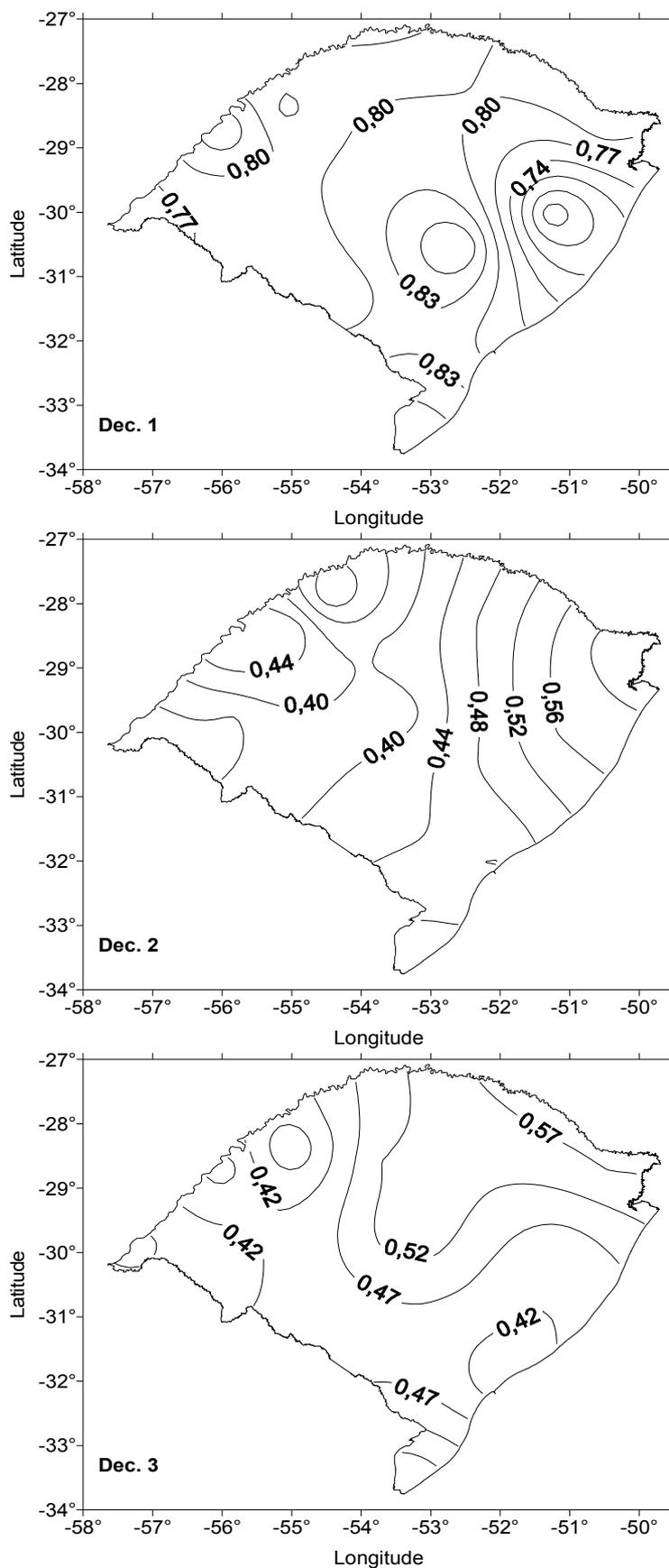


FIGURA 49. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul em um ano de ocorrência de El Niño (1997) para os decêndios de novembro.

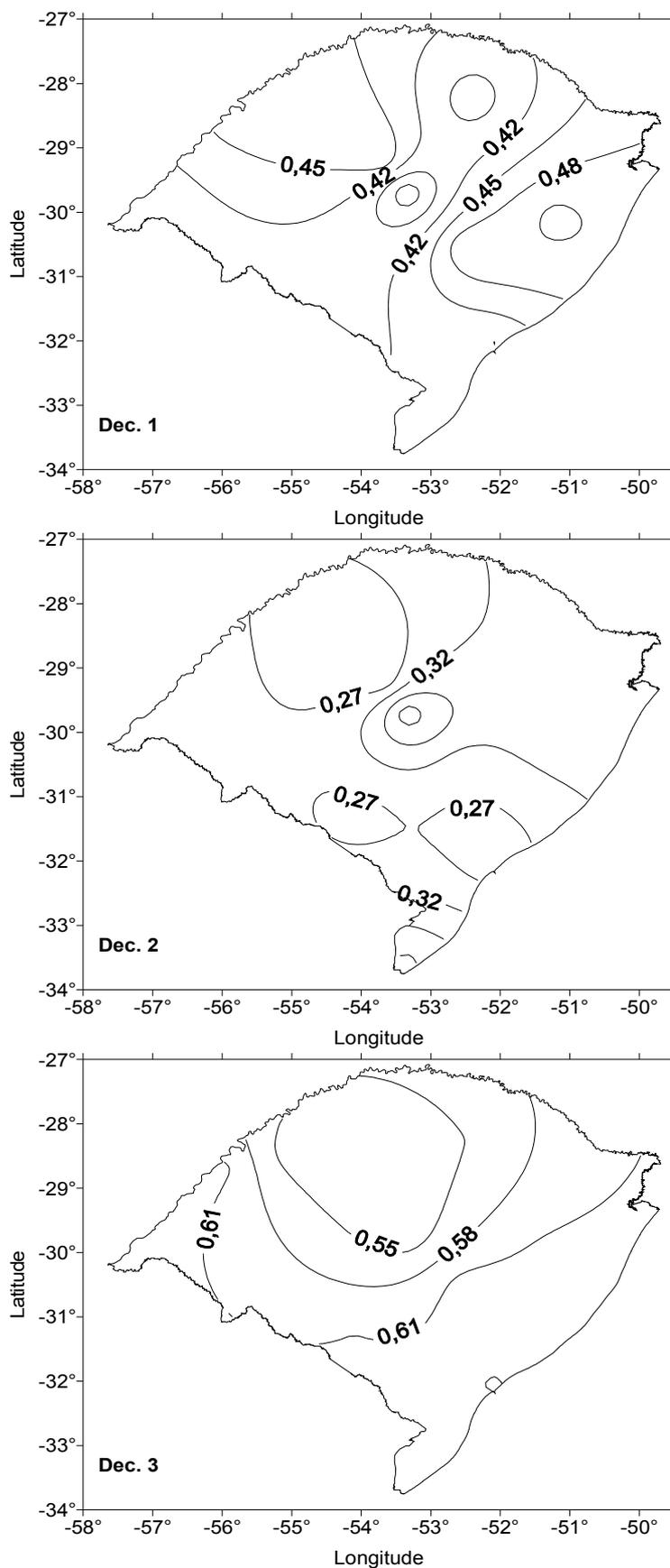


FIGURA 50. Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul em um ano neutro (2001) para os decêndios de novembro.

Esta informação, que deve ser mais bem avaliada com aumento substancial do número de imagens GOES, é bastante interessante, pois aponta a qualidade do produto disponibilizado a partir de imagens de satélite. Em se confirmando estes resultados, pode-se melhorar os produtos de climatologia a partir de um melhor detalhamento espacial e do incremento de uma nova variável de análise, qual seja, a do tipo de nebulosidade.

## 5 – CONCLUSÕES

As médias do índice de nebulosidade diurna, mensal e decendial, para o Rio Grande do Sul, determinadas neste estudo podem ser usadas como médias climatológicas, visto que consideram um período superior a 30 anos de observação.

A região oeste-noroeste do Estado é a que apresenta o menor índice de nebulosidade diurna e a região leste-nordeste apresenta o maior índice; o índice é maior no inverno e menor no verão.

O índice de nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul apresenta tendência temporal significativa de incremento para o ano, no outono e no verão.

No Rio Grande do Sul, o índice de nebulosidade diurna em anos de El Niño é superior ao dos anos neutros na maioria dos meses do ano e, conseqüentemente, na maior parte dos decêndios.

Em anos de La Niña o índice de nebulosidade diurna é inferior aos anos neutros somente na metade sul do Estado.

O período de maior impacto tanto do El Niño como da La Niña no índice de nebulosidade diurna do Estado, é no final da primavera início do verão, confirmando o que vem sendo identificado no comportamento de outras variáveis meteorológicas como, por exemplo, precipitação pluvial e temperatura mínima.

O impacto no índice de nebulosidade diurna decendial do El Niño 1997/1998 e da La Niña 1995/1996, acompanhou o ciclo de maiores impactos do ENOS no Estado.

A nebulosidade obtida a partir das imagens GOES é coerente com as informações de superfície. Estas imagens podem, portanto, contribuir para os estudos de caracterização da nebulosidade diurna do Rio Grande do Sul, melhorando seu detalhamento espacial e temporal, assim como agregando a informação dos tipos de nuvens.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BAPTISTA, R.L.; BERLATO, M.A. Relações do rendimento de grãos de feijão safra do Estado do Rio Grande do Sul com a precipitação pluvial, a temperatura e o El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 307-314, 2004.

BERGAMASHI, H. Variations on the Brazilian soybean production related to teh drought occourences – Preliminary analysis. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4, 1989, Buenos Aires. **Actas proceedings.** Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 1989. p.2153-2158.

BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos da estiagem na produção agrícola. In: BERGAMASHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1992. p.11-23.

BERLATO, M.A. et al. Tendência observada na 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, SE. **Anais: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, CD-ROM.**

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.**1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003, 110p.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual de precipitação pluvial e rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125. 1999.

BOTTINO, M.J.; CEBALLOS, J.C. Classification of scenes in multispectral GOES-8 imagery. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais, CD-ROM.**

BOTTINO, M.J.; CEBALLOS, J.C. Classificação de cenas em imagens GOES multiespectrais mediante um método de “agrupamento dinâmico”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais, 3915-3923, CD-ROM.**

BURMAN, R.; POCHOP, L.O. Atmospheric & thermodynamic parameters. In: BURMAN, R.; POCHOP, L.O. **Evaporation, evapotranspiration and climatic data.** 1.ed. Amsterdam: Elsevier, 1994, p.13-55.

CARMONA, L.C. **Efeitos associados aos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento de arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2001. 77f.. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Área de concentração em agrometeorologia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CEBALLOS, J.C.; BOTTINO, M.J. **Classificação automática de alvos: uma análise da informação contida em imagens GOES-8 multiespectrais.** Trabalho Associado ao Grupo de Aplicações de Satélites Meteorológicos – CPTEC/INPE. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/pesquisa/>>. Acesso em: 12 fevereiro 2006.

CPTEC/INPE. **Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais.** Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/informacoes/goes10/GOES10-faqs.htm>>. Acesso em: 12/08/2007.

CPTEC/INPE. **El Niño e La Niña.** Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/enos>>. Acesso em: 04 setembro 2005.

CPTEC/INPE. **Satélites: Classificação de Nuvens.** Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/htmldocs/classificacao/classif-goes.htm>>. Acesso em: 20 outubro 2005.

CUSTÓDIO, M. de S.; BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Insolação no Rio Grande do Sul: climatologia e impactos do El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis, SC. **Anais: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, CD-ROM.**

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, SE. **Anais: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, CD-ROM.**

FERREIRA, A.G. **Meteorologia Prática.** 1ed. São Paulo: oficina de Textos, 2006, 187p.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.1, p.39-46, 1996.

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.; 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.

HAYLOCK, M.R. et al. Trends in total and extreme South America rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, Boston, v.19, p.1490-1512, April, 2006.

KIDDER, S.Q; HAAR.T.H.V. Meteorological Satellite Instrumentation. In: Kidder, S.Q; Haar.T.H.V. **Satellite Meteorology: an introduction**. 1 ed. San Diego, USA: Edit: Academic Press, 1995. Cap. 4, p. 87-144.

LAUX, P.R.; AGUIRRE, A. J. Estimativa da dimensão fractal de nuvens em imagens de satélites meteorológicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu, PR. **Anais: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001. p.811-818.

LOPES, F.; BERLATO, M. A. Relações entre a temperatura da superfície do mar na região do niño 3.4 e a temperatura média mínima do estado do rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13, 2003, Santa Maria, RS. **Anais: XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Brasília: SBMET, 2003. p961 CD-ROM.

MARTINS, E. J.; BERLATO, M. A. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional no Estado do Rio Grande do Sul. In. SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2005.

MENDONÇA, F., OLIVEIRA, I.M.D. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de texto, 206p, 2007.

MORENO, J.A. **Clima no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 38p, 1961.

NASA. GOES Project: Disponível em: <<http://goespoes.gsfc.nasa.gov/goes/index.html>> Acesso em: 17/05/2007.

NOA/OSO. **NOAA Satellite e Information Service**. Disponível em : <<http://www.oso.noaa.gov/goes/index.htm>> Acesso em: 17/05/2007.

NOAA/NESDIS. **NOAA's Geostationary and Polar-Orbiting Weather Satellites**. Disponível em: <<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>> Acesso em: 17/05/2007.

OLIVEIRA, G.S. de. **O El Niño e Você: O fenômeno climático**. 1.ed. São José dos Campos, SP: TRANSTEC, 116p, 1999.

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

SANTOS, S. R. dos; VALADÃO, C.E.A. de. Um sistema para acompanhamento automático de nuvens. In: CONGRESSO BRASILEIRO D METEOROLOGIA, 9, 1996, Campos do Jordão, SP. **Anais: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia.** Brasília: SBMET, 1996, vol.1, p.666-670

SILVA, J. de F. da. **El Niño: O fenômeno climático do século.** 1.ed. Brasília: Thesaurus, 139p, 2000.

TRENBERTH, K.E. The definition of El Niño. **Bulletin American Meteorological Society.** V. 78, p. 2771-2777. 1997.

TUBELLIS, A; NASCIMENTO, F.J.L.do. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras.** São Paulo, Editora: Livraria Nobel S.A, 374p, 1980.

VAREJÃO, M. A. S. **Meteorologia e Climatologia.** 2º ed. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 532p, 2001.

VIANELLO, R.L., ALVES, R.A. **Meteorologia básica e aplicações.** 1 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 449p, 2000.

WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE. **Nuvem.** Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem>>. Acesso em: 30 maio de 2007.

WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences.** 1. ed. New York, EUA: Academic Press, 467p, 1995.

