

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO/SC DE 1946 A 2006**

RAFAEL MARQUES

**Florianópolis - SC
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

RAFAEL MARQUES

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO/SC DE 1946 A 2006**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração em Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários a obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Orientadora: Magaly Mendonça

Florianópolis - SC
2010

RAFAEL MARQUES

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO/SC DE 1946 A 2006**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração em Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários a obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Dr^a Magaly Mendonça - Orientadora e Presidente
GCN/UFSC

Dr^a Maria Lúcia de Paula Hermann - GCN/UFSC

Dr. Francisco de Assis Mendonça - UFPR

Prof^a Dr^a Magaly Mendonça
Coordenadora do PPGG/UFSC

Florianópolis, 06 de abril de 2010.

Dedico este trabalho

À minha mãe, “Dona Vilda”, *in memoriam*.
A Vanessa e Heloísa, esposa e filha, pela
compreensão, paciência e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. José Messias Bastos, que desencadeou todo este processo com o convite para eu conhecer o curso de Mestrado em Geografia da UFSC e o incentivo para a continuidade de meus estudos.

Ao Sr. José Sérgio Luckmann e família, pela acolhida em seu lar, na Ilha de Santa Catarina.

Aos professores Drs. Paulo Belli Filho, Daniel Silva e Sérgio Martins (Eng^a Ambiental-UFSC), pela confiança e apoio através do meu trabalho no Projeto TSGA.

Ao professor Dr. Henrique de Mello Lisboa (Eng^a Ambiental-UFSC), por ter cedido os equipamentos para coleta e análise da chuva, e à Mestranda Renata Martins.

Ao Dr. Maureci Monteiro, que me incentivou a encaminhar os estudos da chuva ácida.

À professora e orientadora Dr^a. Magaly Mendonça, pelo apoio, compreensão e amizade nessa jornada.

Ao engenheiro Alexandre Thiele, da Tractebel Energia, em Capivari de Baixo, pela liberação dos dados da estação meteorológica; e aos esforços do técnico Nelson Hartmann Júnior.

À Epagri-Ciram, pela liberação dos dados da estação de Urussanga.

Ao CPTEC/INPE, pelo encaminhamento das imagens de satélite.

Ao professor Dr. Vitor Borsato, pelo encaminhamento das cartas sinóticas e o programa que permitiu traçar a análise rítmica.

Ao Comitê da Bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia e à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFSC, pelo apoio em eventos relacionados ao tema em estudo.

Aos meus sogros, pai e irmão, que apoiaram, compreenderam e ajudaram em diversos encaminhamentos das lides familiares.

Aos incansáveis “operadores” das estações pluviométricas, pelas informações e atenção dadas.

RESUMO

Neste trabalho, caracterizamos a distribuição espaço-temporal da precipitação pluviométrica na bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar no período de 1946 a 2006, e mostramos a suscetibilidade da região aos eventos extremos. Ilustramos aqui as condições atmosféricas da inundação catastrófica de março de 1974, que ceifou 199 vidas. Apresentamos a variabilidade climática da precipitação em relação aos fenômenos atmosféricos de grande escala e na escala regional, bem como a alteração do uso e ocupação da terra e a ocorrência de chuva ácida na cidade de Tubarão. A precipitação regional foi representada por seis estações pluviométricas com séries de dados de sessenta anos, analisadas sazonal e anualmente. Os resultados indicaram a tendência no incremento da chuva e do número de dias chuvosos, principalmente no verão e primavera. A precipitação total anual foi transformada em índice padronizado que permitiu compará-la ao índice da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), demonstrando uma correlação bem definida na fase fria (1946-1976) da ODP, quando os totais diminuíram, e na fase quente (1977-1998), quando aumentaram. O pH da chuva na cidade de Tubarão, de novembro de 2006 a dezembro de 2007, apresentou valor médio de 4,77, indicando ser ácida. Os dois eventos extremos de pH foram analisados, demonstrando-se a influência das massas de ar e demais sistemas atmosféricos atuantes na concentração e dispersão dos poluentes. A caracterização regional, demonstrada pelo aumento da população, do número de veículos, do rebanho bovino, suíno e de aves, das instalações de usinas geradoras de energia elétrica e da área utilizada pela orizicultura, sugere que essas atividades tenham participação na alteração do regime pluviométrico, principalmente em Tubarão. A implementação e aumento das várias atividades sócio-econômicas regionais alteraram as condições ambientais, que se refletem na atmosfera, promovendo-lhe a poluição, podendo tornar mais frequentes nevoeiros e precipitações. Conhecer e compreender as variabilidades e mudanças no regime da precipitação é fundamental para um planejamento de longo prazo, visando à qualidade de vida de toda a população.

Palavras-chave: Precipitação pluviométrica. Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão. Variabilidade climática. Uso da terra.

ABSTRACT

This study characterizes the spatial and temporal distribution of rainfall in the Tubarão River Watershed and Lagoon Complex from 1946 to 2006 and shows the region's susceptibility to extreme events. Illustrates the weather conditions of catastrophic flooding in March 1974, that claimed 199 lives. It shows the climate variability of precipitation in relation to atmospheric phenomena of large-scale and regional scale as well as changes in use and occupation of land and the occurrence of acid rain in the city of Tubarão. The precipitation area was represented by six stations with rainfall data series of sixty years, analyzed seasonal and annual basis. The results indicated a trend of increasing rainfall and number of rainy days, especially in summer and spring. The total rainfall was transformed into a standardized index that allowed to compare it to the index of the Pacific Decadal Oscillation (PDO), showing a well-defined correlation in the cold phase (1946-1976) of the PDO when the fractions decreased, and the warm phase (1977-1998) when increased. The pH of rain in the city of Tubarão, in November 2006 to December 2007, with average value of 4.77, indicating that acid. The two extremes of pH were analyzed, demonstrating the influence of air masses and other systems operating in the atmospheric concentration and dispersion of pollutants. A regional characterization, as demonstrated by the increase in population, the number of vehicles; of cattle, pigs and poultry; the facilities of power plants and electric; field used for rice, suggesting that these activities are participation in the change in rainfall mainly in Tubarão. The implementation and increase the various socio-economic activities have changed the regional environmental conditions, which are reflected in the atmosphere, promoting the pollution of it, may become more frequent fog, rain. Know and understand the variability and changes in precipitation regime is key to a long-term planning, aiming at the quality of life of all people.

Key-words: Rainfall. Tubarão River Watershead. Climate variability. Land-use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Inundação na esquina central da cidade em 1974.....	22
Figura 2 - Leito do rio na inundação de 1974	22
Figura 3 - Fotografia da inundação vista do Seminário em 1974.....	23
Figura 4 - Fotografia da ocupação urbana vista do Seminário em 2006. .	24
Figura 5 - Deslizamento no Morro de Caruru em 1974.	25
Figura 6 - Situação atual do Morro do Caruru em 2007.....	25
Figura 7 - Deslizamento em São Gabriel em 1974.....	26
Figura 8 - Situação atual do morro em São Gabriel	26
Figura 9 - Trajetó do Rio Tubarão.....	27
Figura 10 - Barra do Camacho	28
Figura 11 - Classificação climática segundo Köepen.....	32
Figura 12 - Temperatura média anual na BHRTCL.....	33
Figura 13 - Temperatura máxima e mínima em Orleans e Laguna	34
Figura 14 - Municípios da BHRTCL	38
Figura 15 - Perfil longitudinal da bacia dos formadores do Rio Tubarão.	39
Figura 16 - Perfil longitudinal do Rio Braço do Norte.....	39
Figura 17 - Perfil longitudinal do Rio Capivari.....	40
Figura 18 - Cobertura vegetal.....	42
Figura 19 - Fotos de 1957, 1978 e 2002, imagem satélite 2006-Tubarão.	45
Figura 20 - Área ocupada com orizicultura.	49
Figura 21 - Distribuição dos bovinos.	50
Figura 22 - Distribuição dos suínos.....	51
Figura 23 - Distribuição de aves.	51
Figura 24 - Distribuição das geradoras de energia.	53
Figura 25 - UTJL A	54
Figura 26 - UTJL B	54
Figura 27- UTJL C.	54
Figura 28 - Uso e ocupação do solo na BHRTCL.....	64
Figura 29 - Distribuição das tempestades severas.....	65
Figura 30 - Carta sinótica dos dias 22 de março.	69
Figura 31 - Carta sinótica do dia 24 de março.....	70
Figura 32 - Carta sinótica do dia 25 de março.....	71
Figura 33 - Carta sinótica do dia 27 de março.....	72
Figura 34 - Bloqueio atmosférico.....	73
Figura 35 - Simulação	74
Figura 36 - Imagem satélite c/detalhes.....	74
Figura 37 - Distribuição da chuva em março de 1974.....	74

Figura 38 - Distribuição média mensal da precipitação de 1940 a 2008..	77
Figura 39 - Distribuição média mensal da precipitação de 1987 a 2008..	78
Figura 40 - Satélite MP.	79
Figura 41 - Carta sinótica MP.	79
Figura 42 - Imagem satélite MTM.....	80
Figura 43 - Carta sinótica e MTM.....	80
Figura 44 - Imagem satélite da MTC.....	81
Figura 45 - Sinótica da MTV.	81
Figura 46 - Imagem da MEC.....	82
Figura 47 - Sinótica da MEC.....	82
Figura 48 - Ilustração JP e JST.....	84
Figura 49 - Ilustração JBN.	84
Figura 50 - Massas de ar e sistema atmosférico no verão.	88
Figura 51 - Massas de ar no outono.	89
Figura 52 - Massas de ar no inverno.	89
Figura 53 - Massas de ar e sistemas atmosféricos na primavera.	90
Figura 54 - Coletor de chuva.....	95
Figura 55 - Localização das estações.	97
Figura 56 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Anitápolis.	98
Figura 57 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Anitápolis.	99
Figura 58 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Anitápolis.	100
Figura 59 - Distribuição e tendência precipitação na primavera em Anitápolis.	100
Figura 60 - Incremento da chuva em Anitápolis.	101
Figura 61 - Incremento percentual chuva Anitápolis.	101
Figura 62 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no verão em Anitápolis.	102
Figura 63 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no Outono em Anitápolis.	102
Figura 64 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no Inverno em Anitápolis.	103
Figura 65 - Distribuição e tendência dias com chuva na Primavera em Anitápolis.	103
Figura 66 - Incremento dias chuvosos em Anitápolis.	104
Figura 67 - Incremento percentual dias chuvosos.	104
Figura 68 - Distribuição decenal da chuva intensa.....	105
Figura 69 - Distribuição decenal de dias com chuva maior 100 mm.	105
Figura 70 - Precipitação anual em Anitápolis.	106

Figura 71 - Dias com chuva no ano em Anitápolis.	106
Figura 72 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Anitápolis.	107
Figura 73 - Distribuição e tendência dos dias com chuva anuais em Anitápolis.	107
Figura 74 - Distribuição e tendência da precipitação intensa em Anitápolis.	108
Figura 75 - Distribuição mensal média e dias com chuva em Anitápolis.	108
Figura 76 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Armazém.	109
Figura 77 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Armazém.	110
Figura 78 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Armazém.	110
Figura 79 - Distribuição/tendência da precipitação na primavera em Armazém.	111
Figura 80 - Incremento da chuva em Armazém.	111
Figura 81 - Incremento percentual chuva em Armazém.	112
Figura 82 - Chuva decenal maior ou igual 50 mm em Armazém.	112
Figura 83 - Chuva decenal maior ou igual a 100 mm em Armazém.	113
Figura 84 - Precipitação anual em Armazém.	114
Figura 85 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Armazém.	114
Figura 86 - Distribuição e tendência da precipitação intensa anual em Armazém.	114
Figura 87 - Distribuição mensal média da precipitação em Armazém.	115
Figura 88 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Grão Pará.	116
Figura 89 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Grão Pará.	117
Figura 90 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Grão Pará.	117
Figura 91 - Distribuição e tendência da precipitação na primavera em Grão Pará.	118
Figura 92 - Incremento sazonal da chuva em Grão Pará.	118
Figura 93 - Incremento percentual da chuva em Grão Pará.	119
Figura 94 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no verão em Grão Pará.	119
Figura 95 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no outono em Grão Pará.	120