WORD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **International Clouds Atlas.** vol. 1, 155p,1956.

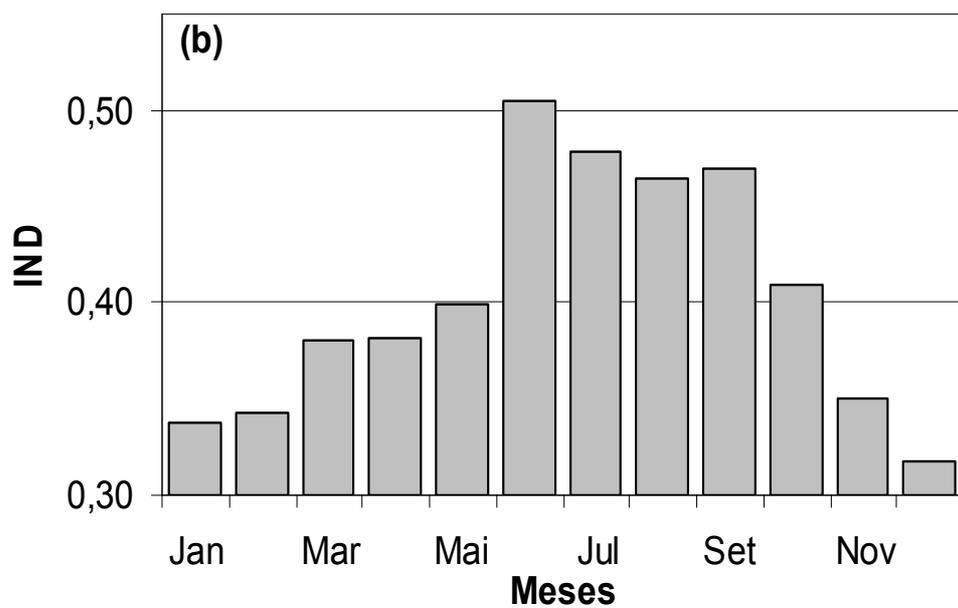
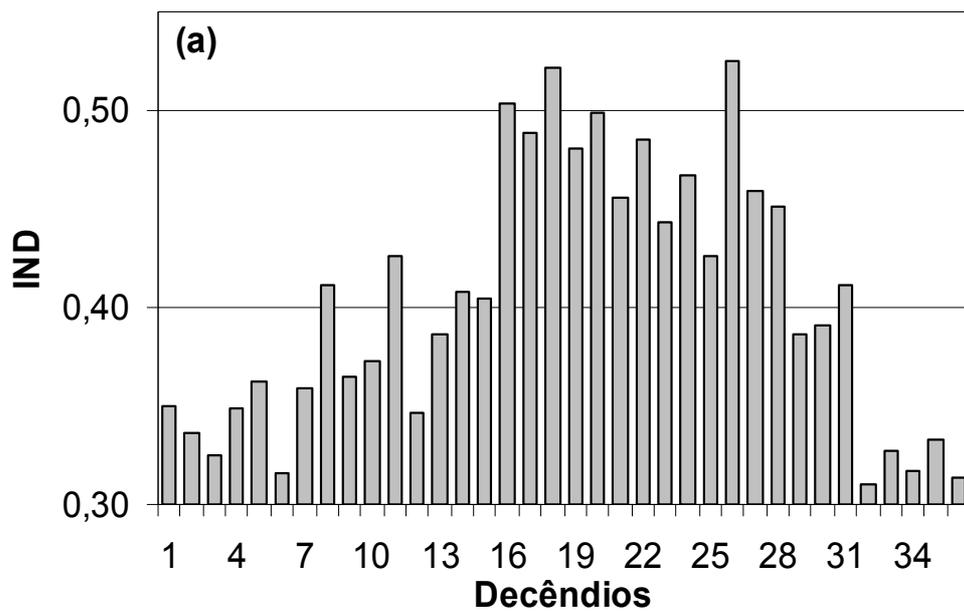
## **7 - APÊNDICES**

APÊNDICE 1. Imagens disponíveis em novembro de 1997 e seus horários (TMG).

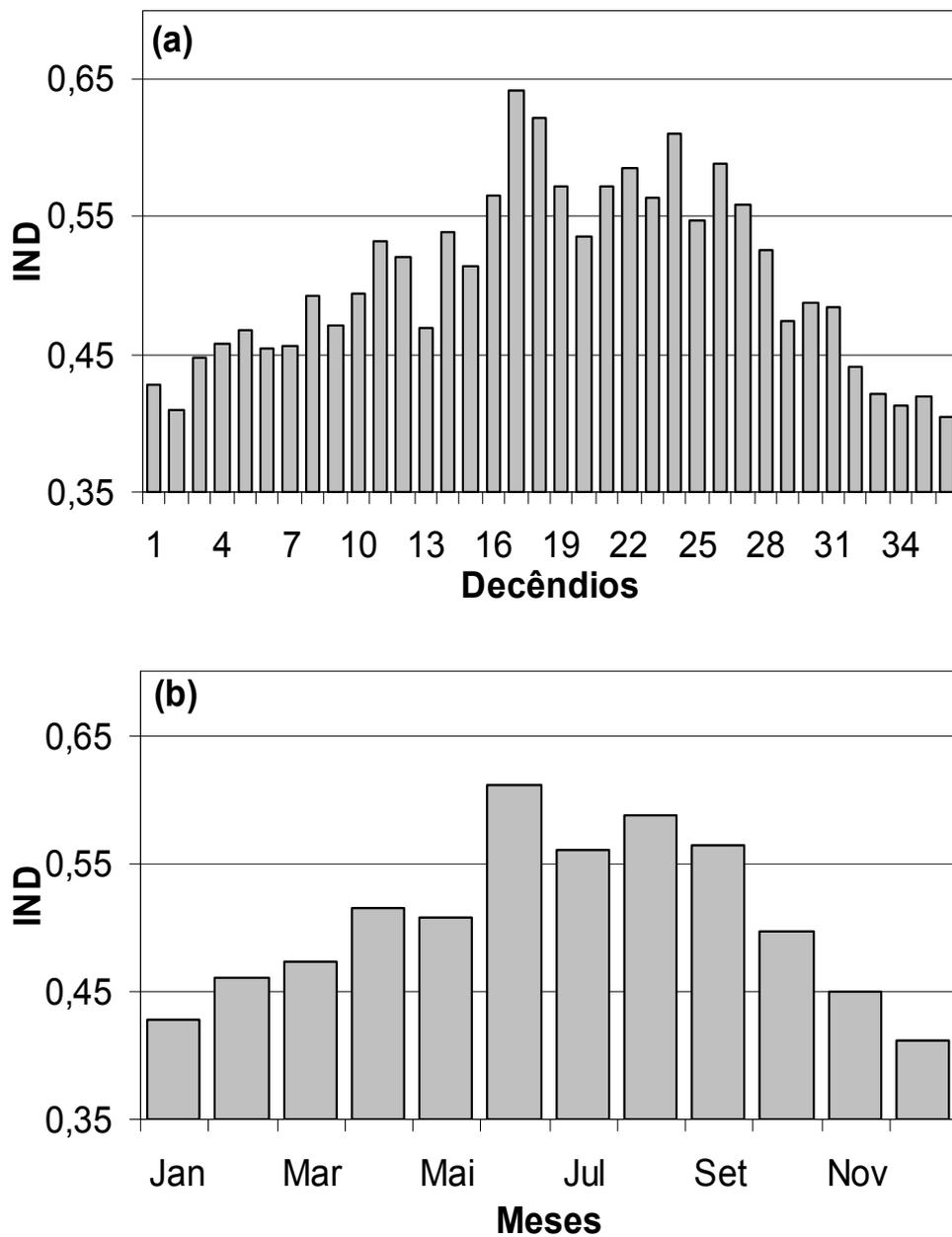
Dias	0939	1009	1039	1109	1139	1309	1339	1409	1439	1509	1539	1609	1639	1709	1739	1909	1939	2009	2039
1				X	X	X		X				X		X	X	X			X
2																			
3				X		X		X				X		X	X	X			X
4				X		X		X							X				
5								X				X		X		X			X
6				X		X		X											
7				X		X		X		X		X		X		X		X	X
8				X		X		X				X		X		X			X
9				X		X		X				X							
10				X		X		X				X		X					X
11				X	X	X		X				X		X		X			X
12				X	X	X		X				X		X	X	X			
13				X	X	X		X						X	X	X			X
14				X	X	X		X				X		X	X				X
15				X	X	X		X				X		X	X	X			X
16				X		X		X				X		X	X	X			X
17				X	X	X		X						X	X	X			X
18				X	X	X		X				X		X		X			X
19				X	X	X		X				X							
20				X	X	X		X				X		X		X			X
21				X	X	X		X				X		X		X			X
22																			
23																			
24																X			X
25				X	X	X		X				X			X	X			X
26				X	X	X		X						X		X			X
27				X	X	X		X				X		X	X	X			X
28				X	X	X		X				X		X					X
29				X	X	X						X		X	X	X			X
30				X	X	X		X				X		X		X			

APÊNDICE 2. Imagens disponíveis em novembro de 2001 e seus horários (TMG).

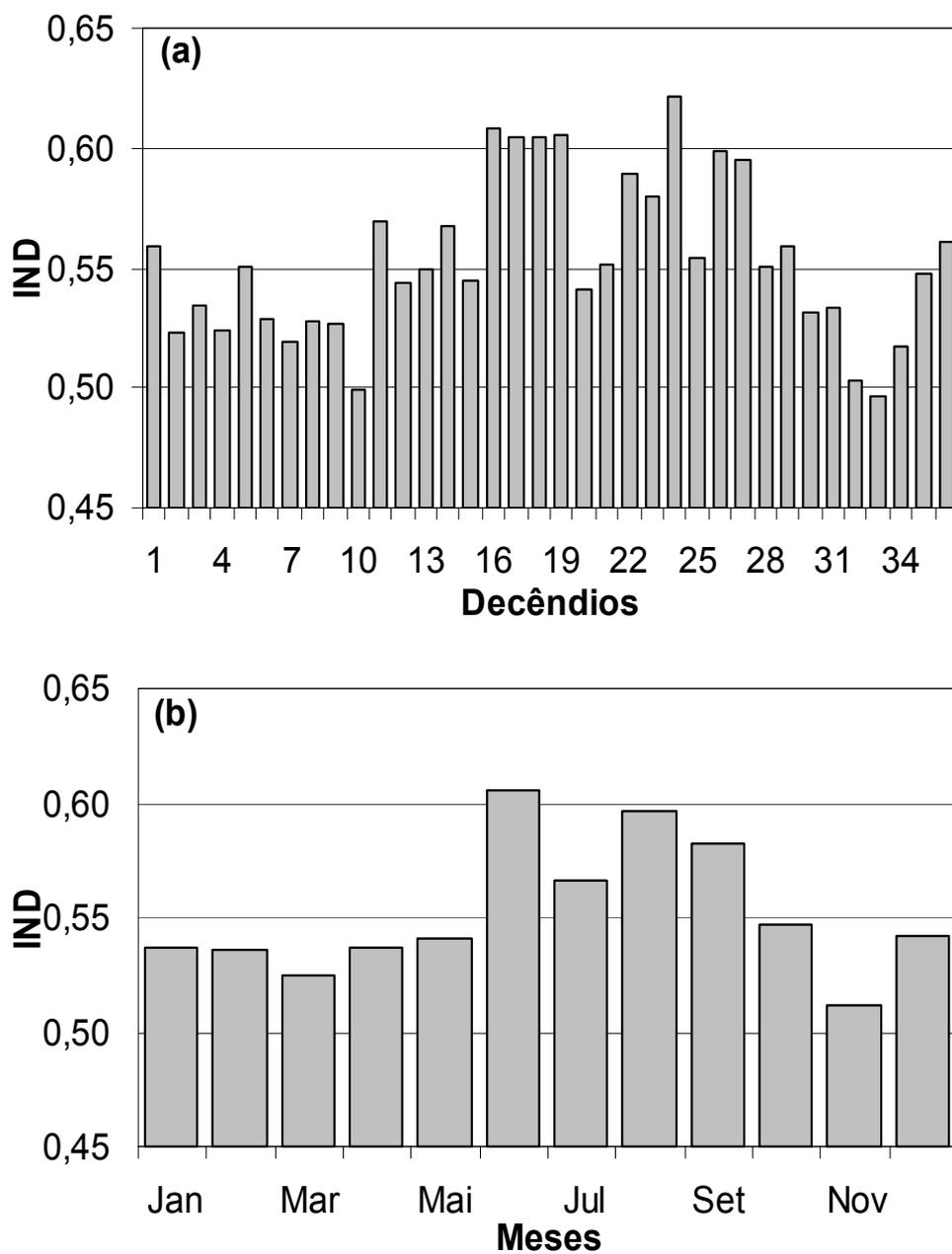
Dias	0939	1009	1039	1109	1139	1309	1339	1409	1439	1509	1539	1609	1639	1709	1739	1909	1939	2009	2039
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X		X	X	X											X	X	X	X
3	X	X	X	X	X														
4	X	X	X	X	X														
5	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
8	X		X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X				
17			X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	X	X							X		X		X	X	X	X	X	X	X
19	X			X	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X	X
20	X	X	X	X		X	X	X	X			X			X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
22		X	X	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X			
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X					
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
26		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X					
27	X	X	X			X	X	X	X			X							
28	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	X	X	X	X		X	X	X	X								X	X	X
30		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X						



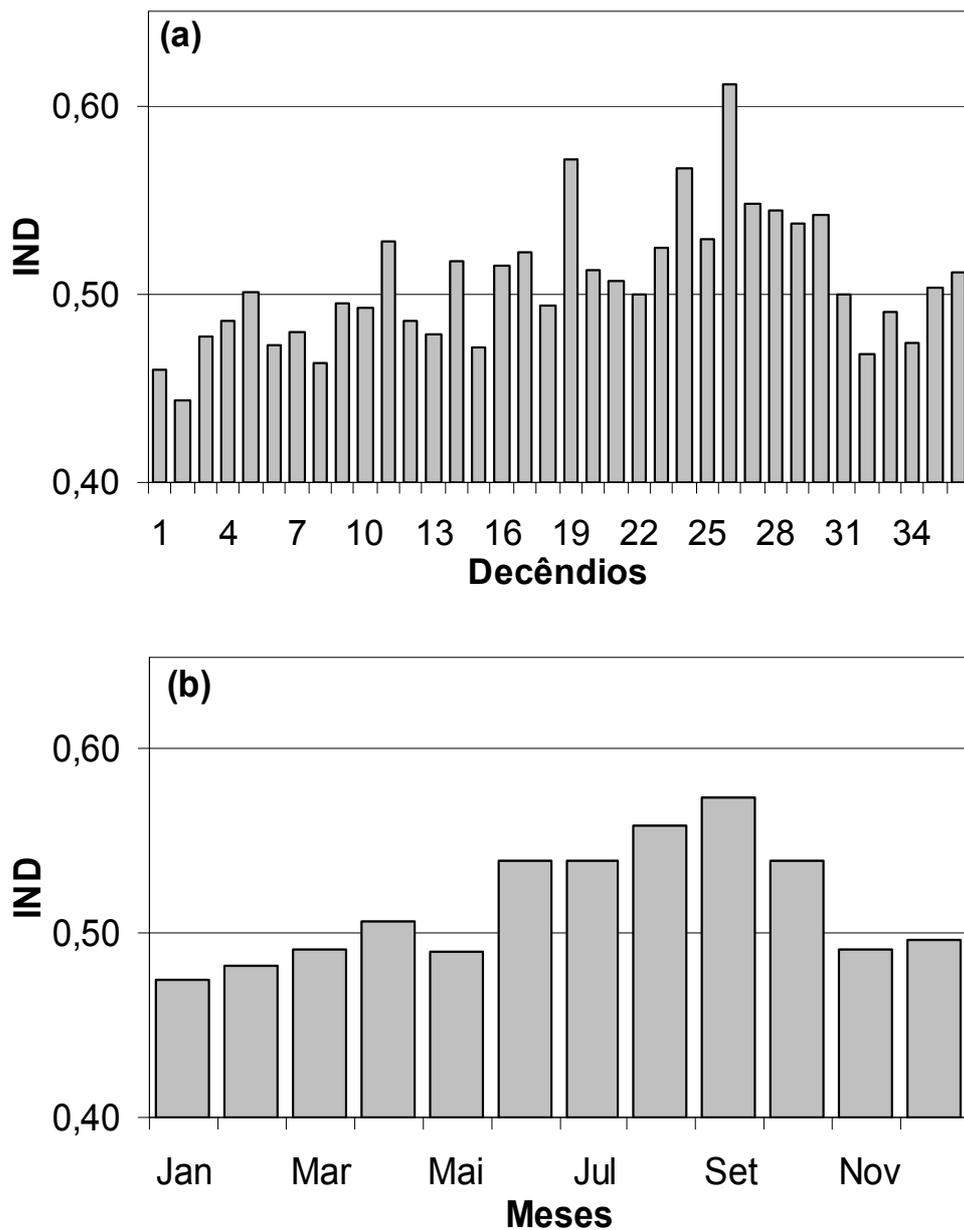
APÊNDICE 3. Média climatológica decennial (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Alegrete, RS , período 1960-2000.



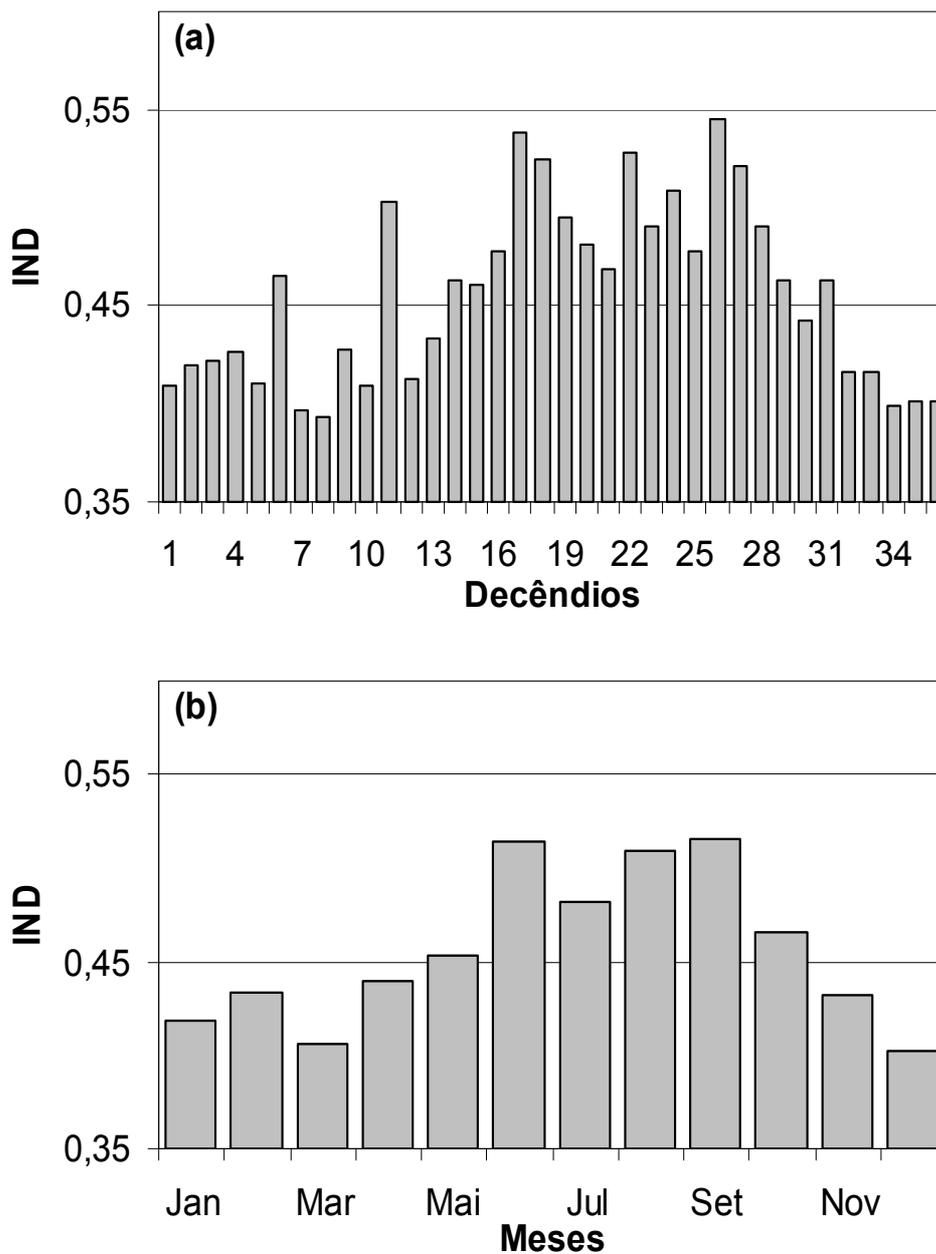
APÊNDICE 4. Média climatológica decencial (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Bagé, RS, período 1960-2005.



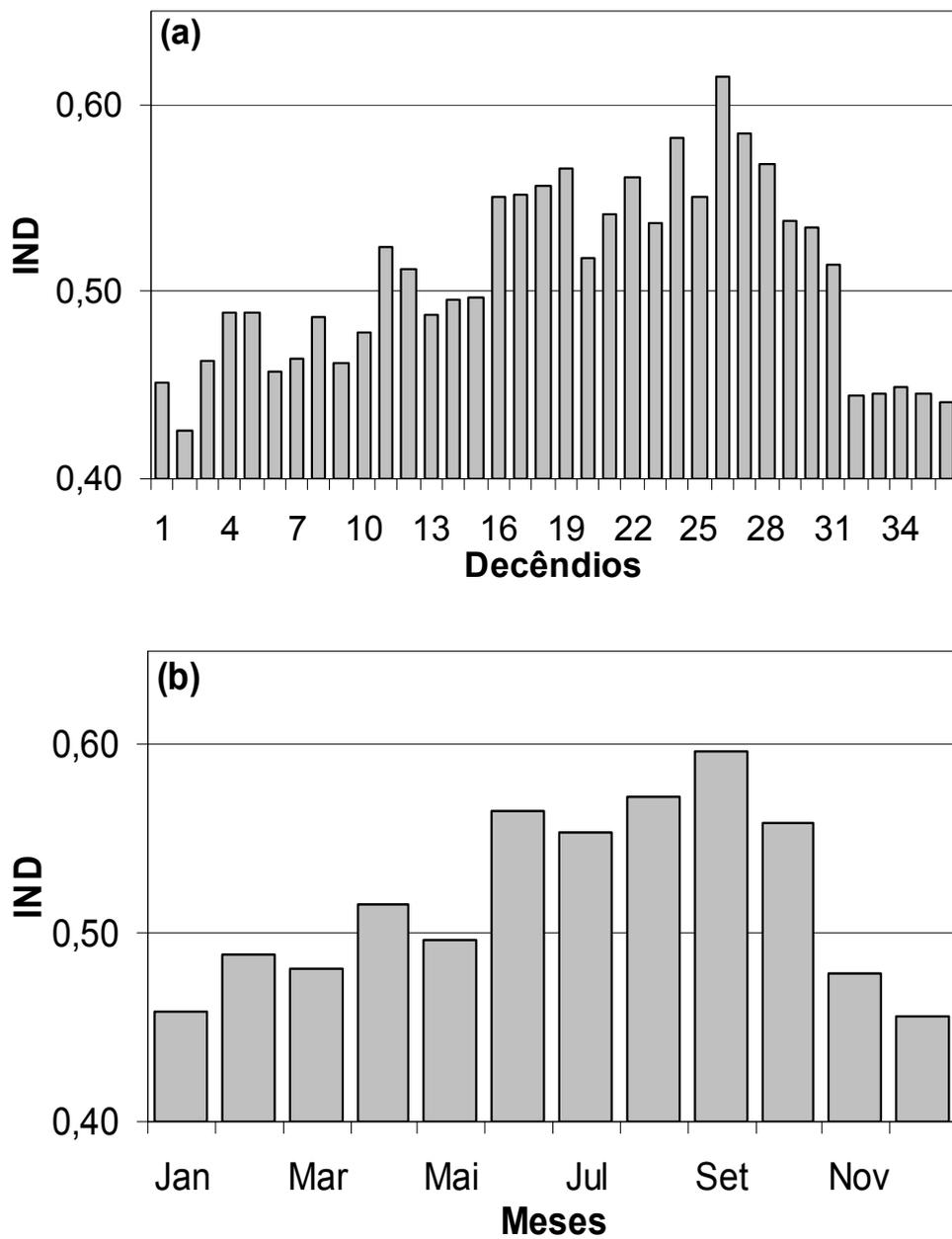
APÊNDICE 5. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Bom Jesus, RS, período 1969-2000.



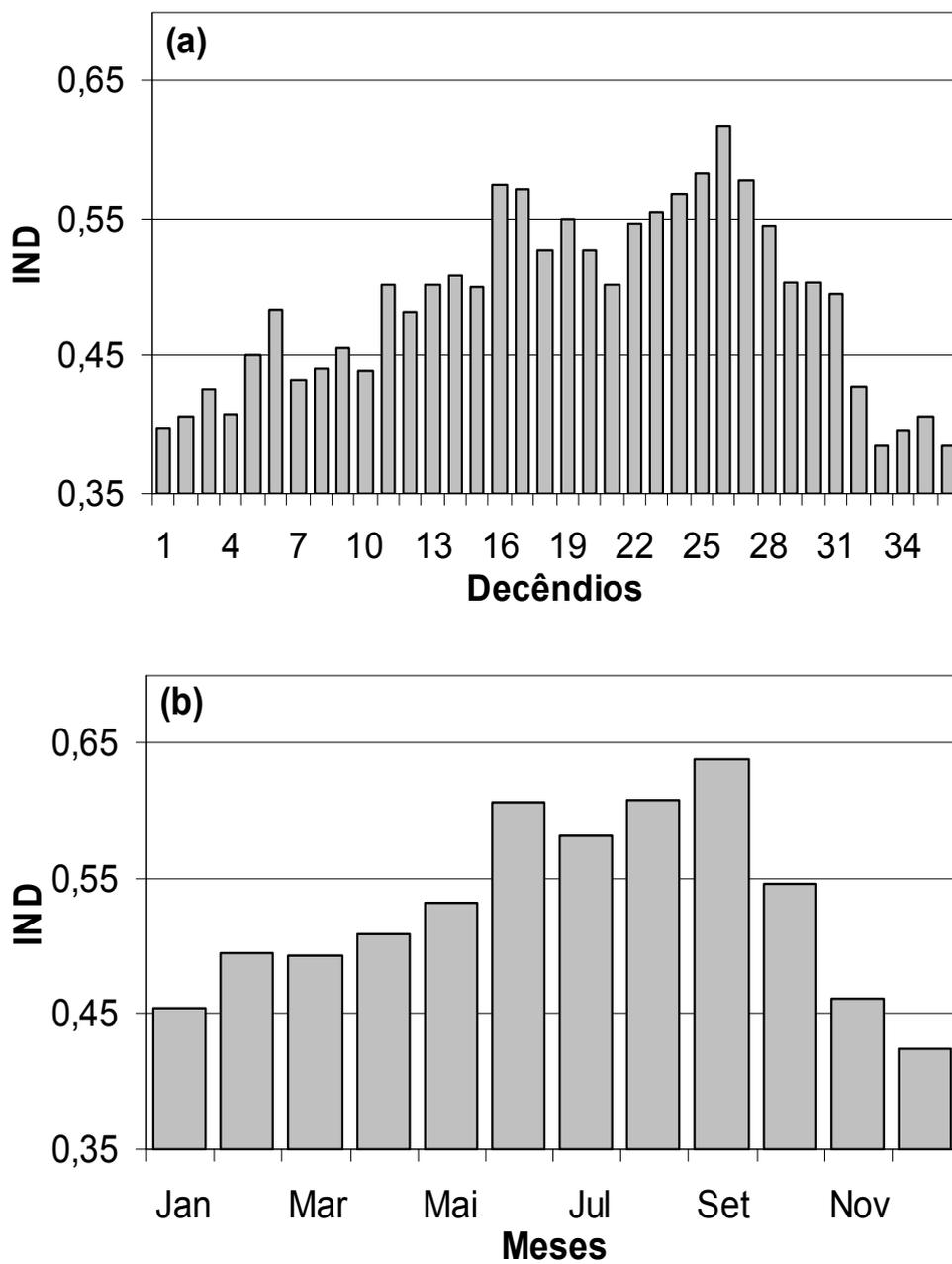
APÊNDICE 6. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Caxias do Sul, RS, período 1960-2005.