Figura 96 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no inverno em Grão Pará.....	120
Figura 97 - Distribuição/tendência dias com chuva na primavera em Grão Pará.....	121
Figura 98 - Incremento sazonal dos dias com chuva em Grão Pará.....	121
Figura 99 - Incremento percentual dos dias com chuva em Grão Pará. .	122
Figura 100 - Distribuição decenal da precipitação intensa em Grão Pará.....	122
Figura 101 - Distribuição decenal da precipitação ≥ 100 mm em Grão Pará.....	123
Figura 102 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Grão Pará.....	124
Figura 103 - Distribuição e tendência dos dias com chuva anual em Grão Pará.....	124
Figura 104 - Distribuição e tendência dos dias com chuva anual em Grão Pará.....	125
Figura 105 - Precipitação anual em Grão Pará.....	125
Figura 106 - Dias com chuva anual em Grão Pará.....	125
Figura 107 - Distribuição mensal da precipitação/dias com chuva em Grão Pará.....	126
Figura 108 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Orleans.	127
Figura 109 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no outono - Orleans.	128
Figura 110 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no inverno em Orleans.	129
Figura 111 - Distribuição e tendência da precipitação na primavera em Orleans.	129
Figura 112 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em Orleans. .	130
Figura 113 - Incremento sazonal percentual da precipitação em Orleans.	130
Figura 114 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no verão em Orleans.	131
Figura 115 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no outono em Orleans.	131
Figura 116 - Distribuição e tendência dos dias com chuva no inverno Orleans.	132
Figura 117 - Distribuição/tendência dos dias com chuva na primavera em Orleans.	132
Figura 118 - Incremento sazonal absoluto dos dias com chuva.	133
Figura 119 - Incremento percentual.	133

Figura 120 - Distribuição decenal da precipitação intensa em Orleans..	134
Figura 121 - Distribuição decenal da precipitação \geq a 100 mm em Orleans.	134
Figura 122 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Orleans.	135
Figura 123 - Distribuição e tendência anual dos dias com chuva em Orleans.	136
Figura 124 - Distribuição e tendência dos dias com chuva intensa em Orleans.	136
Figura 125 - Distribuição da precipitação anual em Orleans.	137
Figura 126 - Distribuição anual dos dias com precipitação em Orleans.	137
Figura 127 - Distribuição mensal da precipitação e dias com chuva- Orleans.	138
Figura 128 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em São Ludgero.	139
Figura 129 - Distribuição/tendência da precipitação no outono em São Ludgero.	139
Figura 130 - Distribuição/tendência da precipitação no inverno em São Ludgero.	140
Figura 131 - Distribuição/tendência da precipitação primavera - São Ludgero.	141
Figura 132 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em São Ludgero.	141
Figura 133 - Incremento sazonal percentual da precipitação em São Ludgero.	142
Figura 134 - Distribuição/tendência de dias com chuva no verão - São Ludgero.	142
Figura 135 - Distribuição/tendência de dias com chuva outono - São Ludgero.	143
Figura 136 - Distribuição/tendência de dias com chuva inverno - São Ludgero.	143
Figura 137- Distribuição/tendência de dias com chuva primavera - São Ludgero.	144
Figura 138 - Incremento sazonal absoluto dos dias com chuva - São Ludgero.	144
Figura 139 - Incremento sazonal percentual dos dias com chuva - São Ludgero.	145
Figura 140 - Distribuição decenal da precipitação intensa em São Ludgero.	145
Figura 141 - Distribuição decenal da precipitação \geq 100 mm São Ludgero.	146

Figura 142 - Distribuição e tendência da precipitação anual em São Ludgero.	147
Figura 143 - Distribuição/tendência anual dos dias com chuva - São Ludgero.	147
Figura 144 - Distribuição/tendência anual dos dias com chuva ≥ 50 mm.	147
Figura 145 - Distribuição da precipitação anual em São Ludgero.	148
Figura 146 - Distribuição anual dos dias com chuva em São Ludgero. .	148
Figura 147 - Distribuição mensal da precipitação e dias com chuva.	149
Figura 148 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Tubarão.	150
Figura 149 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Tubarão.	150
Figura 150 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Tubarão.	151
Figura 151 - Distribuição e tendência da precipitação na primavera em Tubarão.	152
Figura 152 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em Tubarão.	152
Figura 153 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em Tubarão.	153
Figura 154 - Distribuição e tendência de dias com chuva no verão em Tubarão.	153
Figura 155 - Distribuição e tendência de dias com chuva no outono - Tubarão.	154
Figura 156 - Distribuição e tendência de dias com chuva no inverno - Tubarão.	154
Figura 157 - Distribuição/tendência de dias com chuva primavera - Tubarão.	155
Figura 158 - Incremento sazonal absoluto dos dias com chuva em Tubarão.	155
Figura 159 - Incremento sazonal percentual dos dias com chuva em Tubarão.	156
Figura 160 - Distribuição decenal da chuva intensa em Tubarão.	156
Figura 161 - Distribuição decenal da chuva ≥ 100 mm em Tubarão. ..	157
Figura 162 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Tubarão.	158
Figura 163 - Distribuição e tendência anual dos dias com chuva em Tubarão.	158
Figura 164 - Distribuição/tendência anual dos dias com chuva intensa - Tubarão.	158
Figura 165 - Distribuição da precipitação anual em Tubarão.	159

Figura 166 - Distribuição anual dos dias com chuva em Tubarão.	159
Figura 167 - Distribuição mensal média da precipitação e dias com chuva.	160
Figura 168 - Incremento sazonal da precipitação nas seis localidades...	161
Figura 169 - Incremento anual na precipitação nas seis localidades.	162
Figura 170 - Incremento percentual da precipitação anual nas seis localidades.	162
Figura 171 - Incremento sazonal dos dias com chuva nas seis localidades.	164
Figura 172 - Incremento anual no número de dias com chuva.	164
Figura 173 - Incremento percentual dos dias com chuva nas seis localidades.	165
Figura 174 - Índices padronizados da chuva anual nas seis localidades.	167
Figura 175 - Índices padronizados da Oscilação Decadal do Pacífico...	168
Figura 176 - Índices padronizados da chuva anual em Urussanga.	169
Figura 177 - Índices da ODP de 1924 a 2004.	169
Figura 178 - Processo de combustão do carvão.	174
Figura 179 - Distribuição do pH.	175
Figura 180 - Imagens satélite dos dias 23, 24 e 25 dezembro 2007.	177
Figura 181 - Cartas sinóticas dos dias 23, 24 e 25 de dezembro 2007. ...	178
Figura 182 - Análise rítmica para Tubarão em dezembro de 2007.	179
Figura 183 - Imagens de satélite dias 16,17 e 18 de fevereiro 2007.	181
Figura 184 - Cartas sinóticas de superfície dos dias 16, 17 e 18 de fevereiro de 2007.	182
Figura 185 - Análise rítmica para Tubarão, dia 18 de fevereiro 2007....	183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução populacional.....	43
Tabela 2 - Veículos na BR 101.	46
Tabela 3 - Relação Veículos-população.....	47
Tabela 4 - Emissões de veículos automotores na BHRT.....	47
Tabela 5 - Área rizícola na BHRTCL.	48
Tabela 6 - População dos rebanhos.	50
Tabela 7 -.....
Tabela 8 - Totais Anuais de Precipitação em anos de EN e LN.....	60
Tabela 9 - Produção SO ₂ por animais.....	62
Tabela 10 - Resultados do pH	175

LISTA DE ABREVIATURAS

AMUREL - Associação dos Municípios da Região de Laguna
ANA - Agência Nacional de Águas
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
BHRT - Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão
BHRTCL - Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar
BP - Baixa Pressão
CAFE - Clear Air for Europe
CCM - Complexo Convectivo de Mesoescala
CEPA - Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola de Santa Catarina
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cfa - Clima subtropical mesotérmico úmido e verão quente
Cfb - Clima temperado mesotérmico úmido e verão ameno
CL - Complexo Lagunar
CLIVAR - Climate Variability and Predictability
CO₂ - Gás Carbônico (dióxido de carbono)
CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
DETRAN-SC - Departamento de Trânsito do Estado de Santa Catarina
EN - El Niño
ENOS - El Niño Oscilação Sul
ENS - Engenharia Sanitária e Ambiental
EPA - Environmental Protection Agency
EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
ETCCDMI - Índices para determinar a tendência da temperatura e chuva
FATMA - Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
JBN - Jato de Baixo Nível
JP - Jato Polar
JST - Jato Sub Tropical
LN - La Niña
MEC - Massa Equatorial Continental
MME - Ministério de Minas e Energia

MP - Massa Polar
MTA - Massa Tropical Atlântica
MTC - Massa Tropical Continental
N - Norte
NE - Nordeste
NO_x - Óxidos de Nitrogênio
ODP - Oscilação Decadal do Pacífico
OMM - Organização Mundial de Meteorologia
pH - Potencial Hidrogenionico
PNUMA - Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente
PRF - Polícia Rodoviária Federal
S - Sul
SC - Santa Catarina
SDS - Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina
SE - Sudeste
SF - Sistema Frontal
SO - Sudoeste
SO₂ - Dióxido de enxofre
TDMA - Tráfego Diário Médio Anual
TSM - Temperatura da Superfície do Mar
UE - União Européia
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UNESP - Universidade Estadual Paulista
USP - Universidade de São Paulo
VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
WRCP - Programa de Pesquisa do Clima Mundial

LISTA DE UNIDADES

mm - Milímetro
cm - Centímetro
m - Metro
Km - Kilômetro
ha - Hectare
Km² - Kilômetro quadrado
Kg - Kilograma
ton - Tonelada
h - Hora
m/s - Metro por segundo
Km/h - Kilômetro por hora
m³/s - Metro cúbico por segundo
% - Percentual
° - Graus
°C - Graus centígrados
MW - MegaWatt (1.000.000 W)
MWh - MegaWatt hora
W/m² - Watt por metro quadrado
' - Minutos
TJ - TeraJoule (1.000.000.000 J)
hPa - HectoPascal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	31
1.1 POPULAÇÃO	42
1.2 VEÍCULOS AUTOMOTORES	46
1.3 ORIZICULTURA	47
1.4 PECUÁRIA	49
1.5 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	52
1.6 ENERGIA HIDRELÉTRICA	52
1.7 ENERGIA TERMELÉTRICA	53
2 VARIABILIDADE E EXTREMOS NA DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS	56
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	57
2.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA	58
2.2.1 Variabilidade anual e decenal	59
2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	61
2.4 EVENTOS EXTREMOS	64
2.4.1 A catastrófica inundação de março de 1974	67
3 DINÂMICA DAS MASSAS DE AR	76
3.1 CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO	76
3.2 MASSAS DE AR ATUANTES	78
3.2.1 Massa Polar	78
3.2.2 Massa Tropical Atlântica (MTA)	79
3.2.3 Massa Tropical Continental (MTC)	80
3.2.4 Massa Equatorial Continental (MEC)	81
3.3 SISTEMAS INSTÁVEIS	82
3.3.1 Frente Fria	82
3.3.2 Ciclone Extratropical	83
3.3.3 Corrente de Jato	83
3.3.4 Outros Sistemas	85
3.4 CONDIÇÕES SAZONAIS PREDOMINANTES	85
3.4.1 Verão	85
3.4.2 Outono	86
3.4.3 Inverno	87
3.4.4 Primavera	87
4 METODOLOGIA	91
4.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	91
4.2 OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO	94
4.3 EXPERIMENTO QUALITATIVO DA CHUVA	94

5 RESULTADOS	97
5.1 TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	97
5.2 ANITÁPOLIS	97
5.2.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal	98
5.2.2 Dias com chuva - Evolução Trimestral Sazonal	101
5.2.3 Dias com chuva intensa – Evolução Decenal.....	104
5.2.4 Distribuição Anual - Precipitação, dias com chuva e dias com chuva intensa	106
5.2.5 Distribuição Mensal	108
5.3 ARMAZÉM	109
5.3.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal	109
5.3.2 Dias com Chuva Intensa	112
5.3.3 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva Intensa ..	113
5.3.4 Distribuição Mensal	115
5.4 GRÃO PARÁ.....	115
5.4.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal	116
5.4.2 Dias com Chuva - Evolução Trimestral Sazonal	119
5.4.3 Dias com Chuva Intensa – Evolução Decenal	122
5.4.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva e Dias com Chuva Intensa.....	123
5.4.5 Distribuição Mensal	126
5.5 ORLEANS	126
5.5.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal	127
5.5.2 Dias com Chuva – Evolução Trimestral Sazonal.....	130
5.5.3 Dias com Chuva Intensa - Evolução Decenal.....	133
5.5.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva e Dias com Chuva Intensa.....	135
5.5.5 Distribuição Mensal	137
5.6 SÃO LUDGERO.....	138
5.6.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal.....	138
5.6.2 Dias com Chuva - Distribuição Trimestral Sazonal.....	142
5.6.3 Dias com Chuva Intensa – Distribuição Decenal.....	145
5.6.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva.....	146
5.6.5 Distribuição Mensal	148
5.7 TUBARÃO	149
5.7.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal	149
5.7.2 Dias com Chuva – Evolução Trimestral Sazonal.....	153
5.7.3 Dias com Chuva Intensa – Evolução Decenal	156
5.7.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva e Chuva Intensa.....	157
5.7.5 Distribuição Mensal	159

5.8 DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO/TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NA BHRT	160
5.8.1 Incremento da precipitação	160
5.8.2 Incremento dos dias com chuva	163
5.9 OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO E ÍNDICE PADRONIZADO DE CHUVA ANUAL.....	165
6 EXPERIMENTO QUALITATIVO DA PRECIPITAÇÃO EM TUBARÃO	171
6.1 RESULTADOS	174
6.2 CASOS EXTREMOS	176
6.2.1 Evento do dia 25 dezembro 2007	176
6.2.2 Evento do dia 18 de fevereiro de 2007	180
CONCLUSÕES	184
REFERÊNCIAS	188

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, analisamos a distribuição, a variabilidade espaço-temporal e a tendência da precipitação pluviométrica em seis localidades na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar (BHRTCL), além dos resultados de um experimento qualitativo da precipitação em Tubarão.