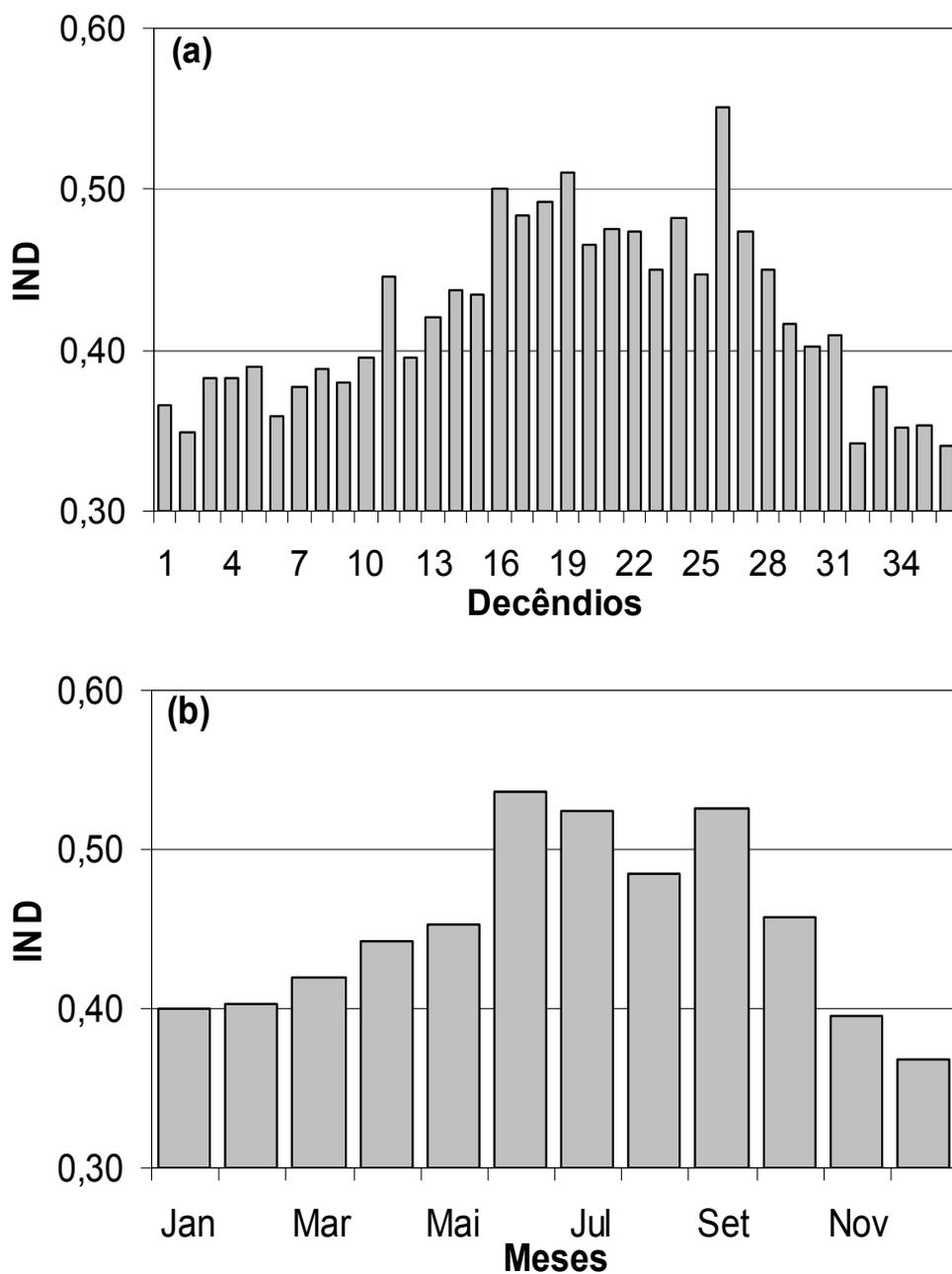
APÊNDICE 7. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Cruz Alta, RS, período 1966-2000.



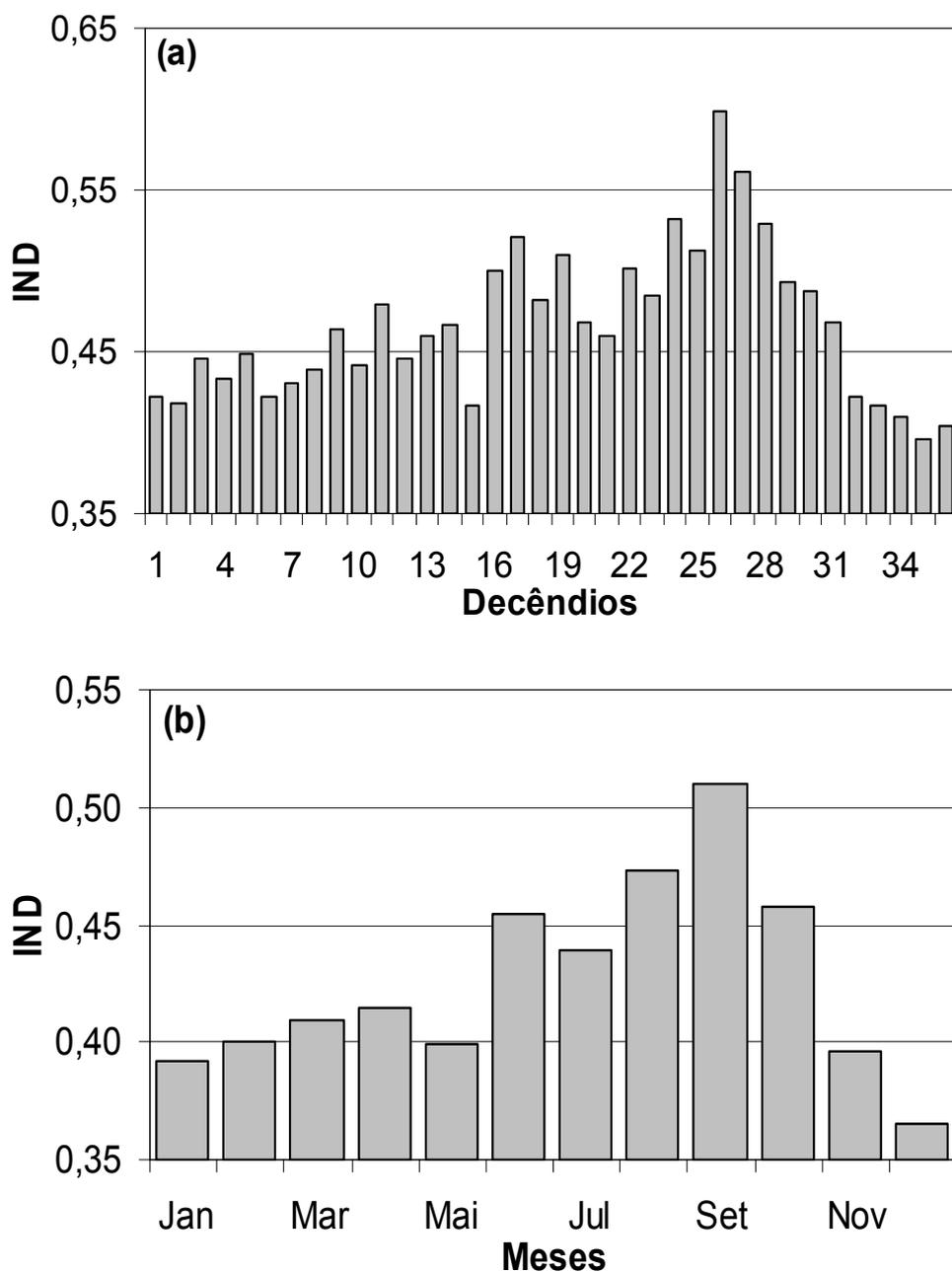
APÊNDICE 8. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Encruzilhada do Sul, RS, período 1960-2005.



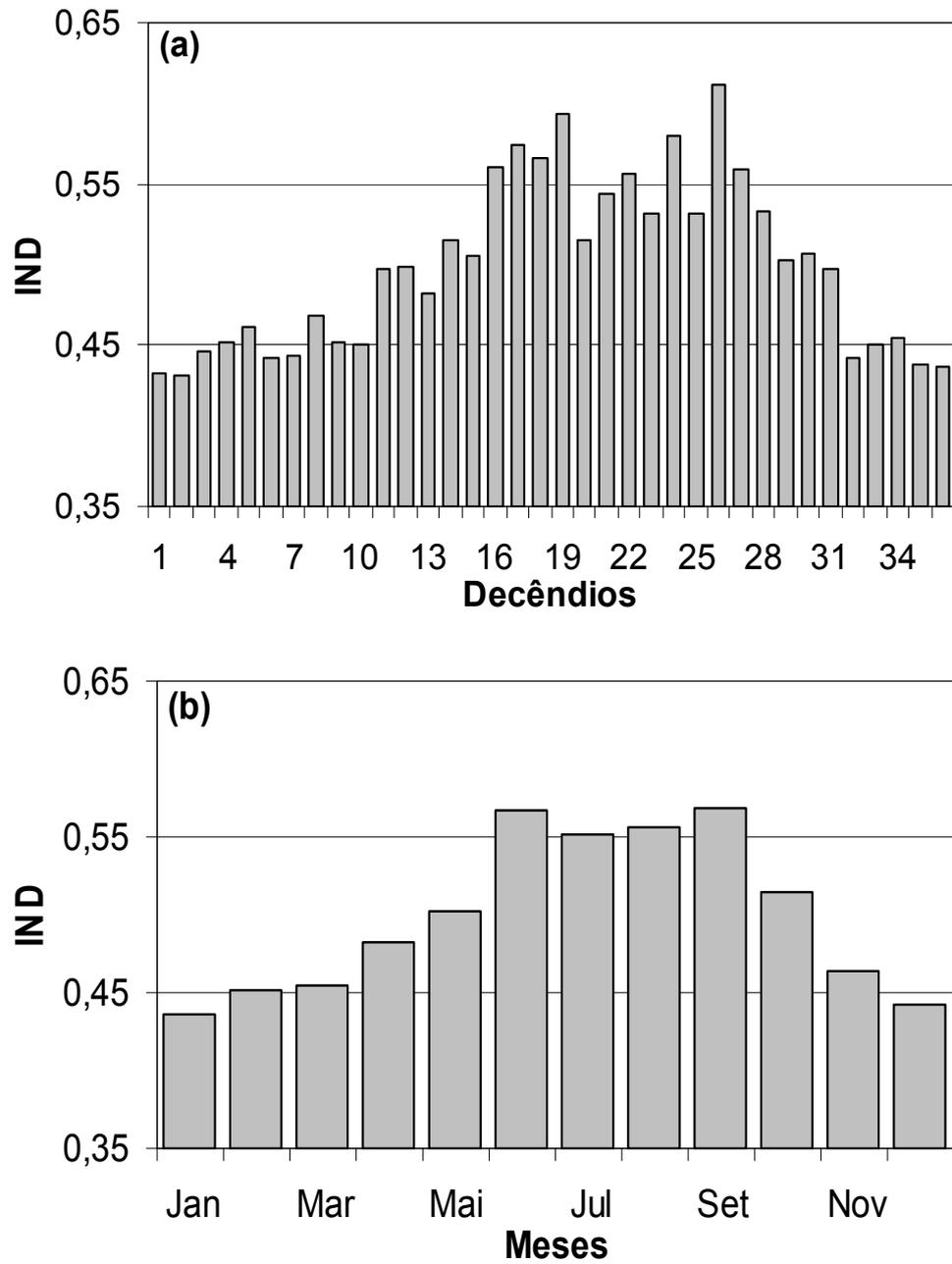
APÊNDICE 9. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Iraí, RS, período 1960-2000.