Caracterizamos as precipitações na BHRTCL a partir de seis postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA), situados nos municípios de Anitápolis, Armazém, Grão Pará, Orleans, São Ludgero e Tubarão. A série de dados dos seis postos pluviométricos abrange um período de 60 anos e está compreendida entre 1946 e 2006, excetuando-se 2005, por falta de dados.

Realizamos a análise qualitativa por meio da coleta de água de chuva precipitada durante 14 meses, no bairro Vila Moema em Tubarão, entre novembro de 2006 e dezembro de 2007, que foi submetida a testes químicos para identificação do pH.

A região é suscetível a eventos atmosféricos extremos, tendo como o mais impactante a inundação registrada em março de 1974.

As perdas materiais e de vidas foram de grande monta e atingiram todo o sul do estado de Santa Catarina; entretanto, os efeitos mais nefastos foram observados na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão (BHRT). Além do impacto direto da inundação, os deslizamentos de encostas também contribuíram significativamente para os danos estruturais e a perda de vidas.

Os elevados totais pluviométricos registrados entre os dias 21 a 26 de março de 1974 saturaram o solo, dificultando a infiltração e absorção da chuva. Junto com o grande escoamento superficial, provocaram a elevação dos níveis dos rios. E como a área urbana do município de Tubarão está instalada na baixada aluvial do vale da BHRT e possui a maior população, registrou então os maiores prejuízos. Como a quase totalidade da área urbana do município está instalada em cota altimétrica menor que 9,5 metros, a cidade ficou quase completamente inundada, conforme figuras.

Apesar de Tubarão estar com aproximadamente $\frac{3}{4}$ de área já inundada e alagada, foi no final do dia 24 (domingo, entre 21 e 22 horas) que o rio invadiu violentamente o resto da cidade, atingindo o volume máximo no dia 25 de março de 1974.

Na foto da figura 1, mostramos a esquina central da cidade no dia 26 de março de 74. Ao fundo (120 metros), está a ponte sobre o Rio

Tubarão, onde se observa que a água está pouco mais de um metro acima do nível da rua.



Figura 1 - Inundação na esquina central da cidade em 1974.
Fonte: Patrimônio histórico municipal.

Na figura 2, reproduzimos fotografia tirada sobre a Ponte Heriberto Hulse, mostrando que o rio ocupou sua calha e extravasou na bacia de inundação, ocupada pela instalação da cidade.



Figura 2 - Leito do rio na inundação de 1974.
Fonte: Patrimônio histórico municipal.

Preocupante é a continuidade, nos dias de hoje, da ocupação da bacia de inundação, pois a população da cidade aumenta e as edificações estão expandindo-se para áreas suscetíveis a alagamentos e inundações.

Nas fotos (BARDINI, 2006) tiradas da sacada do Seminário Nossa Senhora de Fátima, localizado no bairro São João, lado oeste da cidade, ilustramos o nível do rio, atingindo as bases da Ponte Ferraz Cavalcanti, que faz parte da rodovia BR 101, figura 3.



Figura 3 - Fotografia da inundação vista do Seminário em 1974.
Fonte: Rogério Bardini (2006).

E, na seqüência, mostramos foto atual da mesma posição no Seminário ilustrado na figura 4, de onde se observa a notável ocupação pós 1974 por moradias e comércio, criando um cenário propício a uma futura tragédia.

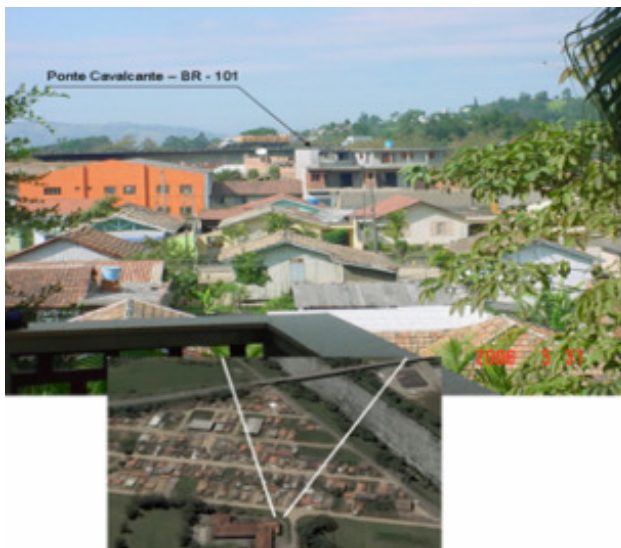


Figura 4 - Fotografia da ocupação urbana vista do Seminário em 2006.
Fonte: Rogério Bardini (2006).

Como moradores e flagelados de 1974, sempre nos sentimos instigados a conhecer a real extensão e as condições que promoveram esse evento, e com este estudo buscamos elucidar os fatos. Ansiamos, modestamente, que sirva de apoio para a tomada de decisões relacionadas aos planos de expansão das cidades, especialmente de Tubarão.

Os maiores prejuízos e óbitos na região foram acarretados pela inundação; entretanto, os deslizamentos tiveram importante papel, levando a 40 falecimentos, concentrados nas localidades de Caruru (Tubarão) e de São Gabriel (Treze de Maio). Após o evento, os demais moradores dessas comunidades abandonaram os locais, sendo que hoje as áreas não apresentam risco, pois permanecem desabitadas.

Nas figuras 5 e 6, mostramos fotografia de 1974 logo após os deslizamentos em Caruru, Tubarão.



Figura 5 - Deslizamento no Morro de Caruru em 1974.
Fonte: José João Bigarella (1975).



Figura 6 - Situação atual do Morro do Caruru em 2007.
Fonte: Rafael Marques (2007).

Já nas figuras 7 e 8, ilustramos a localidade São Gabriel em 1974 e atualmente, destacando que as fotografias de 1974 foram realizadas pelo Prof. Dr. João Bigarella e sua equipe, que estiveram na região menos de 30 dias após o ocorrido. Além dos dois casos fatais de deslizamentos, vários foram registrados em toda a BHRT, na própria

localidade de São Gabriel; em outro morro, entre Tubarão e Gravatal, houve deslizamentos que obstruíram as estradas; e outro, com expressivo volume de detritos, ocorreu na localidade de Kilômetro 37, no município de Laguna. Este último atingiu duas residências que tinham sido evacuadas.

Conforme relatado por moradores locais, os deslizamentos ocorreram no transcorrer do dia 25 de março de 1974, segunda feira.



Figura 7 - Deslizamento em São Gabriel em 1974.
Fonte: José João Bigarella (1975).



Figura 8 - Situação atual do morro em São Gabriel.
Fonte: Rafael Marques (2007).

Diante dos vultosos prejuízos, uma série de medidas mitigadoras foram sugeridas como soluções para futuros eventos. Entre elas, três barragens, recobrimento da cobertura vegetal nas encostas, manutenção das Barras do Camacho e de Laguna (pontos de descarga da BHRTCL para o mar), desassoreamento dos rios e retificação do Rio Tubarão.

A retificação do leito do Rio Tubarão a jusante da cidade, até sua foz na Lagoa de Santo Antônio em Laguna, foi executada de 1978 a 1982.

Na figura 9, ilustramos o traçado original do Rio Tubarão em 1974 e também o trajeto imposto após a retificação, de onde foram retirados aproximadamente 16.000.000 m³ de material.

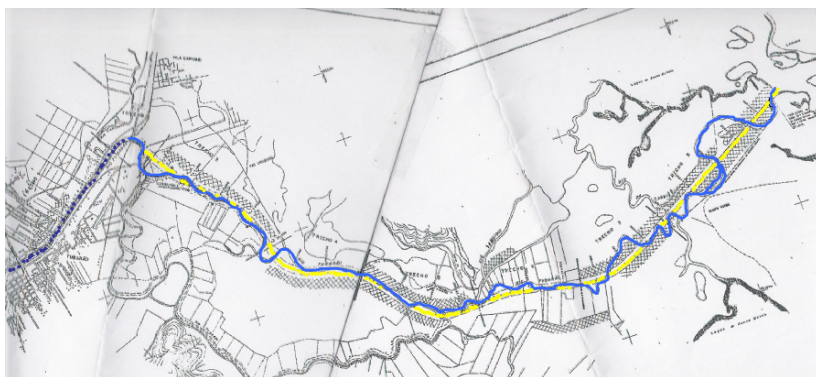


Figura 9 - Trajeto do Rio Tubarão.

Fonte: DNOS (1979).

Depois de várias tentativas de manter aberta a Barra do Camacho, figura 10, nos últimos anos tem-se obtido êxito, através da construção de molhes e com dragagem contínua.



Figura 10 - Barra do Camacho.
Fonte: Ricardo Lima (2008).

Neste estudo, demonstramos a variabilidade da precipitação na BHRTCL, buscando relacioná-la aos aspectos de grande escala na atmosfera global e nos oceanos, como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), bem como aos sistemas atmosféricos regionais e locais e à mudança do uso do solo - ocorrida nos últimos 40 anos pela introdução de atividades industriais, expansão agropecuária e aumento populacional, entre outros fatores.

Aqui, apresentamos a tendência da precipitação e a do número de dias com chuva, distribuídos sazonalmente pelas estações do verão, outono, inverno e primavera. Também demonstramos a tendência anual da chuva, do número de dias com chuva e do número de dias com chuva intensa (≥ 50 mm).

Comparamos a precipitação anual de cada estação pluviométrica com os índices da ODP e fases positiva (EL Niño), negativa (La Niña) e neutra do ENOS, condição que permitiu relacionarmos as anomalias de temperatura do oceano com a precipitação na BHRTCL.

No experimento qualitativo, apresentamos os valores médios, mínimos e máximos de pH da chuva nos catorze meses estudados. Relacionamos os dois eventos extremos, o de pH mais ácido e o mais neutro ou levemente alcalino, às condições atmosféricas.

Alguns indicadores da alteração do uso da terra na região apresentamos como possíveis influenciadores da alteração do regime

pluviométrico. Entre eles, destaca-se a acidez da chuva, promovida por agentes poluentes decorrentes das atividades sócio-econômicas.

Nosso objetivo geral é caracterizar o regime de precipitação pluviométrica na BHRTCL, no período de 1946 a 2006, sua variabilidade e a influência dos fatores geográficos e do uso do solo nas tendências expressas pelas séries históricas.

Entre os objetivos específicos estão:

- Analisarmos a distribuição sazonal e anual da precipitação pluviométrica;
- Relacionarmos a climatologia anual da chuva com variabilidades de grande escala, regionais e locais;
- Analisarmos o pH da chuva na cidade de Tubarão e a influência do uso do solo na qualidade da água.

No capítulo 1, procuramos identificar a região em estudo onde estão inseridas as seis estações pluviométricas e caracterizá-la, mostrando em especial os parâmetros que podem influir na distribuição espaço-temporal da precipitação.

No capítulo 2, apresentamos a situação-problema do estudo, que é a suscetibilidade da região a eventos extremos, especialmente relacionados com a precipitação pluviométrica. Ilustramos o quadro da Inundação de 1974 e citamos autores que relacionam a variabilidade do regime de chuvas na região ao aquecimento global.