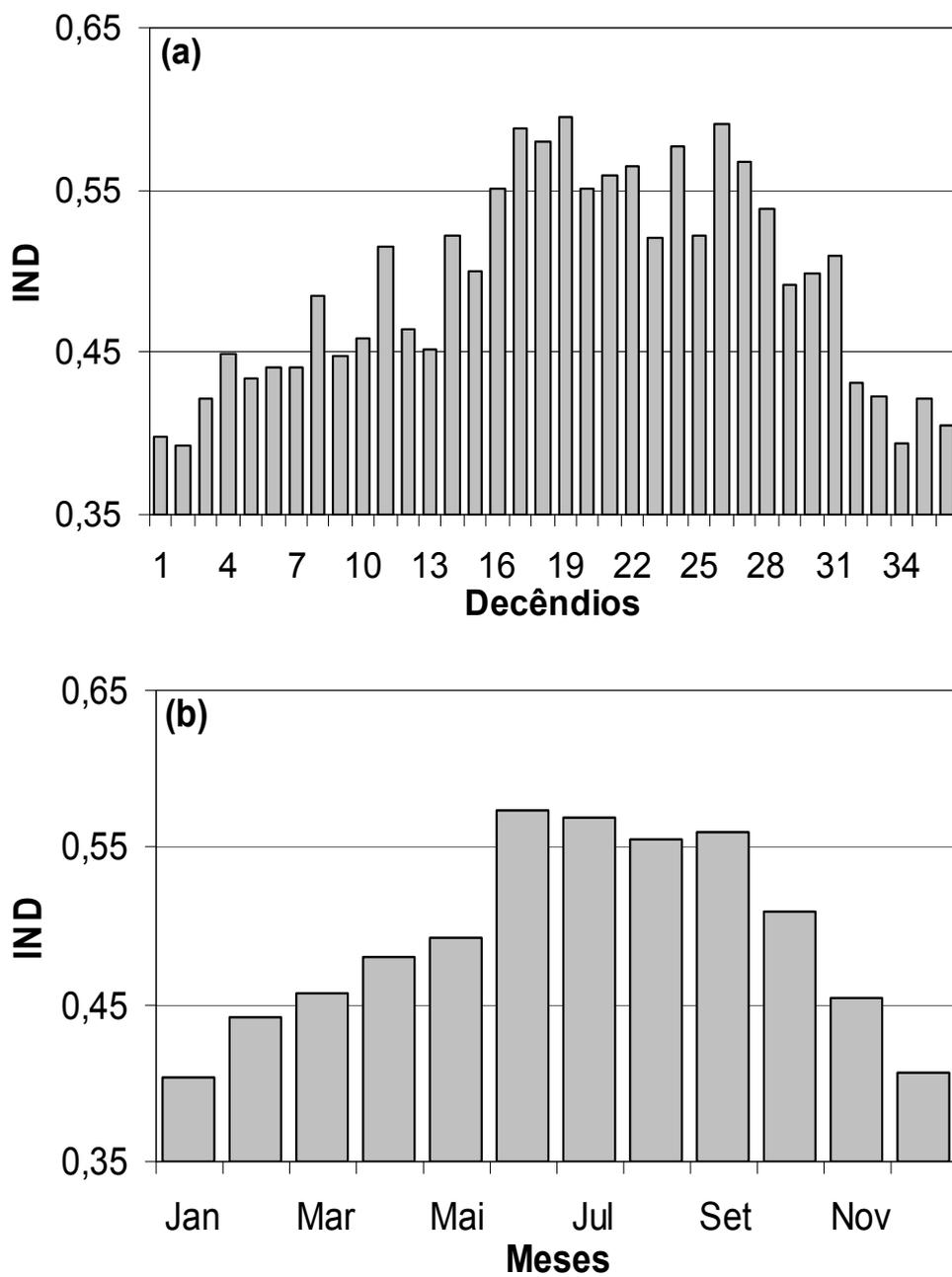
APÊNDICE 10. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Júlio de Castilhos, RS, período 1960-2004.



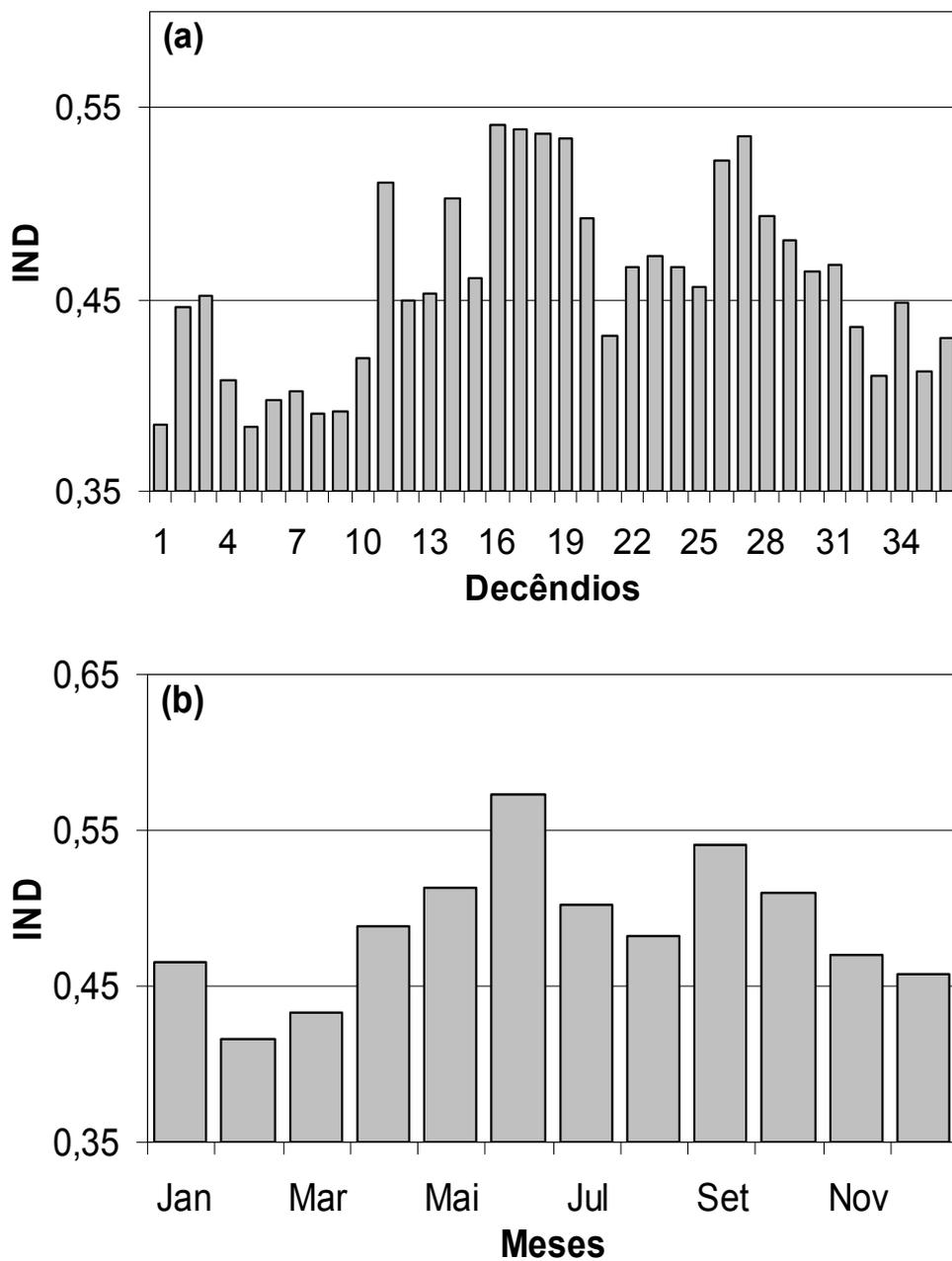
APÊNDICE 11. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Passo Fundo, RS, período 1960-2000.



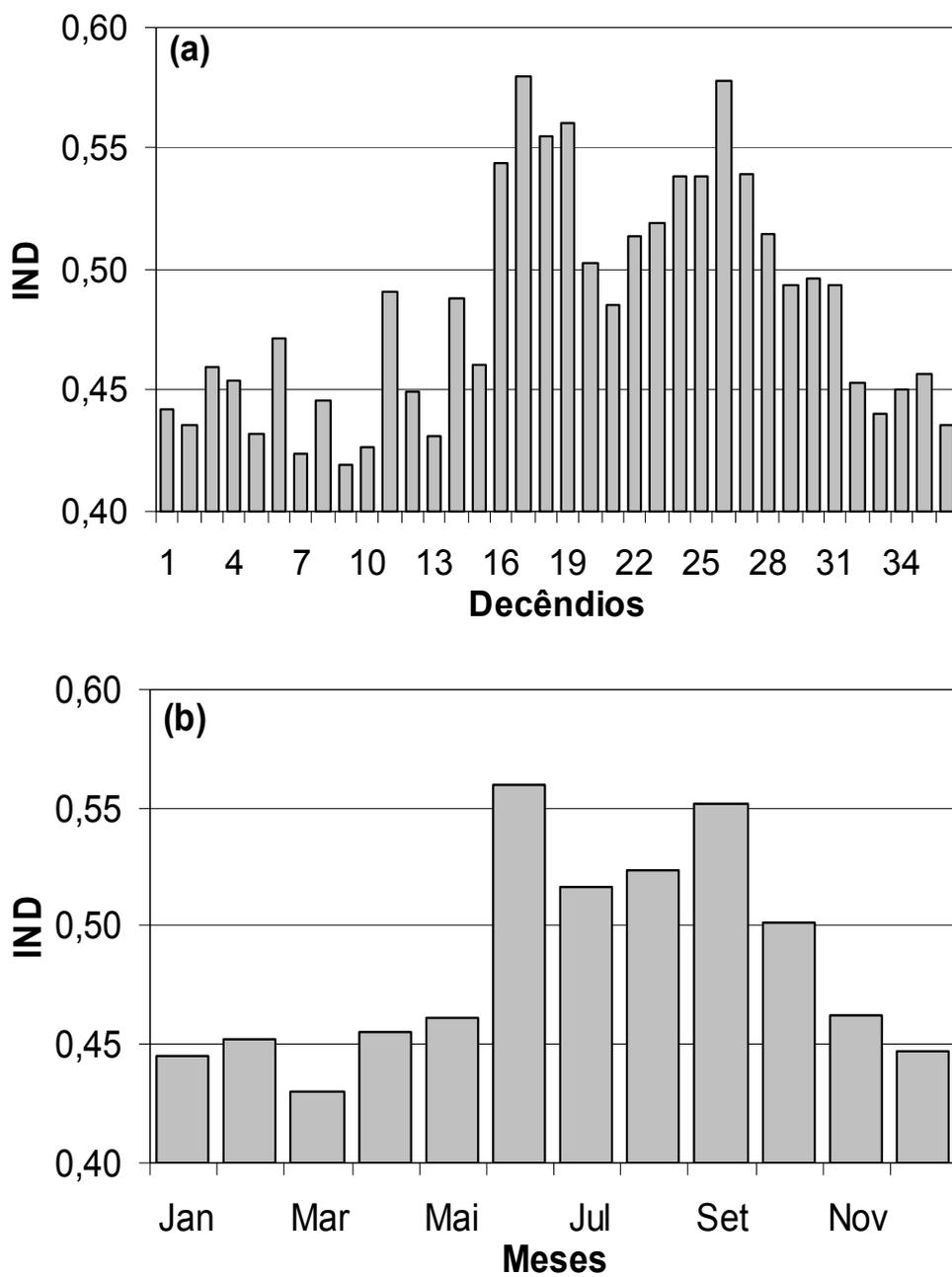
APÊNDICE 12. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Porto Alegre, RS, período 1960-2005.



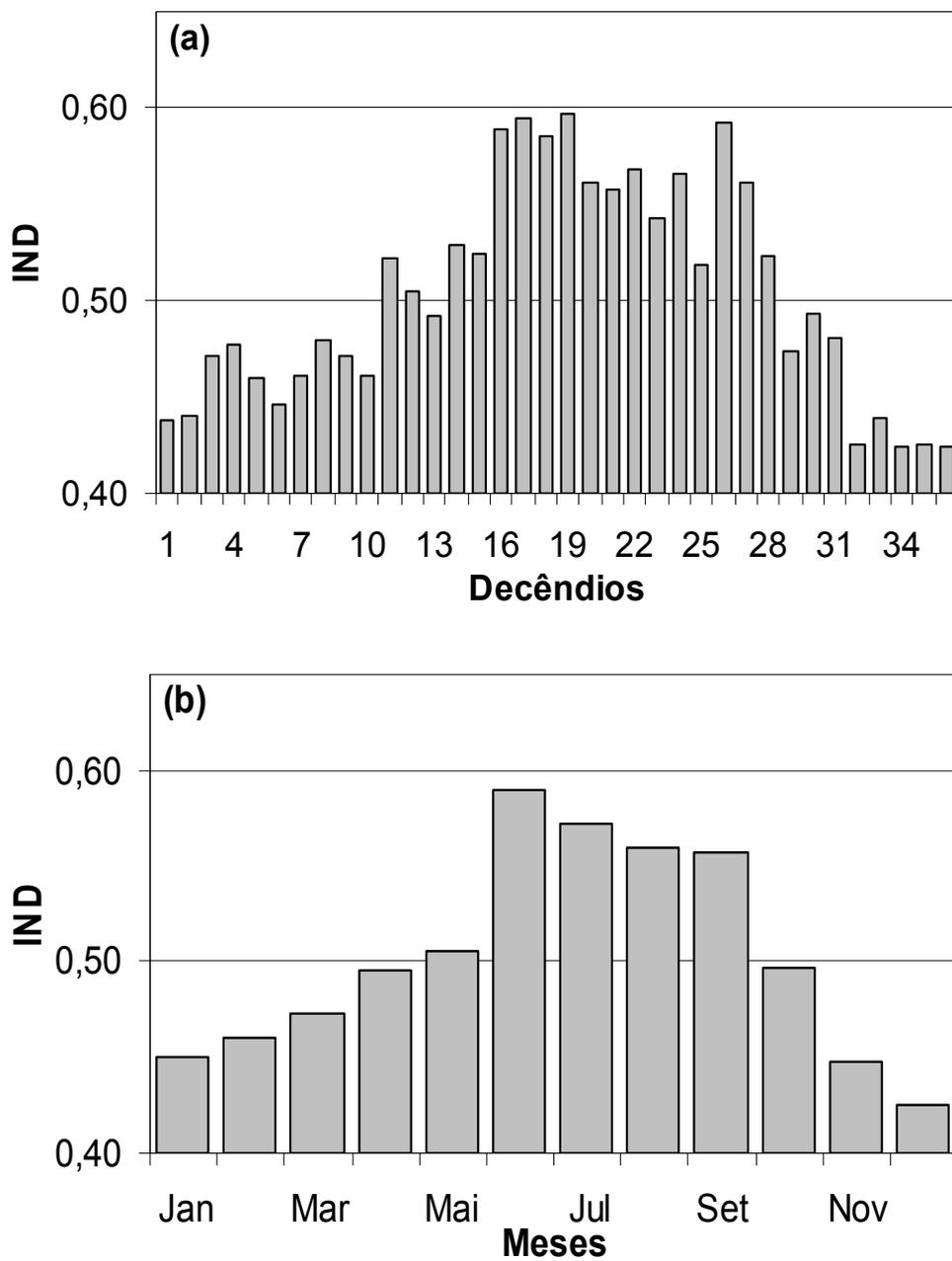
APÊNDICE 13. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Rio Grande, RS, período 1960-2005.