Analisamos a dinâmica regional das massas de ar atuantes da região no capítulo 3, descrevendo a influência das condicionantes atmosféricas na sazonalidade da precipitação. A ação dos sistemas/massas de ar atuantes na região deixa bem definidas climatologicamente as quatro estações astronômicas.

Descrevemos a metodologia aplicada neste estudo no capítulo 4, que resultou na indicação da tendência da precipitação, seja sazonal ou anual, mostrando a variabilidade climática ocorrida na BHRTCL. A metodologia para análise do pH também descrevemos neste capítulo.

Os resultados do estudo apresentamos no capítulo 5, que inicia com a distribuição e tendência sazonal da precipitação para cada uma das seis estações pluviométricas, e avança para os mesmos indicadores, entretanto relacionando com os dias de chuva. Além da indicação dos dias com chuva, apresentamos os dias com chuva intensa (≥ 50 mm) e chuva muito intensa (≥ 100 mm), distribuídos por decênios.

A seguir, mostramos a distribuição e tendência anual da precipitação, do número de dias com chuva e dias com chuva intensa.

Para facilitar a comparação da distribuição espaço-temporal entre as seis estações, distribuímos os valores em gráficos, sazonal e anualmente.

A distribuição da chuva sob a forma de total anual apresentamos e comparamos ao índice da ODP e às fases do ENOS, buscando relacionar a climatologia às variabilidades de curto e médio prazo.

No capítulo 6, mostramos especificamente os resultados da análise do pH da chuva em Tubarão, apontando-lhe a acidez no período estudado.

As conclusões deste estudo apresentamos no capítulo 7, onde analisamos as relações da variabilidade climática da precipitação pluviométrica na BHRTCL.

A interconexão atmosfera/ar da ODP e ENOS e as alterações do uso da terra, conjuntamente com os poluentes, apresentamos como possíveis agentes promotores da variabilidade da chuva na BHRTCL. Ou seja, as condicionantes naturais do clima e as mudanças do uso da terra demonstram influência nas alterações do regime de chuva na região.

1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

A área de estudo está localizada no sul do estado de Santa Catarina, região hidrográfica nove (RH-9), composta pela bacia hidrográfica do rio Tubarão (BHRT), com área de 4.733,88 Km², juntamente com a bacia do rio D'Una. Situa-se entre as coordenadas 49°34'0''W, 48°37'48''L, 28°42'47''S e 27°44'0''N, e totaliza 5.944,98 km², formando a Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar (BHRTCL).

A bacia hidrográfica do rio Tubarão é dividida em quatro sub-bacias, dos rios: Capivari, Braço do Norte, Formadores do Rio Tubarão e do Baixo Tubarão, e possui dezesseis postos pluviométricos convencionais mantidos pela Agência Nacional de Águas (ANA). Na bacia hidrográfica do Rio D' Una, onde se encontra o complexo lagunar (CL), há um posto pluviométrico em Imbituba, com uma série que se iniciou em 1977.

Para este estudo, selecionamos seis postos pluviométricos, com as séries de dados mais longas, distribuídos da seguinte maneira:

a) Posto de Orleans, instalado na cidade de Orleans, na sub-bacia dos Formadores do Rio Tubarão, a 105 metros do nível do mar. Código da ANA 2849001;

b) Posto de Tubarão, localizado no bairro de Rio do Pouso, na cidade de Tubarão, já na sub-bacia do Baixo Tubarão, instalada a 21 metros de altitude. Código 2849000;

c) Posto de Armazém, localizado na cidade de Armazém, pertencente à sub-bacia do rio Capivari, montada a 24 metros do nível do mar. Código 2848000;

d) Posto de Grão Pará, montado na localidade de Rio Pequeno, no município de Grão Pará, a 88 metros de altitude no vale do rio Pequeno, afluente do rio Braço do Norte, que origina a sub-bacia do mesmo nome. Código 2849008;

e) Posto de São Ludgero, localizado na cidade de São Ludgero, nas margens do rio Braço do Norte, a 48 metros de altitude. Código 2849002;

f) Posto de Anitápolis, situado na localidade de Divisa, município de Anitápolis, no vale do Rio Povoamento, afluente do Rio Braço do Norte, com altitude de 380 metros. Código 2749012.

Demonstramos as seis estações na figura 14, por círculos vermelhos. São estações convencionais, que dependem dos

observadores para registro das leituras feitas diariamente, às sete horas, em pluviômetros não registradores.

Em toda a BHRTCL, há somente uma estação meteorológica telemétrica oficial, que está instalada no Farol de Santa Marta, em Laguna, desde meados de 2008, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia. Além desta, existem outras não vinculadas às redes oficiais: a Tractebel Energia, empresa situada em Capivari de Baixo, mantém uma estação meteorológica com dados privativos; o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tem uma instalada no Porto de Imbituba; nós mantemos, desde abril de 2008, uma estação meteorológica automática instalada no Centro da cidade de Tubarão, e também, a partir de julho de 2009, uma estação fluviométrica automática no Rio Tubarão, no bairro Campestre do mesmo município. As leituras das duas estações estão disponibilizadas em tempo real ao público pela internet, na página www.plantaragronomia.eng.br.

De acordo com a Epagri (2002), a partir da caracterização climática de Köepen, a BHRTCL enquadra-se em dois tipos climáticos: Subtropical Mesotérmico Úmido e Verão Quente “Cfa”, e Temperado Mesotérmico Úmido e Verão Ameno “Cfb”, sendo que o “Cfa” ocupa 65,5% da área ilustrados na figura 11.

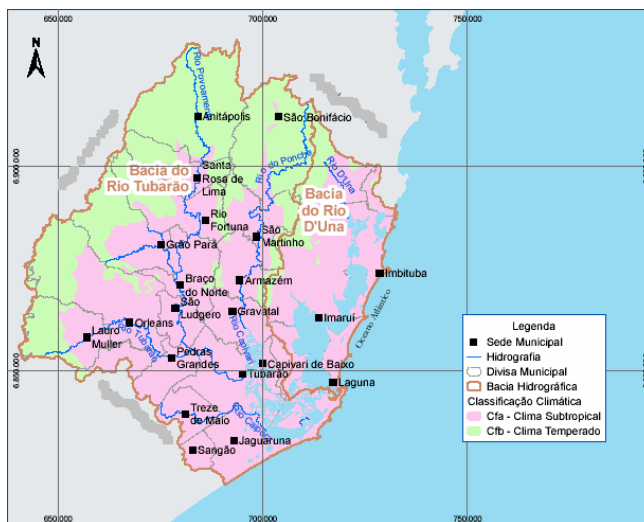


Figura 11 - Classificação climática segundo Köepen.

Fonte: Epagri – SDS (2010).

A temperatura média varia de 12°C, nas localidades mais altas, a 20°C, nas menores altitudes, conforme ilustramos na figura 12.

A umidade relativa média fica entre 80 e 84%, com insolação variando de 1600 a 2200 horas por ano de radiação solar.

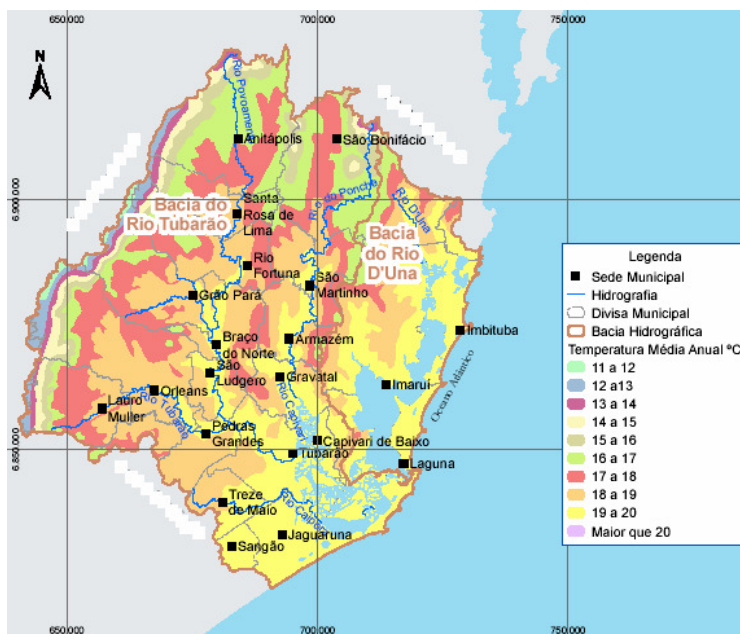


Figura 12 - Temperatura média anual na BHRTCL.

Fonte: Epagri – SDS (2010).

Os extremos de temperatura variam de negativas, mesmo em altitudes menores de 200 metros, e superando os 40°C no verão. Usando dados das estações meteorológicas de Orleans e Laguna, desativadas em meados dos anos 80, mas com uma série de mais de 50 anos, apresentamos os valores extremos absolutos de temperatura, na figura 13.

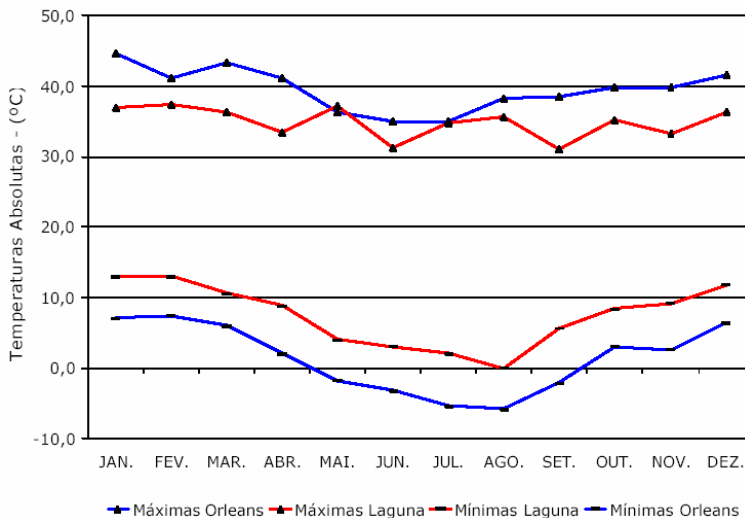


Figura 13 - Temperatura máxima e mínima em Orleans e Laguna.

Fonte: Epagri - SDS (2010).

O vento predominante é de nordeste na área litorânea (dados estação de Laguna); e, no interior da região, próximo às encostas da Serra Geral, em Orleans, o vento predominante é de sudeste, sul (MONTEIRO, 2007).

O relevo regional é marcado por uma grande diferença de altitude. No flanco leste, banhado pelo oceano Atlântico, distingue-se a unidade de relevo Planícies Litorâneas. O baixo curso do Rio Tubarão percorre essa unidade que apresenta em grande parte um litoral recortado com reentrâncias e saliências com inúmeras praias e pontais correspondentes a relevos residuais pronunciados. Entretanto ao sul encontra-se mais alargada e o litoral mais retificado com extensas praias, campos de dunas e formações lacustres.

A cidade de Tubarão localiza-se sobre a Planície Colúvio-Aluvionar que corresponde a uma superfície plana com uma suave rampa para leste, formada sobre depósitos de transição entre influências continentais e marinhas. As áreas de influência continental apresentam predomínio de modelados planos convexizados e formas de topos planos e baixos tabuleiros, enquanto naqueles de influência marinha, ocorrem teraços marinhos e baixos tabuleiros com topos remobilizados pela ação eólica. (ROSA; HERRMANN, 1986).

Nesta porção da unidade ocorrem depósitos aluvionares e mistos. No baixo vale do Rio Capivari e médio vale do Tubarão ocorrem sedimentos fluviais que formam uma morfologia plana, recirando depósitos mais antigos, evidenciando um abaixamento de nível base de erosão no Quaternário. Os depósitos aluvionares são constituídos por areias, argilas, cascalho e material siltico-argiloso. Os sedimentos mais grosseiros situam-se preferencialmente nas regiões próximas às nascentes, enquanto os mais finos na planície de inundação. (ISSLER; FERNANDES; FREIRE, 1986).

Na planície flúvio-marinho-lagunar, o material detrítico e inconsolidado é construído de areias, siltes e argilas, de natureza mista, que geram lamas e lodos com grande percentagem de matéria orgânica em decomposição. (ISSLER; FERNANDES; FREIRE, 1986). Os processos fluviais formaram as planícies nos vales dos rios D'una, Capivari, Aratingaúba, e também em trechos dos rios Tubarão e Braço do Norte.

As maiores altitudes ocorrem nas porções norte e noroeste na Bacia no embasamento cristalino identificado como Serras do Leste Catarinense. O relevo desta unidade é caracterizado por serras sub-paralelas no sentido nordeste-sudoeste (NE-SO), que apresentam gradativamente mais baixas em direção da costa, atingindo altitudes inferiores a 100 metros, formando pontas, penínsulas, ilhas e elevações isoladas em meio a planícies costeiras. Em Anitápolis ocorrem as maiores elevações, ultrapassando os 1200 metros em alguns pontos. Este relevo apresenta-se intensamente dissecado, com encostas íngremes, separadas por cristas bem marcadas e vales profundos. Essa conformação da paisagem favorece os processos erosivos, principalmente nas encostas desmatadas, causando movimentos de massa. (ROSA; HERRMANN, 1986). Processos deste tipo ocorreram em grandes proporções durante a inundação de março de 1974 (BIGARELLA, 1975); (BIGARELLA; SUGUIO, 1979) e estão registrados na paisagem como antiteatros de erosão cobertos por gramíneas e arbustos.

A Unidade Depressão da Zona Carbonífera catarinense está representada basicamente no município de Orleans e na parte de Lauro Muller que está dentro da Bacia, caracterizando por relevo colinoso com vales encaixados, vertentes íngremes com manto de intemperismo espesso que facilitam processos de solifluxão e por vezes movimentos de massa rápidos.

A Unidade Serra Geral corresponde, a grosso modo, a parte terminal e escarpada abrupta do Planalto dos Campos Gerais em su

borda leste, desenvolvida sobre rochas efusivas básicas. Neste seguimento da borda, os relevos escarpados apresentam desníveis acentuados, de até 1000 metros, com direção geral norte-sul (N-S). Ao norte, a escarpa volta-se para a Depressão da Zona Carbonífera como consequência de um processo de circundenuação periférica efetuada pelos principais afluentes do Rio Tubarão ficando recuada de sua posição original. E em suas nascentes os vales fluviais apresentam aprofundamentos superiores a 500 metros, formando verdadeiros canyons. (ROSA; HERRMANN, 1986).

A bacia hidrográfica do rio Tubarão é dividida em quatro (4) sub-bacias, dos rios: Capivari, Braço do Norte, Formadores do rio Tubarão e do Baixo Tubarão e possui dezesseis (16) postos pluviométricos manuais mantidos pela ANA, apenas uma (01) estação meteorológica automática telemétrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Farol de Santa Marta, instalada no ano de 2.008. Além dessas estações oficiais, a Tractebel Energia, em Capivari de Baixo, mantém uma estação meteorológica com dados privativos, e nós mantemos, desde abril de 2.008, uma estação meteorológica automática instalada no centro da cidade de Tubarão; e também, a partir de julho de 2.009, uma estação fluviométrica telemétrica no rio Tubarão, no bairro Campestre da mesma cidade. As leituras das duas estações estão disponibilizadas em tempo real ao público, pela internet, na página www.plantaragronomia.eng.br.

Das seis mesorregiões geográficas do estado de Santa Catarina, três fazem parte, mesmo que parcialmente, com municípios contribuintes com a BHRTCL: mesorregião da Grande Florianópolis, Serrana e Sul Catarinense.

A área da BHRTCL é composta de trinta e dois municípios, dos quais onze estão apenas parcialmente dentro da Bacia. Os municípios que possuem pequena área de contribuição são: Águas Mornas, Alfredo Wagner, Bom Jardim da Serra, Bom Retiro, Garopaba, Paulo Lopes, Rancho Queimado, Santo Amaro da Imperatriz, Treviso, Urubici e Urussanga.

Das vinte microrregiões geográficas do estado, cinco contribuem com a BHRTCL:

1) Microrregião do Tabuleiro, com os municípios de Alfredo Wagner, Águas Mornas, Anitápolis, Rancho Queimado e São Bonifácio;

2) Microrregião de Florianópolis, com Paulo Lopes e Santo Amaro da Imperatriz;

3) Microrregião dos Campos de Lages, com os municípios de Bom Jardim da Serra, Bom Retiro e Urubici;

4) Microrregião de Criciúma, com os municípios de Lauro Muller, Treviso e Urussanga;

5) Microrregião de Tubarão, com os municípios de Armazém, Braço do Norte, Capivari de Baixo, Grão Pará, Gravatal, Jaguaruna, Imaruí, Imbituba, Laguna, Orleans, Pedras Grandes, Rio Fortuna, Sangão, Santa Rosa de Lima, São Ludgero, São Martinho, Treze de Maio e Tubarão.

Representamos os municípios que participam mesmo que com ínfima porção de sua área na BHRTCL na figura 14. O Rio Tubarão, o mais importante dessa Região Hidrográfica tem como principais formadores os rios Rocinha e Bonito. A seguir, recebe, pela margem esquerda, os rios Laranjeiras, Braço do Norte, Capivari, e rios Palmeiras e das Pedras Grandes/Azambuja, pela margem direita. Após percorrer cerca de 120 km, o Rio Tubarão desemboca na Lagoa de Santo Antônio dos Anjos, no município de Laguna. Do conjunto lagunar que compõe a bacia, destacam-se também as lagoas de Imaruí e Mirim.

A Bacia do Rio Tubarão, cuja maior parte das nascentes encontra-se na encosta da Serra Geral, tem a maioria das calhas dos rios formadores em vales estreitos e com acentuada declividade. É formada por terrenos cristalinos, que constituem o escudo, e por séries sedimentares e vulcânicas do Gondwana. (SALLES, 2005). Do ponto de vista hidrogeológico, grande parte da área, correspondente 52%, se insere na Província das Rochas do Embasamento Cristalino, contemplando rochas granitóides, alcalinas, metassedimentares e metavulcânicas, geralmente de baixa produtividade. Cerca de 16% da região contempla a Província Hidrogeológica Quaternária, constituída por depósitos colúvio-aluvionares, praias e eólicos, porosos e de alta produtividade. O restante da região está sobre a Província das Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná, com média a alta produtividade, dependendo da unidade geológica considerada. (SALLES, 2005).

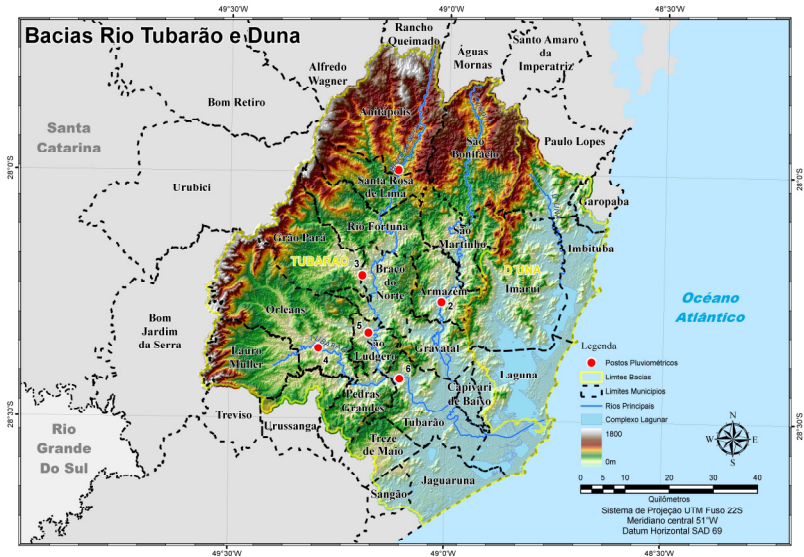


Figura 14 - Municípios da BHRTCL.

Fonte: Gabriel Carmona (2010).

O perfil longitudinal de três sub-bacias que formam a BHRT mostramos nas figuras 15, 16 e 17, onde aparecem as nascentes nos campos ou nas encostas da serra. Ressalta-se o exagero da escala vertical, necessário para representar o relevo modelado. Os formadores do Rio Tubarão é que apresentam um perfil mais radical, com acentuada declividade nos primeiros quilômetros. O Rio Braço do Norte tem declividade mais gradual, enquanto o rio Capivari apresenta uma tendência acentuada inicial, decresce gradualmente, tem uma nova queda e começa a deslizar lentamente.

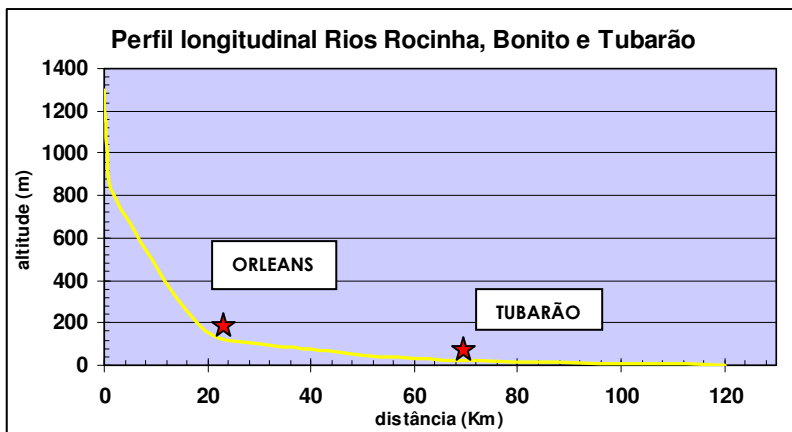


Figura 15 - Perfil longitudinal da bacia dos formadores do Rio Tubarão.
Fonte: IBGE (2009). Adaptado pelo autor (2009).

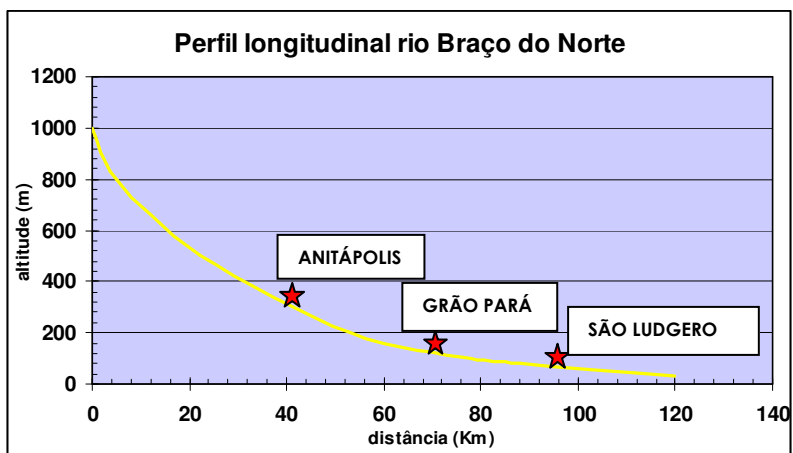


Figura 16 - Perfil longitudinal do Rio Braço do Norte.
Fonte: IBGE (2009). Adaptado pelo autor (2009).

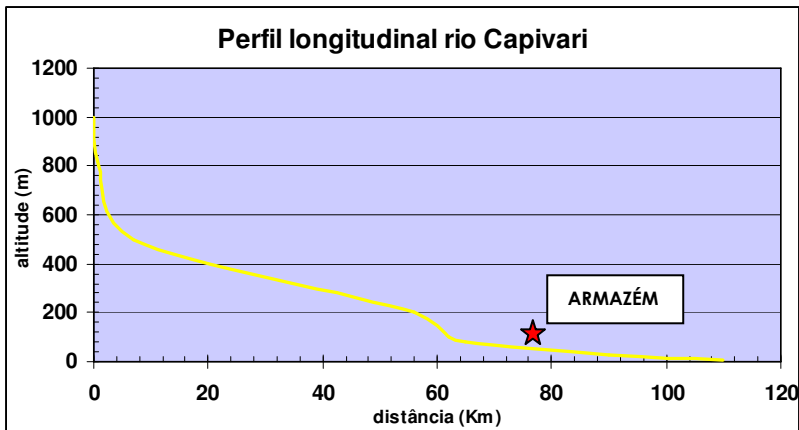


Figura 17 - Perfil longitudinal do Rio Capivari.
Fonte: IBGE (2009). Adaptado pelo autor (2009).

As nascentes da sub-bacia dos formadores do Rio Tubarão, os rios Rocinha e Bonito, estão localizadas a Oeste da BHRT e descem para Leste. Nas sub-bacias dos rios Braço do Norte e Capivari, as nascentes despontam a Norte da BHRT, serpenteando para sul até encontrarem o Rio Tubarão e encaminham-se ao oceano.

Já a grande área litorânea de várzea, ladeada por lagoas costeiras, tem o escoamento contido por cordões litorâneos, eventualmente perfurados por sangradouros. (LAGO, 2002).