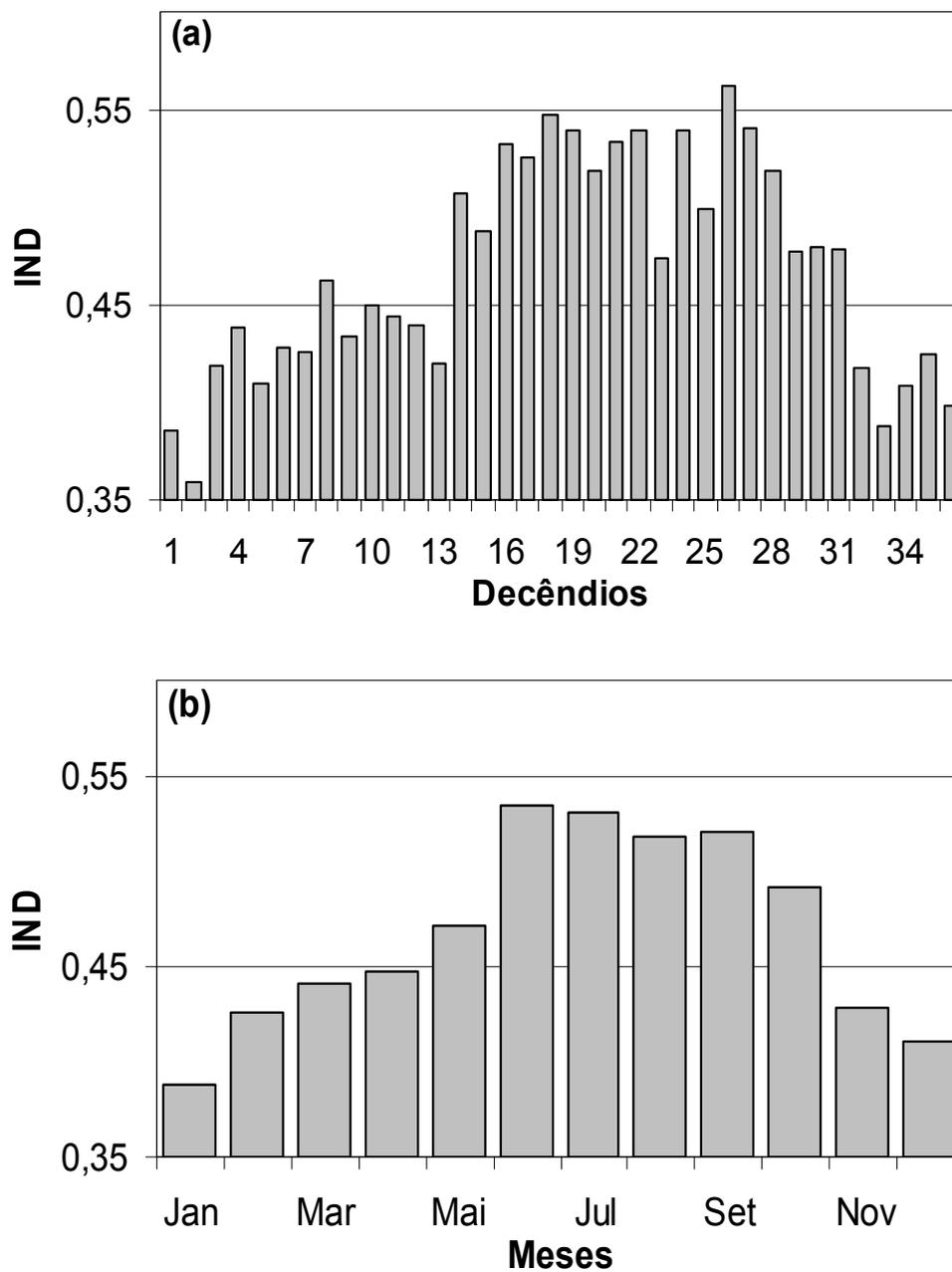
APÊNDICE 14. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Santa Rosa, RS, período 1975-2005.



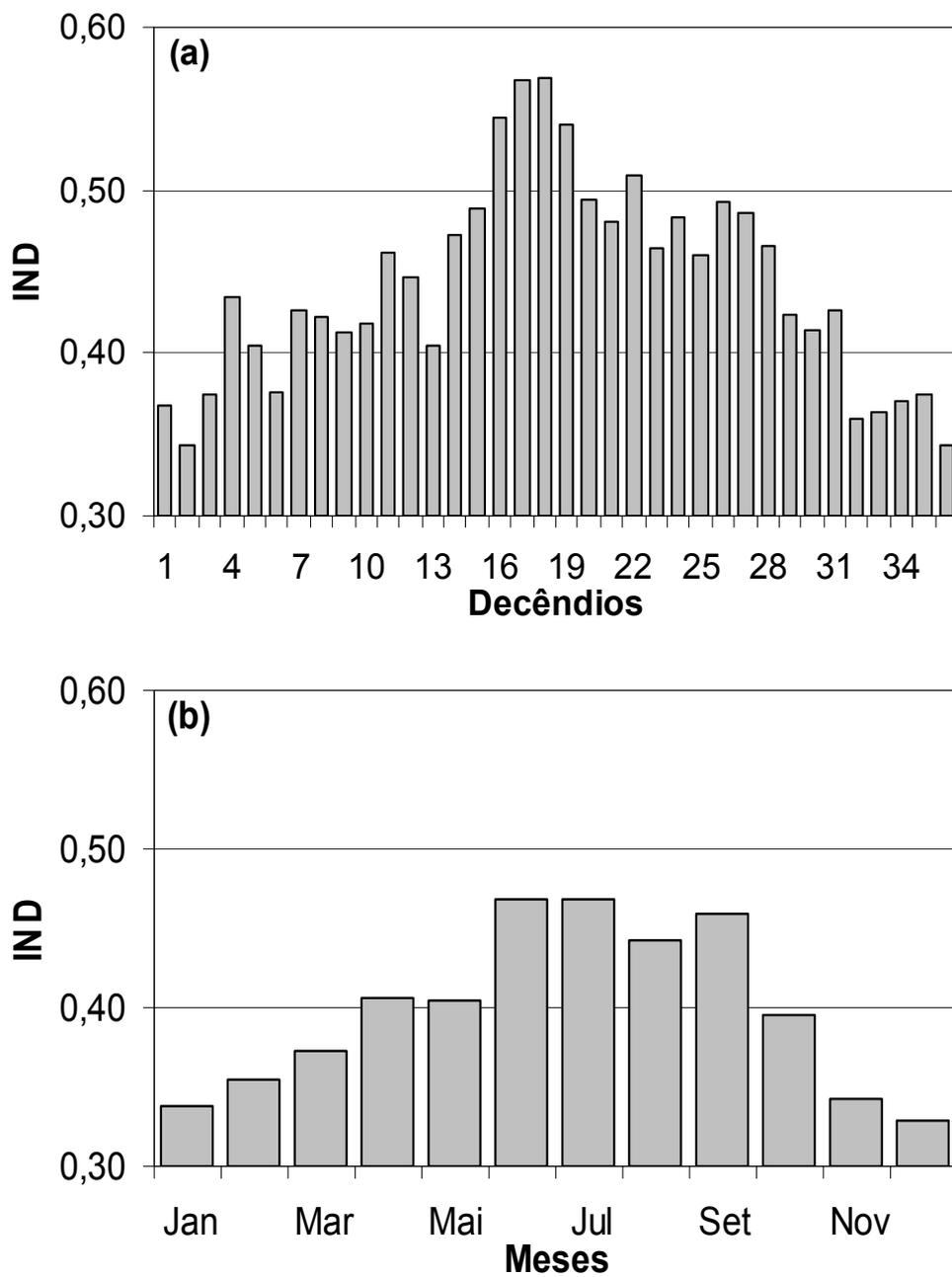
APÊNDICE 15. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em São Luiz Gonzaga, RS, período 1970-2005.



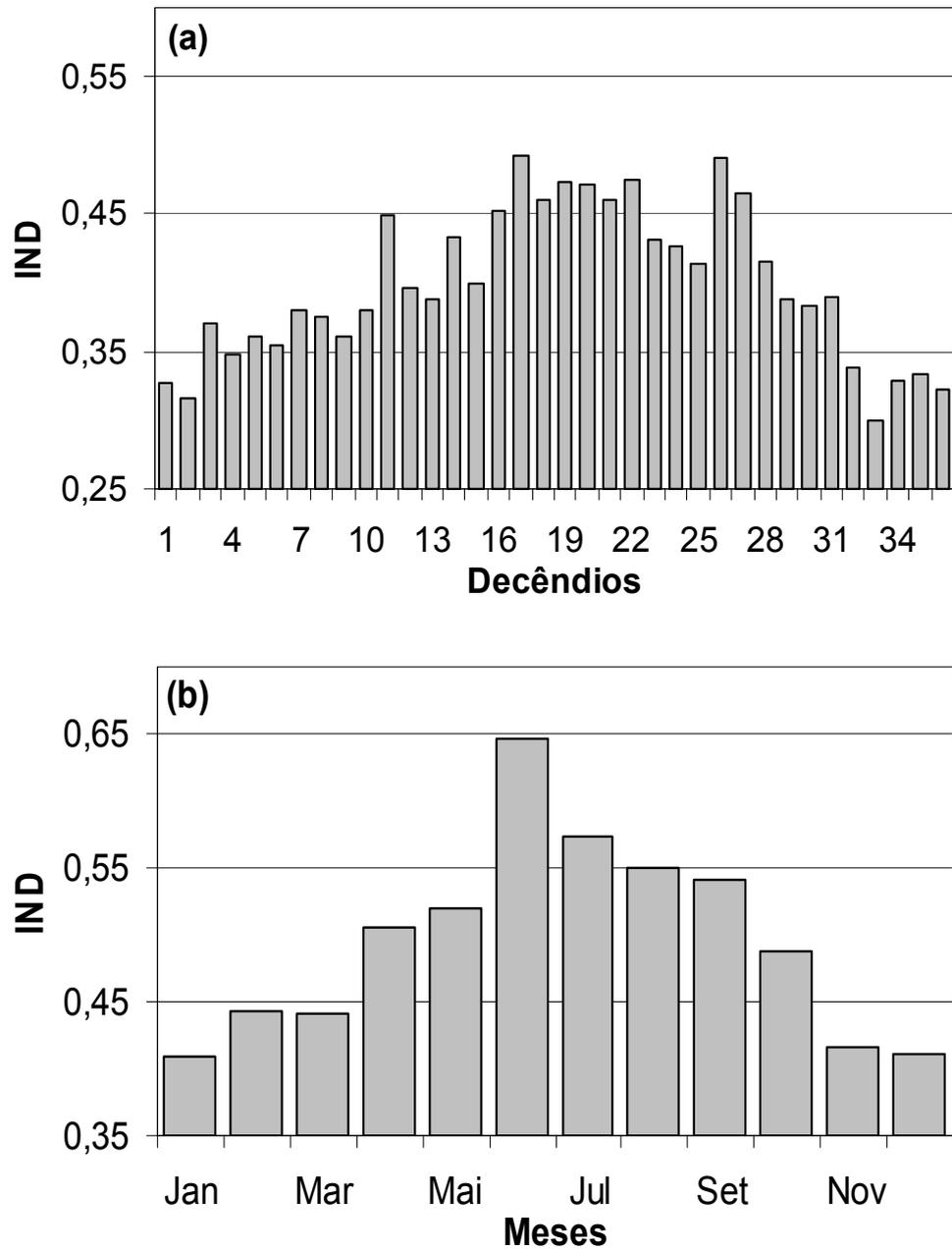
APÊNDICE 16. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Santa Maria, RS, período 1961-2005.



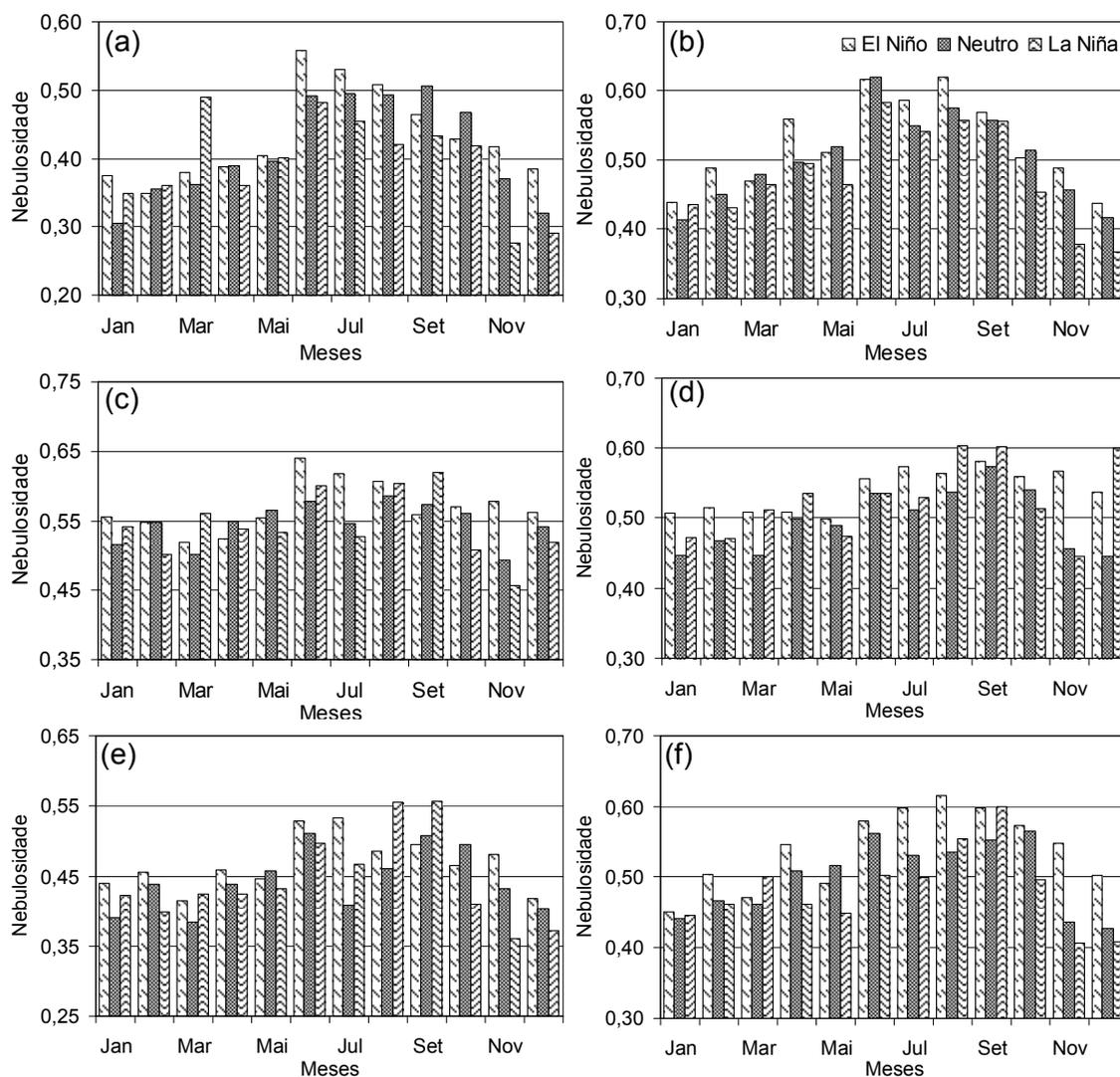
APÊNDICE 17. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Santa Vitória do Palmar, RS, período 1961-2005.