A BHRTCL que está localizada em uma região bastante compartimentada pela presença das Serras do Leste catarinense e Serra Geral com altitudes superiores a 1000 m em contraste com as planícies litorâneas ao nível do mar e, transposta por sistemas atmosféricos instáveis como Frente Polar em trajetória encerrada entre a Cordilheira dos Andes e o Oceano Atlântico, está sujeita, em determinados momentos, a condições atmosféricas extremas, que associam fenômenos meteorológicos de superfície e altitude causadores de desastres naturais como inundações, ventos, tornados e granizo.

A cobertura vegetal original foi descaracterizada pela ocupação humana, inicialmente pelas atividades agropastoris e extrativistas comerciais, e atualmente pela expansão urbana, industrial e do agronegócio. Originalmente, predominava a Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) sobre as encostas íngremes e vales profundos do embasamento cristalino costeiro e planícies litorâneas. Esta floresta é constituída por árvores perenifoliadas de 20 a 30m de altura, de copas

largas, formando um estrato denso com considerável volume de madeira por hectare. Tais condições criam ambiente propício para o desenvolvimento de estratos de arvoretas, arbustos e ervas, com nuances estruturais relacionadas às variações do ambiente. Na faixa litorânea, restingas e mangues ainda se encontram cobertos por uma Vegetação Pioneira, predominantemente herbácea e arbustiva, com agrupamentos e associações vegetais direta ou indiretamente influenciados pelo mar. Junto à Serra Geral, ocorrem remanescentes da Mata de Araucária e da Floresta Ombrófila Mista, em altitudes superiores a 500m, onde sucedem de quatro a seis meses frios (Tm15°C) e até seis meses quentes (Tm 20°C) durante o ano. Nesta Floresta, o pinheiro-do-paraná (*Araucária angustifolia*) se sobressai no estrato emergente, dando um aspecto de floresta de conífera, agregando-se a outras espécies madeireiras como a imbuia. Constitui-se ainda de um estrato de arvoretas, onde se destaca a erva-mate (*Illex Paraguariensis*), e, nos estratos inferiores, densas touceiras de taquara lisa (*Merostachys multiramea*). (SANTA CATARINA, 1986). De acordo com a FATMA (1996), a cobertura vegetal abrangia uma área de 2301 Km², que representava 38,37% da área total, basicamente composta de mata secundária. O mesmo estudo apontava aproximadamente 1% de cobertura com “reflorestamento” de eucalipto e pinus. Entretanto, apesar da falta de dados, é notável o aumento desse tipo de cultivo. Quase 70% da área da bacia BHRTCL já foi submetida a desmatamento e exploração econômica dos recursos naturais. Na figura 18, ilustramos a distribuição da cobertura florestal, normalmente em cotas acima de 150 metros e/ou acentuada declividade. É notório o descumprimento das leis ambientais, pois a cobertura vegetal de muitas das encostas com grande inclinação e topos de morros, bem como a vegetação ripária estão sendo suprimidas.

Tabela 1 - Evolução populacional.

Ano	População (hab.)
1940	138.480
1950	168.582
1960	207.992
1970	256.623
1980	268.439
1991	307.451
2000	344.647
2007	372.760

Fonte: AMUREL/IBGE (2009).

A evolução da população regional em mais de 20% por década até o censo de 1970, teve sua tendência modificada nos dados de 1980 que aponta um crescimento populacional de apenas 4,6%.

O início da década de 1970 foi marcado por forte crise econômica e êxodo rural. Entretanto é possível que um número expressivo da população tenha migrado para outras regiões em função do grande evento de março de 1974, devido às grandes perdas materiais e humanas, assim como pela insegurança e medo dos acontecimentos repetirem-se.

Nota-se que em seguida, na década de noventa a evolução populacional retomou o crescimento a uma taxa de 14% e embora tenha caído paulatinamente posteriormente, manteve-se o dobro da de 1980.

A expansão populacional na BHRTCL (tabela 1) pode ser visualizada nas fotografias aéreas da cidade de Tubarão em 1957, 1978, 2002 e imagem de satélite de 2006, onde ilustramos ainda o avanço urbano (figura 19). Note-se que de 1957 a 1978, além do adensamento das áreas já ocupadas, houve uma expansão para leste ao longo do Rio Tubarão.

Já no segundo período, de 1978 a 2006, observamos que a expansão e adensamento se dá para noroeste e sudeste, bem como nordeste do canal fluvial.

Destacamos que a expansão registrada nas duas últimas imagens deu-se em áreas com cotas altimétricas baixas e, portanto, suscetíveis a alagamentos e inundações. Sendo que considerável espaço dessas áreas está com cotas abaixo de cinco metros (BARDINI, 2007), além de acarretar os riscos citados, não segue um planejamento de ocupação.





Figura 19 - Fotos de 1957, 1978 e 2002, imagem satélite de 2006 de Tubarão.
Fonte: Santa Catarina (2009), Prefeitura Municipal de Tubarão, Google Earth.

1.2 VEÍCULOS AUTOMOTORES

Outro elemento que demonstra as alterações ambientais da região é a circulação de veículos automotores na principal rodovia federal do estado, BR-101, que corta a região no sentido norte-sul pelo litoral, iniciando no município de Imbituba, passando por Laguna, Capivari de Baixo e Tubarão, até Jaguaruna, na direção sul.

Como os registros do tráfego na região iniciaram-se em 1987, utilizamos-se dados do Posto da Polícia Rodoviária Federal (PRF) de Penha, localizado no norte do estado, com registros desde 1969 - data da entrega da rodovia aos usuários. Consideramos válida a utilização porque, a partir dos valores de 1987, a quantidade de veículos que circulou no posto da Penha é similar ao ocorrido no trecho sul.

A proporção no aumento da circulação de veículos atingiu a significativa elevação de 1.606%, passando de 1.321 para 21.226 veículos por dia em 2007. Na tabela 2, relacionamos o tráfego médio diário anual (TMDA) com dados até 1982 da Penha, de 1988 a 1994 em Tubarão e 1998 em diante em Capivari de Baixo. Destacamos que são dados do Ministério do Transportes, transcritos nos relatórios do projeto de duplicação da rodovia BR-101.

Tabela 2 - Veículos na BR 101.

Ano	TMDA
1969	1.321
1975	3.679
1980	4.765
1982	5.089
1988	7.499
1990	8.400
1994	10.192
1998	15.174
2003	18.284
2005	19.701
2007	21.226

Fonte: DNIT (2001, 2002). Adaptado por Rafael Marques (2009).

Como os dados disponíveis sobre as frotas municipais de veículos são recentes (iniciam em dezembro de 2002), contabilizamos apenas o ano de 2007, para relacioná-lo com a população de 2007.

A frota de veículos automotores na BHRTCL registrados no Departamento de Trânsito do Estado de Santa Catarina (DETRAN-SC) até dezembro de 2007 era de 172.481, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Relação Veículos com população.

Ano	População	Veículos	Relação (Hab./Veíc.)
2007	372.760	172.481	2,16

Fonte: Detran - SC (2009).

A relação de 2,16 habitante/veículo mostra a expressiva quantidade de veículos automotores existentes na BHRTCL.

Utilizamos estudos de Teixeira, Feltes e Santana (2008) - realizados junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul (FEPAM) -, que elaboraram inventário de emissões veiculares para a região metropolitana de Porto Alegre, baseados em metodologia da Environmental Protection Agency (EPA), dos Estados Unidos. Com fatores de emissão da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), elaboramos as emissões na BHRTCL.

Utilizando os dados da frota regional de 2007, com 150.818 veículos a gasolina/álcool e 21.663 movidos a diesel, obtivemos o seguinte quadro de emissões gasosas (tabela 4):

Tabela 4 - Emissões de veículos automotores na BHRT.

Combustível	NO_x (Kg/dia)	SO_x (Kg/dia)
Gasolina	3900	120
Diesel	13000	860

Fonte: Rafael Marques (2010).

1.3 ORIZICULTURA

Outra atividade regional importante é a orizicultura - cultura do arroz irrigado que utiliza áreas de várzea -, situação que facilita o bombeamento de água dos mananciais e o aproveitamento da água de chuva. A atividade ou safra é exercida de setembro de um ano até abril do outro, período em que o solo fica coberto com uma camada média de dez centímetros de água.

Os solos hidromórficos, caracterizados por apresentarem lençol freático próximo à superfície durante a maior parte do tempo e por

estarem situados em áreas de relevo plano, reúnem as condições exigidas pela cultura. Dentre eles, os que apresentam melhor aptidão são os que tem textura argilosa ou argilo-siltosa. Esta propriedade física reúne condições de impermeabilidade do subsolo e adequada retenção de água de irrigação, ao mesmo tempo em que proporciona drenagem normal.

Demonstramos a evolução do uso da terra com a orizicultura na BHRTCL na tabela 5, onde se percebe o incremento de 342% na área utilizada com a cultura do arroz de 1975 até 2007.

Tabela 5 - Área rizícola na BHRTCL.

Ano	Área (ha)
1.975	6.018
1.985	11.928
1.995	10.077
2.007	20.635

Fonte: EPAGRI (2009).

A área ocupada pela orizicultura representa 3,6% da área da BHRTCL, destacando-se os municípios de Imaruí, Imbituba, Jaguaruna, Treze de Maio e Tubarão, que identificamos na figura 20.

Considerando-se uma lâmina de água de dez centímetros, que é comumente usada na safra do arroz, ter-se-á um volume de 2,1 milhões de metros cúbicos ou 2,1 bilhões de litros de água disponíveis sobre a superfície plantada. Usando-se a precipitação média histórica para os meses de outubro a março, 806 mm, ter-se-á um volume de 16,9 bilhões de litros de água de chuva sobre a área plantada. Este valor mostra que a água da chuva é suficiente para cobrir a necessidade da cultura com sobras.

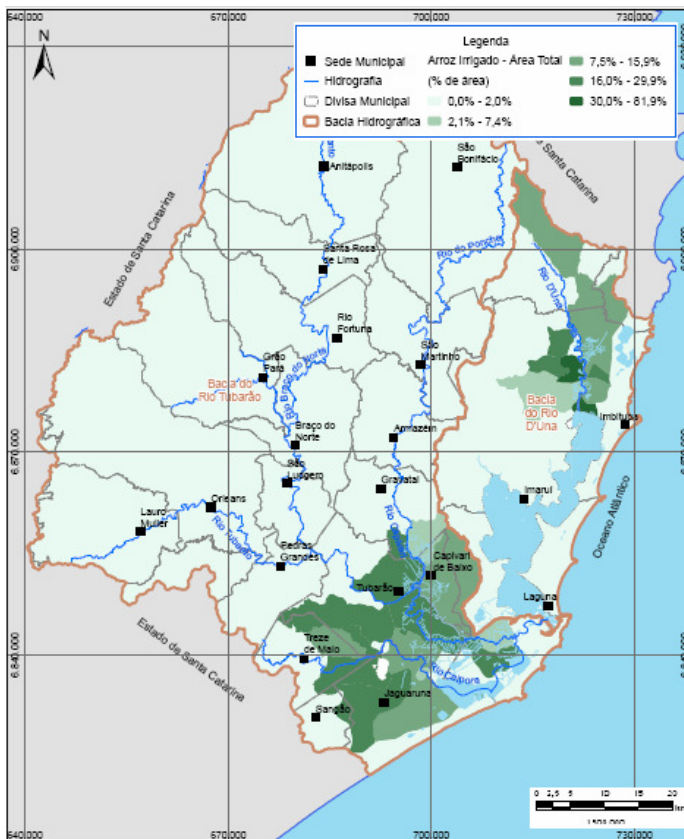


Figura 20 - Área ocupada com orizicultura.

Fonte: Santa Catarina (2008).

1.4 PECUÁRIA

A pecuária é outra importante atividade econômica regional de destaque na BHRTCL, e sua evolução pode ser observada no número de animais que constituem cada uma das atividades, conforme dados do CEPA/EPAGRI (1976, 1992, 1996, 2009) que apresentamos na tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - População dos rebanhos.

	1975	1985	1995	2008
Bovino	132.550	170.710	179.489	255.320
Suíno	103.159	109.308	362.067	609.000
Ave	1.082.000	1.396.000	3.451.000	14.266.000

Fonte: Santa Catarina (1976, 1992, 1996, 2009).

A distribuição dos efetivos de cada um dos grupos está demonstrada nas figuras 21 (bovinos), 22 (suínos) e 23 (aves), por município. A escala de verde nos mapas representa o número de cabeças por hectare.