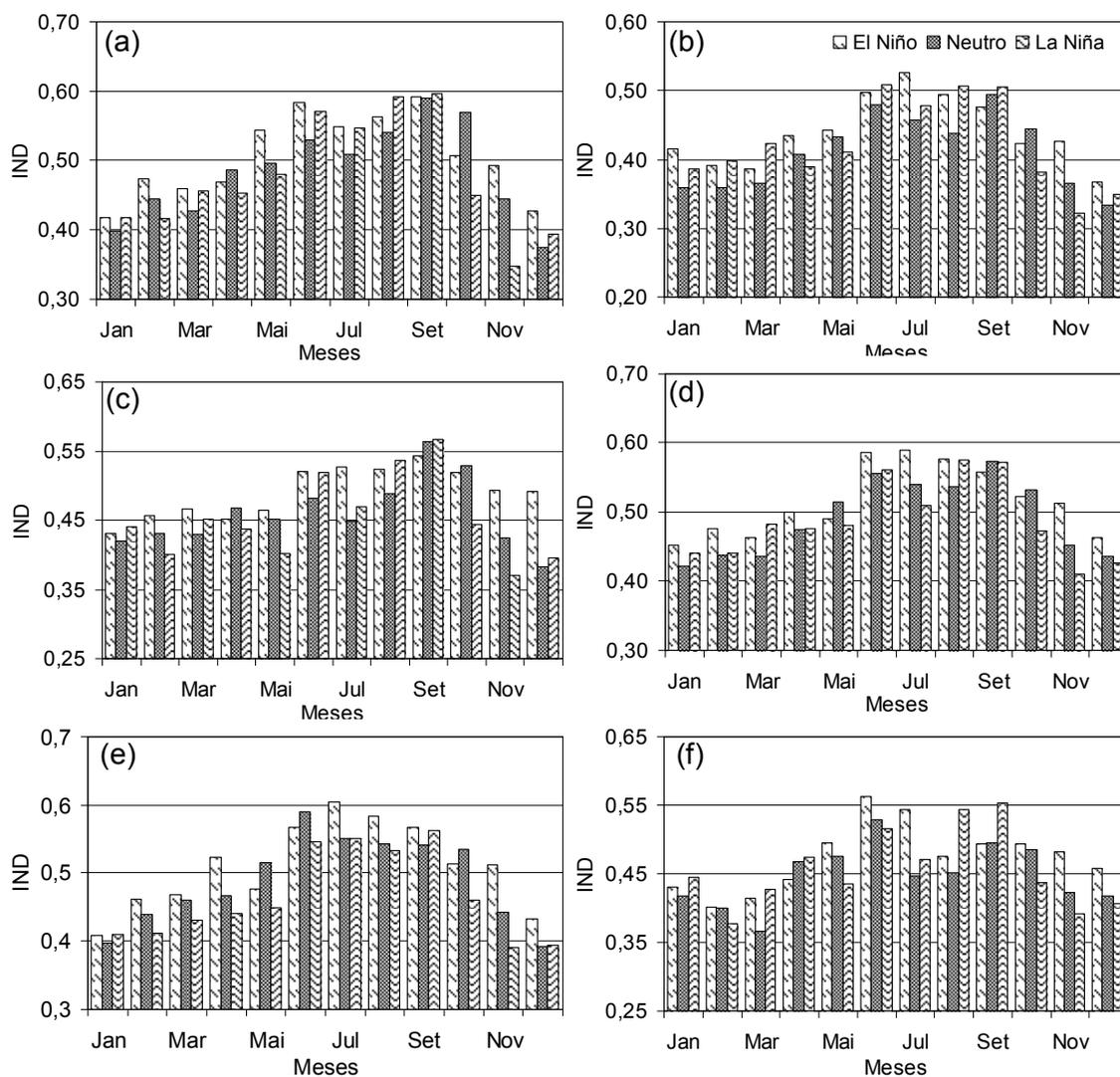
APÊNDICE 18. Média climatológica decendial (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em São Borja, RS, período 1960-2000.



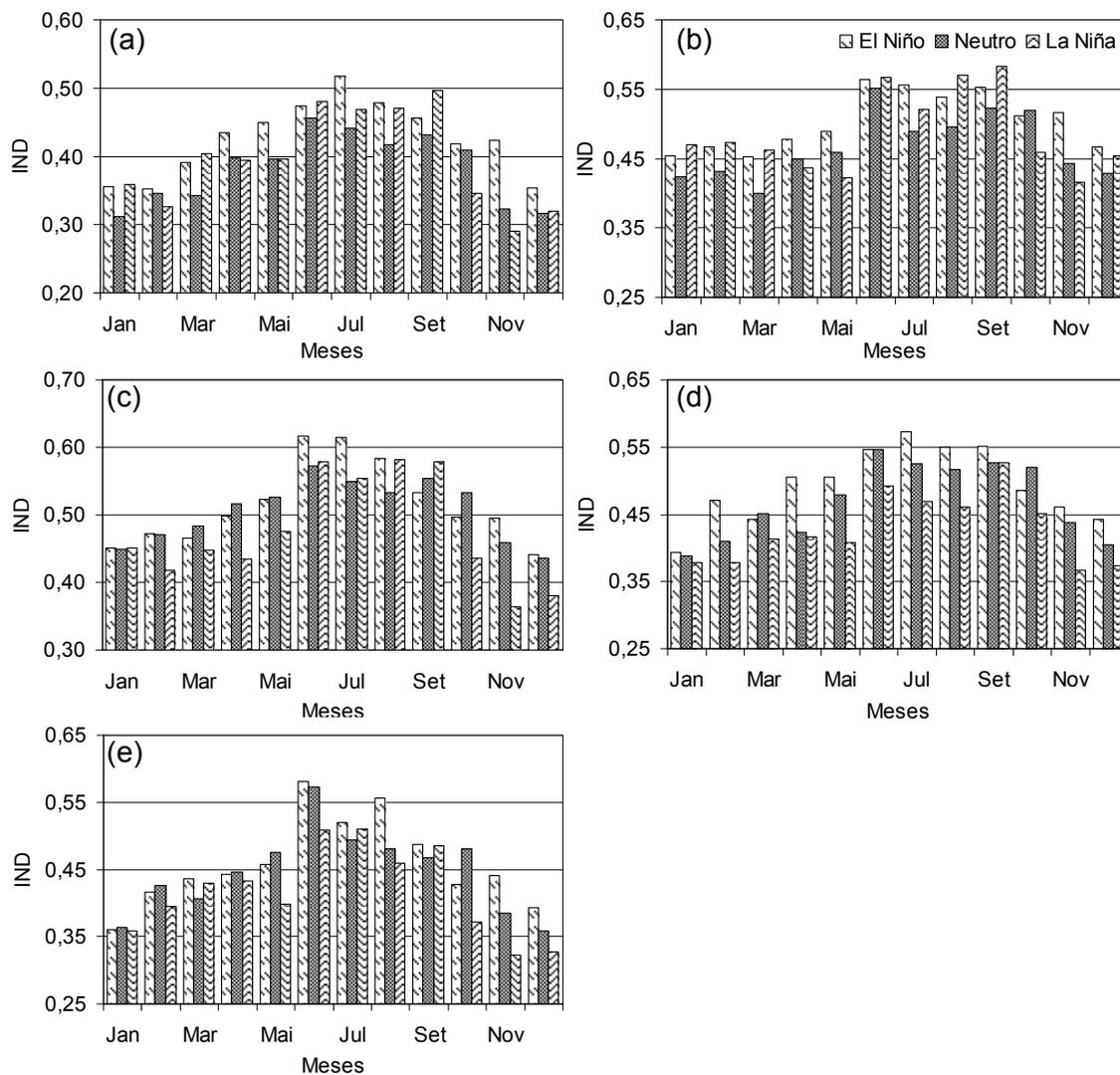
APÊNDICE 19. Média climatológica decenal (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) em Uruguaiana, RS, período 1961-2005.



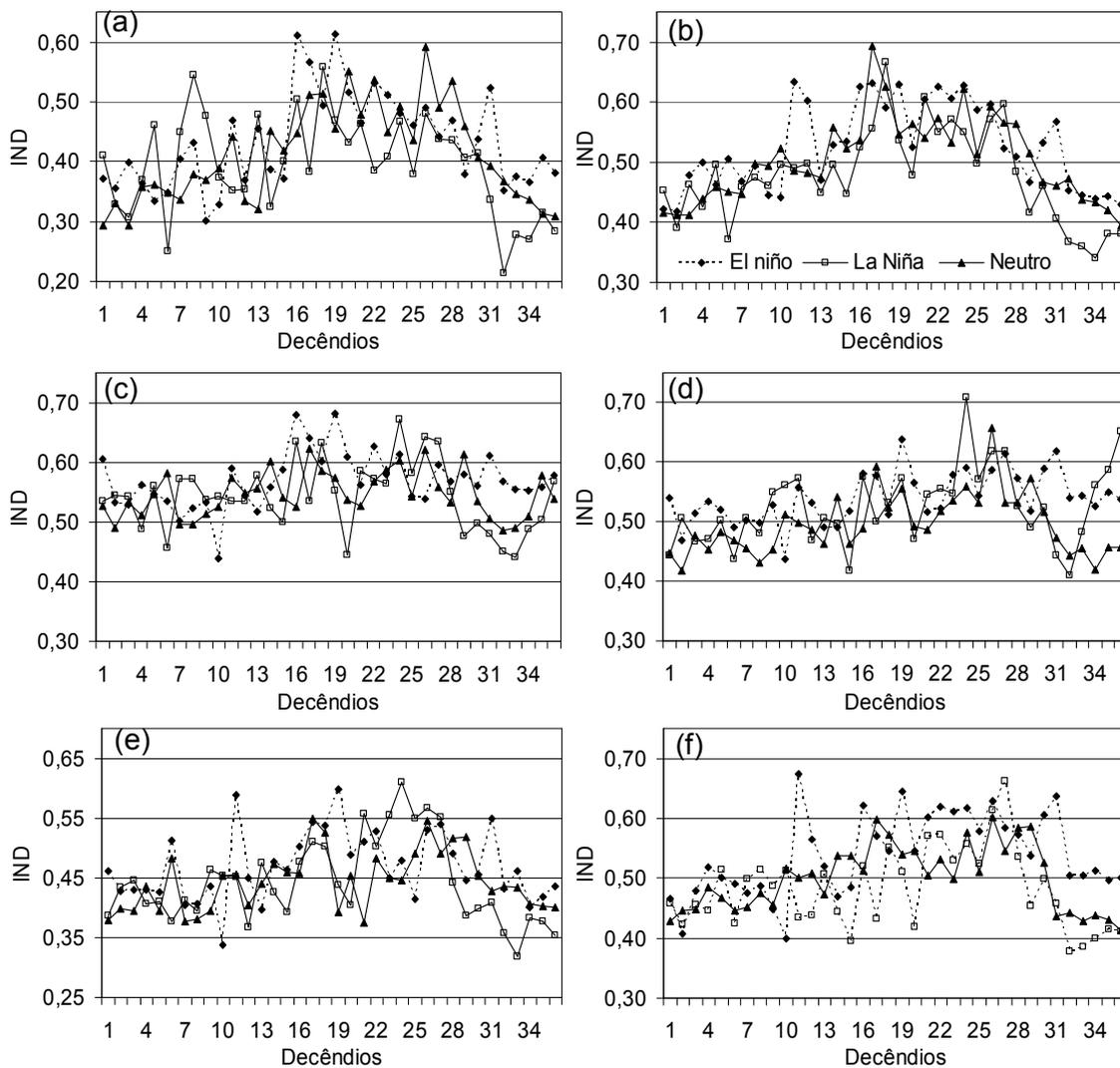
APÊNDICE 20. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Alegrete (a) (1960-2000), Bagé (b) (1960-2005), Bom Jesus (c) (1969-2000), Caxias do Sul (d) (1960-2005), Cruz Alta (e) (1966-2000) e Encruzilhada do Sul (f) (1960-2005), Rio Grande do Sul.