Destacamos a densidade de bovinos nos municípios de Braço do Norte, Rio Fortuna e Armazém; e de suínos em Braço do Norte, Grão Pará e Santa Rosa de Lima. Na avicultura, que tem o maior rebanho, sobressaem-se os municípios de Anitápolis, Rio Fortuna, São Martinho, Grão Pará, Orleans, Pedras Grandes e Treze de Maio.

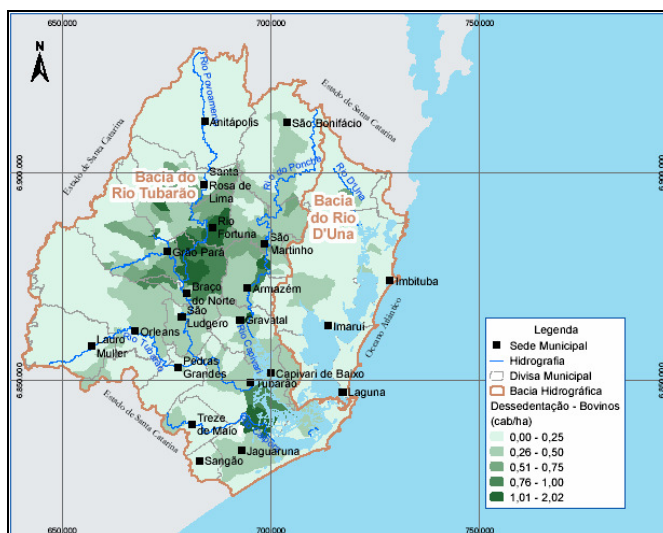


Figura 21 - Distribuição dos bovinos.

Fonte: Santa Catarina (2008).

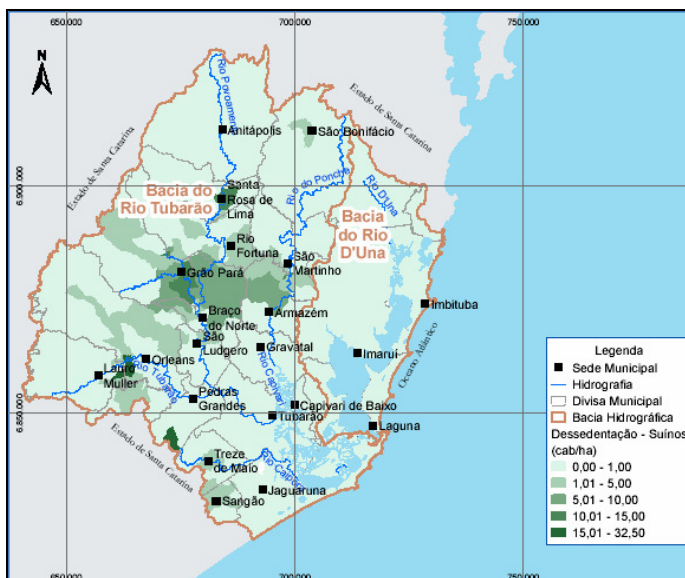


Figura 22 - Distribuição dos suínos.

Fonte: Santa Catarina (2008).

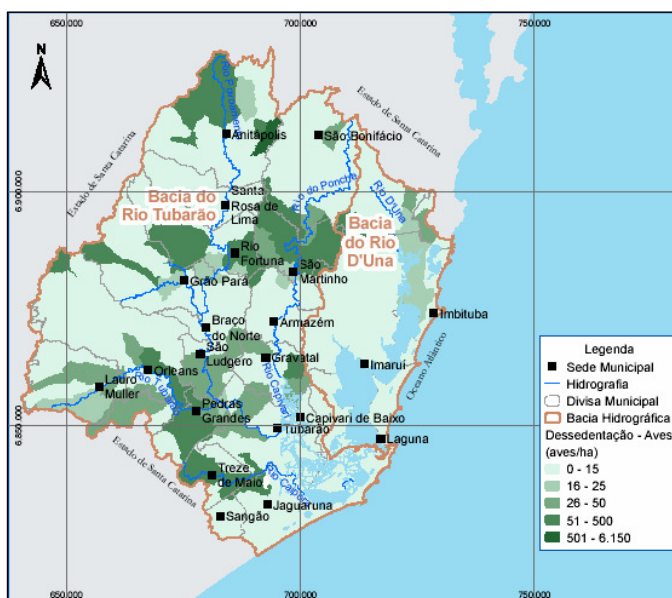


Figura 23 - Distribuição de aves.

Fonte: Santa Catarina (2008).

1.5 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O estado de Santa Catarina produz 5.767 MW de energia elétrica, sendo as hidrelétricas responsáveis por mais de 90%, ficando o restante para as usinas termelétricas do complexo Jorge Lacerda, em Capivari de Baixo, e incipientes 14,6MW de energia eólica.

1.6 ENERGIA HIDRELÉTRICA

A produção de energia hidrelétrica através de pequenas unidades está sendo incentivada pelo governo federal, e é utilizada principalmente em rios de pequeno e médio porte que possuam desníveis significativos durante seu percurso, gerando potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas.

De acordo com a resolução nº 394, de 04-12-1998, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), define-se Pequena Central Hidrelétrica (PCH) como toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1 MW e inferior a 30 MW, com área do reservatório inferior a 3 km².

Uma PCH típica normalmente opera a fio d'água, isto é, o reservatório não permite a regularização do fluxo d'água. Com isso, em ocasiões de estiagem, a vazão disponível pode ser menor que a capacidade das turbinas, causando ociosidade. Em outras situações, as vazões são maiores que a capacidade das máquinas, permitindo a passagem da água pelo vertedouro.

A região em foco apresenta condições geográficas propícias à instalação dessas unidades. Já existem algumas em operação e várias já estão outorgadas. Na sub-bacia do Rio Capivari, são quatro usinas, totalizando 18,6 MW; na sub-bacia dos Formadores do Rio Tubarão estão operando duas unidades gerando 2,75MW; entretanto, é na sub-bacia do Rio Braço do Norte que as PCHs se destacam. Há 48,4MW de potência já outorgados pela agência e um pouco mais de 5 MW já em funcionamento. Na figura 24, ilustramos a distribuição das outorgas de PCHs. Os triângulos azuis representam as concessões de PCHs, e a seta vermelha indica a localização do complexo termelétrico.

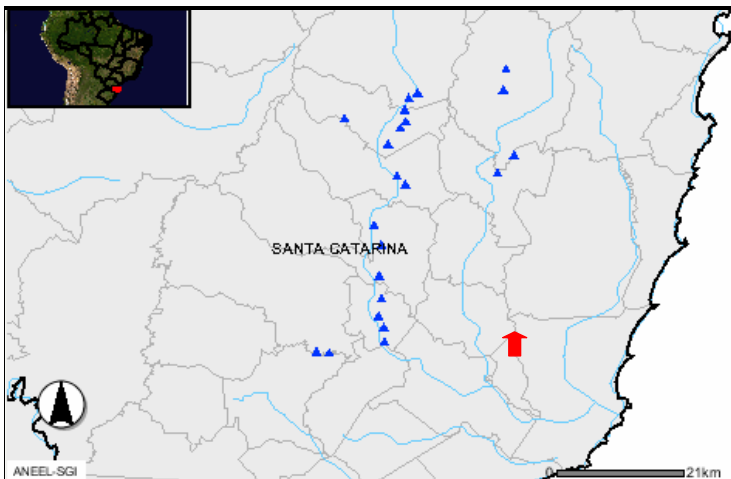


Figura 24 - Distribuição das geradoras de energia.

Fonte: ANEEL (2009).

1.7 ENERGIA TERMELÉTRICA

O complexo termelétrico Jorge Lacerda (CTJL) utiliza o carvão mineral proveniente das minas do sul de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul para gerar energia elétrica.

As unidades foram sendo montadas a partir da década de 60, no atual município de Capivari de Baixo. Inicialmente, houve a instalação de duas unidades de 66 MW, e, na década de 70, de mais duas unidades de 125MW, formando a unidade termelétrica A (UTJL - A); nos anos de 1979 e 1980 foram inauguradas mais duas unidades de 125 MW cada, compondo a unidade termelétrica B (UTJL - B); em 1997, foi inaugurada a unidade termelétrica C (UTJL C), com 363 MW. Mostramos todas nas figuras 25, 26 e 27, respectivamente.

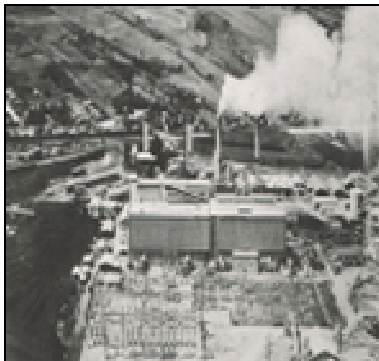


Figura 25 - UTJL A.
Fonte: Enerconsult (2009).



Figura 26 - UTJL B.
Fonte: Enerconsult (2009).



Figura 27 - UTJL C.
Fonte: Tractebel (2009).

Conforme a Empresa Pesquisa Energética (2006), o consumo de carvão para produção de energia elétrica é de 815 Kg/MWh. Portanto, em pleno funcionamento, o complexo termelétrico instalado em Capivari de Baixo consome $(815\text{Kg} \times 857\text{MW})$ 698 toneladas de carvão por hora.

Conforme dados da Tractebel Energia (2010), proprietária do complexo, nos últimos quatro anos as instalações produziram em média 519 MWh, o que representa um consumo de aproximadamente 423 toneladas de carvão por hora.

Conforme Economia & Energia (1999), um estudo para o Ministério de Minas e Energia (MME) e para o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) sobre Emissões de Gases de

Efeito Estufa nas Termelétricas aponta as quantidades para o CTJL em 2676 Kg SO₂/TJ e 233 Kg NO_x/TJ.

E, como o estudo foi feito com dados da UTJL A e B, recalculamos as emissões considerando também a produção da UTJL C e o teor de enxofre no carvão como sendo de 2% em vez dos 3,35% citados.

Considerando a produção dos últimos quatro anos, a emissão de SO₂ é 8,5 toneladas por hora, e de NO_x é de 1,15 toneladas por hora.

Entretanto, usando dados da própria Tractebel Energia (2007), as emanações são de 12,3 toneladas de SO₂ por hora e 1,37 toneladas por hora de NO_x. Destacamos que a totalização das emissões anuais estão dentro da quantidade liberada pela Fundação de Meio Ambiente (FATMA), apesar do questionamento do Ministério Público Federal por meio de ação já em andamento.

2 VARIABILIDADE E EXTREMOS NA DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS

O estudo sobre a dinâmica atmosférica e circulação regional no Brasil, a partir das massas de ar que configuram a climatologia dinâmica, foi principiado na década de 1930 por Adalberto Serra e Leandro Ratisbona. (SANT'ANNA NETO, 2004).

As pesquisas de Monteiro iniciadas da década de 1960 (MONTEIRO, 1963, 1969, 1970) evoluíram e geraram vastos conhecimentos que culminaram com o lançamento do paradigma da análise rítmica em 1971.

O trabalho de Edmon Nimer (1979), realizado junto ao IBGE, sistematizou as séries climatológicas, descrevendo com detalhamento os climas regionais do Brasil a partir de seus fatores físicos (relevo, latitude, maritimidade, entre outros) e dinâmicos (massas de ar e correntes perturbadas).

A abordagem da climatologia dinâmica inserida por Monteiro gerou dissertações e teses na USP e na UNESP, Tarifa (1973, 1975), Conti (1973), Sant'Anna Neto (1990, 1995), Zavatini (1990), através das análises rítmicas e da variabilidade dos componentes meteorológicos, em especial da chuva na dinâmica dos climas regionais.

Para a região Sul do Brasil, estudos sobre a precipitação foram desenvolvidos por Mendonça e Monteiro (1997), Grimm, Ferraz e Gomes (1998), Baldo et al. (2000), Rojahn da Silva (2001), Nery (2002), Mendonça (2006), Berlato et al. (2007, 2008), Barbieri (2008).

Estudos de precipitação em Santa Catarina foram efetuados por Prudêncio, Geremias e Veado (1999), Victória e Pereira (2002), Alves, Braga e Campos (2006) e Back (2001, 2009).