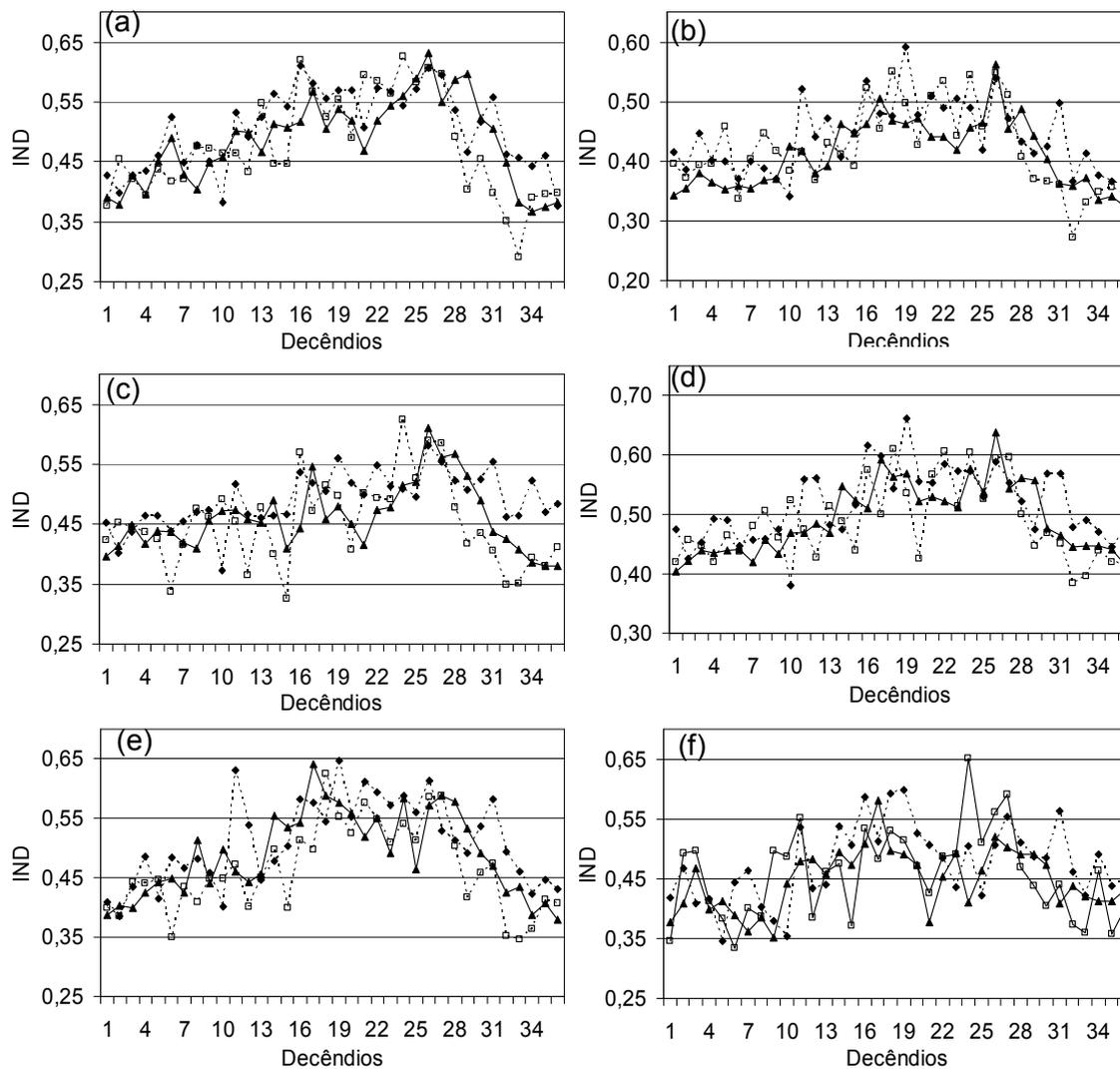
APÊNDICE 21. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Iraí (a) (1960-2000), Júlio de Castilhos (b) (1960-2004), Passo Fundo (c) (1960-2000), Porto Alegre (d) (1960-2005), Rio Grande (e) (1960-2005) e Santa Rosa (f) (1975-2005), Rio Grande do Sul.



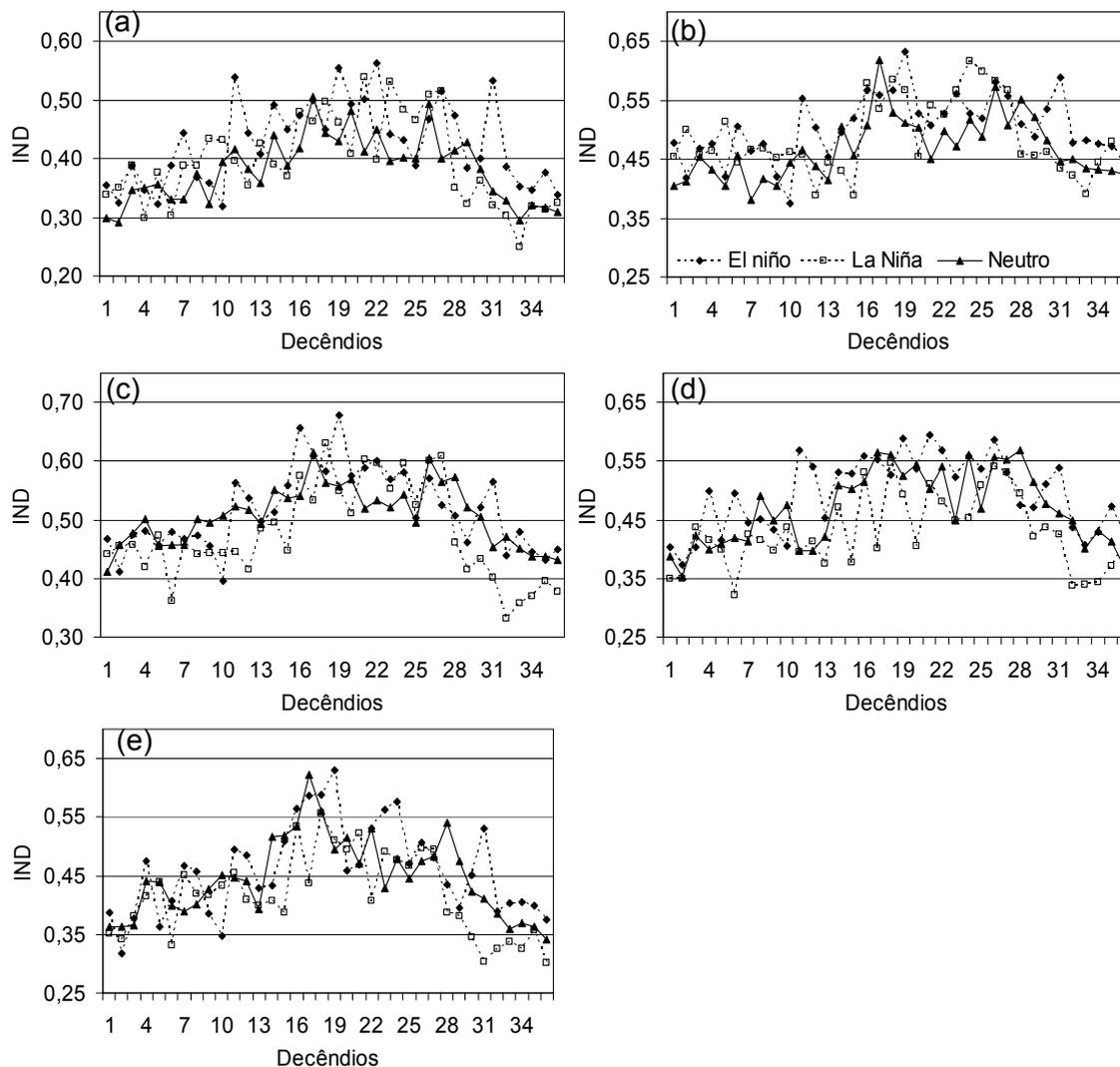
APÊNDICE 22. Climatologia mensal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em São Borja (a) (1960-2000), São Luiz Gonzaga (b) (1970-2005), Santa Maria (c) (1961-2005), Santa Vitória do Palmar (d) (1961-2005) e Uruguiana (e) (1961-2005), Rio Grande do Sul.



APÊNDICE 23. Climatologia decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Alegrete (a) (1960-2000), Bagé (b) (1960-2005), Bom Jesus (c) (1969-2000), Caxias do Sul (d) (1960-2005), Cruz Alta (e) (1966-2000) e Encruzilhada do Sul (f) (1960-2005), Rio Grande do Sul.



APÊNDICE 24. Climatologia decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Iraí (a) (1960-2000), Júlio de Castilhos (b) (1960-2004), Passo Fundo (c) (1960-2000), Porto Alegre (d) (1960-2005), Rio Grande (e) (1960-2005) e Santa Rosa (f) (1975-2005), Rio Grande do Sul.



APÊNDICE 25. Climatologia decenal do índice de nebulosidade diurna (IND) em anos de El Niño, La Niña e neutro em Iraí (a) (1960-2000), Júlio de Castilhos (b) (1960-2004), Passo Fundo (c) (1960-2000), Porto Alegre (d) (1960-2005), Rio Grande (e) (1960-2005) e Santa Rosa (f) (1975-2005), Rio Grande do Sul.

APÊNDICE 26. Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 1997, nas imagens das 1309 TMG, Rio Grande do Sul.

<b>Dia</b>	<b>Sf</b>	<b>Cu</b>	<b>MI</b>	<b>Cb</b>	<b>Ci</b>	<b>Sf/Ci</b>	<b>St</b>	<b>St/Cu</b>
1	0,0	40,8	3,6	0,0	0,3	0,3	29,0	11,9
2								
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4								
5								
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	40,8	3,6	0,0	0,3	0,3	29,0	11,9
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	22,2	32,8	11,5	10,2	6,8	1,4	12,2	3,0
12	14,6	13,7	42,2	17,7	4,7	0,2	2,3	4,6
13	13,7	13,6	42,9	17,8	4,7	0,2	2,4	4,6
14	90,6	4,0	1,9	0,0	2,6	0,1	0,5	0,4
15	91,4	3,6	0,4	0,0	2,7	0,2	0,6	1,0
16	66,2	5,5	7,6	0,3	18,9	0,9	0,3	0,3
17								
18	40,6	36,6	7,6	0,1	8,5	1,4	1,9	3,3
19	57,0	29,8	0,1	0,0	3,6	1,3	6,3	1,9
20	41,2	31,0	4,7	0,7	16,2	2,9	1,7	1,5
21	29,7	15,9	23,3	23,2	6,2	0,8	0,2	0,7
22								
23								
24								
25	49,3	26,6	5,1	3,0	8,1	0,9	5,0	2,0
26	0,7	9,6	45,6	34,2	4,7	0,3	2,8	2,2
27	13,1	31,2	34,8	2,6	8,3	0,9	4,3	4,8
28	72,0	19,1	0,0	0,0	0,6	0,3	7,3	0,8
29	81,7	3,5	5,1	0,5	8,6	0,6	0,0	0,0
30	62,8	10,5	8,5	2,2	13,5	2,1	0,1	0,3

APÊNDICE 27. Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 1997, nas imagens das 1909 TMG, Rio Grande do Sul.

<b>Dia</b>	<b>Sf</b>	<b>Cu</b>	<b>MI</b>	<b>Cb</b>	<b>Ci</b>	<b>Sf/Ci</b>	<b>St</b>	<b>St/Cu</b>
1	3,8	36,0	24,9	0,2	6,8	0,1	17,4	10,9
2								
3	6,8	36,6	32,7	1,6	3,3	0,3	8,0	10,6
4								
5	0,7	1,6	24,6	64,9	1,2	0,0	4,0	2,9
6								
7	36,9	29,3	11,5	0,0	13,4	0,8	3,3	4,8
8	66,1	19,7	0,2	0,0	0,4	0,4	12,4	0,8
9								
10								
11	17,2	26,3	26,0	15,7	7,6	0,9	2,8	3,5
12	3,9	16,4	36,9	20,1	9,8	0,6	7,6	4,7
13	31,3	24,3	22,8	0,1	13,6	0,7	3,1	4,1
14	93,0	4,0	0,0	0,0	0,8	0,2	1,0	1,0
15	90,3	6,2	1,4	0,0	0,6	0,3	0,4	0,8
16	27,7	17,8	21,8	0,5	26,7	3,4	1,0	1,0
17	6,3	28,8	34,7	0,0	21,6	1,8	3,3	3,7
18	31,8	53,6	3,3	0,0	1,3	0,7	4,1	5,2
19								
20	14,0	29,4	34,3	13,2	6,9	1,0	0,2	1,0
21	34,2	30,8	17,9	7,1	7,8	1,7	0,1	0,3
22								
23								
24	14,8	31,3	29,2	0,8	16,9	0,6	3,0	3,4
25	16,4	41,7	17,6	8,2	6,5	1,4	5,0	3,1
26	0,0	8,6	60,3	25,6	0,9	0,0	2,7	1,9
27	19,4	46,1	20,1	0,4	7,3	1,9	3,1	1,8
28								
29	60,6	8,2	7,4	0,2	21,2	2,2	0,0	0,2
30	11,5	6,2	46,5	12,8	22,1	0,8	0,0	0,1

APÊNDICE 28. Ocorrência diária (%) dos tipos de nuvens em novembro de 2001, nas imagens das 1309 TMG, Rio Grande do Sul.

<b>Dia</b>	<b>Sf</b>	<b>Cu</b>	<b>MI</b>	<b>Cb</b>	<b>Ci</b>	<b>Sf/Ci</b>	<b>St</b>	<b>St/Cu</b>
1	75,2	24,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,2
2								
3								
4								
5	79,4	17,1	0,4	0,0	2,0	0,4	0,5	0,2
6	66,2	5,1	7,3	10,9	10,4	0,1	0,0	0,0
7	3,6	0,0	20,4	69,6	6,3	0,0	0,0	0,0
8	25,5	50,2	0,4	0,0	2,6	0,0	14,2	7,1
9	46,1	37,3	2,1	0,0	2,4	0,0	8,8	3,2
10	4,4	12,1	27,4	50,3	2,3	0,0	2,1	1,3
11								
12	91,9	7,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2
13	53,7	22,3	10,6	4,9	7,6	0,1	0,2	0,5
14	15,4	13,5	31,3	22,7	11,6	0,0	2,8	2,6
15	57,2	32,2	1,2	0,0	3,1	0,2	2,5	3,7
16	43,1	29,1	15,3	0,3	10,8	0,3	0,3	1,0
17	80,4	12,9	2,7	0,0	1,2	0,4	1,8	0,5
18								
19	46,3	11,0	23,3	0,6	17,5	0,4	0,3	0,7
20	83,6	8,4	1,7	0,0	4,0	0,6	1,2	0,4
21								
22								
23	9,0	4,7	33,5	36,6	15,3	0,1	0,6	0,3
24	9,0	4,7	33,5	36,6	15,3	0,1	0,6	0,3
25	17,0	36,5	3,0	0,0	5,8	0,1	26,6	11,0
26	13,9	31,5	23,4	2,2	3,4	0,0	18,6	6,8
27	33,1	36,6	13,7	4,8	1,3	0,1	6,7	3,7
28	43,9	32,8	10,3	6,2	0,8	0,1	2,6	3,4
29								
30	1,5	35,9	39,2	1,2	2,8	0,0	12,6	6,9