Reportando-nos aos estudos climatológicos da Bacia do Rio Tubarão, encontramos em Bortoluzzi (2003) referências sobre precipitação, e, em Monteiro (1997, 2007), análise das emanações da usina termoeletrica Jorge Lacerda, em Capivari de Baixo, relacionando-as com a dinâmica atmosférica e da climatologia da Bacia do Rio Araranguá, no extremo sul de SC. O Atlas Climatológico do estado elaborado pela Pandolfo et al. (2002) apresenta a distribuição pluviométrica na bacia hidrográfica. O Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina (HERRMANN, 2006) aborda eventos ocorridos no período 1980-2004 na Mesorregião Sul Catarinense, da qual faz parte a BHRTCL, principalmente inundações, vendavais e granizos, que foram

registrados pela Defesa Civil em função dos danos materiais, desalojados, desabrigados e mortos.

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas globais representam atualmente uma das maiores preocupações da humanidade. Entretanto, os cientistas não chegaram a um consenso sobre o papel desempenhado por cada um dos fatores responsáveis. Frequentemente, causas antrópicas, principalmente emissões de dióxido de carbono (CO₂), são sugeridas como principal motivador.

As mudanças climáticas defendidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) são identificadas pelo aumento da temperatura global, mudança no regime das precipitações e incremento dos índices de dióxido de carbono (CO₂).

Os possíveis impactos das mudanças climáticas no Sul do Brasil - aumento da temperatura e aumento das chuvas na forma de chuvas intensas - são defendidos por Marengo et al. (2007), Ambrizi et al. (2007) e outros autores, ancorados em cenários projetados por modelos globais e regionais do Hadley Centre.

Marengo (2007, p. 139) sugere os impactos para a região sul do país:

A produção de grãos poderá ficar inviabilizada na região sul do Brasil com o aumento da temperatura, secas mais frequentes e chuvas restritas a eventos extremos de curta duração. As chuvas cada vez mais intensas poderiam castigar as cidades, com grande impacto social nos bairros mais pobres. Ventos intensos de curta duração poderiam também afetar o litoral. Com temperaturas mais altas e extremas em curto espaço, mais doenças seriam registradas.

No estado, Alves, Braga e Campos (2006) sugerem: “maior instabilidade térmica e hídrica, tanto diárias, mensais e sazonais.”

Diante das discussões de mudanças climáticas e da grande inundação de março de 1974, procuramos analisar a climatologia da precipitação na BHRTCL, as reais alterações no regime de precipitações, abordando os eventos extremos, os fenômenos pretéritos e relacioná-los com configurações meteorológicas de grande escala.

Os climas estão normalmente submetidos a variações em seus parâmetros, principalmente na temperatura e na precipitação, Estas variações podem ser observadas por tendências e ciclos. O ENOS é um exemplo de fenômeno que causa variações recorrentes nos parâmetros acima mencionados.

2.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA

A variabilidade climática ocorre dentro de um período menor do que 30-35 anos, dentro de uma normal climatológica, enquanto as mudanças climáticas caracterizam-se por flutuações que se repetem por longo tempo podem determinar mudanças seculares (100-150 anos), históricas (milhares de anos) e geológicas (milhões de anos). (AYOADE, 1986).

O clima e a variabilidade climática são determinantes para qualquer sociedade, pois tanto podem ter impactos positivos como negativos sobre ela. (AYOADE, 1986). Para minimizar ou neutralizar os efeitos negativos, o homem tenta controlar o clima e o “tempo”, na melhoria dos microclimas para prevenir geadas, produzir chuva, controlar o clima no interior de ambientes e outros.

Entretanto, de maneira não calculada, tem influído no clima pela urbanização, desmatamento, atividades agropecuárias e industriais.

Ayoade (1986, p. 300) ilustra como o clima influencia o homem, e como este influi no clima, “[...] principalmente numa escala local [...] através de suas várias atividades e ações, tais como urbanização, industrialização, derrubada de árvores, atividades agrícolas, drenagem e construção de lagos artificiais [...]”, e cita mudanças climáticas observadas e produzidas pelas cidades, mostrando-as através de estudo de Landsberg (1970), ao comparar com a zona rural. Destaca o aumento dos poluentes: em 10 vezes as partículas sólidas (MP), em 5 vezes o dióxido de enxofre (SO₂), o aumento da precipitação em até 10%, a temperatura média anual em até 1°C, aumento das mínimas de inverno em até 2°C, entre outras. A caracterização do clima urbano denota dois aspectos importantes: a formação das Ilhas de Calor e a Poluição do Ar, promovida pela queima de combustíveis (partículas de fumaça e SO₂) e processos industriais.

A variabilidade climática natural é descrita por vários estudos em várias ciências, que reportam a milhões de anos, aos paleoclimas. Aqui, focamos tempos mais recentes, já na era cristã, no período de 880 e

1200 d.C., quando evidências sugerem que o clima era mais quente do que na atualidade.

O Sol é a principal fonte de energia para o Planeta Terra através de ondas eletromagnéticas de pequeno comprimento, a radiação de onda curta.

A energia radiante do Sol junto com os movimentos de translação da terra, da obliquidade do eixo e pela precessão de sua rotação, são determinantes externos do clima global. Essas variações cíclicas dos movimentos terrestres de macroescala são conhecidas como ciclo de Milankovitch e expressos em milhares de anos. (AMORIM; TEODORO, 2008).

E como resultante dos raios solares na terra, o planeta emite calor, sob a forma de radiação de onda longa (infra-vermelha), que, em contato com os componentes da atmosfera terrestre, produz o essencial efeito estufa, que permite à temperatura manter-se nos patamares ideais para a vida atual.

A energia do Sol possui variações e seus ciclos mais curtos são de aproximadamente 11 anos. A constante solar, que é aproximadamente 1.380 W/m^2 , tem variações de até $2,7 \text{ W/m}^2$ e deve ter influência no clima. (MOLION, 2008).

Dos processos físicos internos do sistema atmosfera-oceano-terra que também controlam o clima junto com o efeito estufa, citamos as erupções vulcânicas. Podem lançar grande quantidade de aerossóis na atmosfera, alterando o albedo do planeta e produzindo o resfriamento da superfície, tipificado pelas erupções do El Chichon (1982) e Pinatubo (1991), que promoveram a redução de $0,5^\circ\text{C}$ na temperatura global. (MOLION, 2008).

Outro sistema regulador do clima é a atividade tectônica. Os movimentos das placas podem modificar a circulação das correntes marítimas. (AMORIM; TEODORO, 2008).

2.2.1 Variabilidade anual e decenal

As variações da circulação atmosférica interagindo com a superfície marinha, que ocupa 75% da área do planeta, promovem alterações climáticas de proporções variadas, podendo atingir níveis globais. Um bom exemplo é o El Niño - Oscilação Sul (ENOS), que é uma variabilidade de curto prazo da temperatura do Oceano Pacífico

equatorial e pode promover alterações significativas na temperatura global e precipitação. (MOLION, 2008).

O ENOS apresenta variabilidade anual e é descrito por Grimm (2009) como a principal fonte da variabilidade interanual da precipitação no Brasil e preponderante no aumento de chuva em anos de El Niño (EN), e diminuição em anos de La Niña (LN).

Na região em estudo, a influência do fenômeno EN na precipitação anual foi bastante evidente nos anos de 1.982/1.983, quando houve o maior valor absoluto de toda a série de 60 anos, nas seis estações pluviométricas. Já no maior El Niño do século XX, ocorrido de 1997/1998, a precipitação anual ficou acima da média, entretanto abaixo do EN de 82/83. Destacamos que a diferença entre os dois eventos esteve relacionada à distribuição da precipitação. Em 1983, o maior total de precipitação pluvial foi registrado em julho, pois todas as localidades apresentaram chuva superior a 400 mm. Já em 1998, a distribuição mensal foi mais uniforme, sem um mês que merecesse destaque.

Sob o domínio da La Niña, o ano de 1951 foi o segundo mais seco na BHRT, seguido de 1988, ressaltando-se que, em agosto de 1951, não choveu em cinco estações e foram registrados apenas 0,2 mm, em Orleans. O ano com menor precipitação média foi 1962, na fase neutra do ENOS.

Juntamente com 1951 e 1988, o ano de 1974 esteve sob a ação da LN forte. Entretanto, a chuva anual ficou acima da média, especialmente pelo total registrado no mês de março, acima de 500 mm em todas as estações pluviométricas. Apresentamos os totais anuais dos anos citados na tabela 8.

Tabela 8 - Totais Anuais de Precipitação em anos de EN e LN.

Postos Pluviométricos	El Niño		LaNiña			Total anual
	1983	1998	1951	1988	1974	Média
Anitápolis	2655	2133	1304	1246	1907	1744
Armazém	2203	1502	901	911	1319	1310
Grão Pará	2334	1801	1062	1226	1532	1480
Orleans	2294	1655	1431	1070	1739	1475
São Ludgero	2664	1536	903	1064	1423	1376
Rio Do Pouso	2150	1668	976	1053	1539	1340

Fonte: ANA (2009). Adaptado por Rafael Marques (2009).

A variabilidade oceânica, com escalas decenais ou multidecenais, apresenta teleconexões climáticas com algumas regiões da terra. Como o Oceano Pacífico cobre 35% da superfície terrestre e apresenta uma oscilação decadal de temperatura (ODP), procuramos identificar alguma relação desta com os totais das séries históricas registradas nos postos pluviométricos na BHRT.

A ODP acontece no Pacífico norte e seu ciclo é composto por duas fases, uma quente e outra fria, com duração aproximada de 20 a 30 anos, sendo que a inversão de sinais da temperatura do oceano é abrupta. As fases frias da ODP ocorreram de 1900 a 1924 e, posteriormente, de 1947 a 1976, enquanto as fases quentes, de 1925 a 1946 e de 1977 a 1998. (KAYANO; ANDREOLLI, 2009).

“É como a atmosfera é aquecida por debaixo, os oceanos constituem a condição de contorno inferior mais importante para atmosfera e para o clima global.” (MOLION, 2008).

2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso e a mudança na cobertura da terra, chamados de efeitos na Paisagem (COTTON; PIELKE, 2007), representam impactos que influenciam o tempo e o clima. A mudança de usos e cobertura da terra na BHRTCL pode ser observada na figura 19, numa seqüência de fotografias aéreas e imagem de satélite (1957, 1978, 2002, 2006) da cidade de Tubarão. Apesar de não terem sido quantificados nesse trabalho, observa-se, em Tubarão e nos demais municípios da BHRTCL, o avanço do desmatamento, o aumento de áreas alagadas por irrigação e expansão das áreas urbanizadas que vem substituindo aquelas que eram cultivadas ou destinadas às pastagens anteriormente.

A expansão das atividades industrial e agropecuária, bem como a circulação de veículos automotores, têm alterado a qualidade do ar, pois produzem grande quantidade de poluentes. As atividades industriais, por usarem combustíveis fósseis ou lenha para gerar energia elétrica ou calorífica, liberaram grandes quantidades de gases poluentes que comprometem a saúde da população, além de liberarem gases responsáveis, teoricamente, pelo aumento do efeito estufa.

As atividades agropastoris, em especial a criação de bovinos, produzem naturalmente grande quantidade de metano, em função do sistema digestivo desses animais. A suinocultura e a avicultura, com sua carga de dejetos, contribuem consideravelmente para a produção de

gases de nitrogênio. Derivados do nitrogênio produzidos pelos suínos poderão formar precipitação ácida. (MIRANDA, 2005). A emissão de gases gerados por esses dejetos pode causar graves prejuízos às vias respiratórias do homem e de animais, bem como a formação de chuva ácida através de descargas dessas substâncias ou compostos na atmosfera. (BELLI FILHO et al., 2007).

De acordo com Schwarz (1994), suínos e aves excretam mais da metade do nitrogênio e fósforo consumidos pelas suas dietas. O nitrogênio pode reagir, transformando-se em nitrato, nitrito e amônia, poluentes do ar e da água. (HENN, 2002).

Outro poluente de origem na criação de animais é o dióxido de enxofre (SO₂), fomentador de acidificação. Williams (2007) descreve a potencial quantidade de SO₂ durante as etapas de produção de uma tonelada de carcaça de animal na Inglaterra e País de Gales, que ilustramos na tabela 9.

Tabela 9 - Produção SO₂ por animais.

Rebanho	Bovino	Ave	Suíno
Kg SO₂/ ton. carcaça	470	170	390

Fonte: Williams et al.(2007).

A mudança na cobertura do solo altera o balanço de energia e umidade, pois modifica o fluxo de radiação que chega e sai do solo, influenciando diretamente na evaporação, transpiração, escoamento superficial e infiltração. As mudanças na paisagem, além da alteração da característica do solo, alteram a estrutura vertical do ar sobre ele, mudando a circulação do vento e até a altura de formação das nuvens. (COTTON; PIELKE, 2007).

A irrigação é a prática de manejo que mais efeito tem no clima. A adição da água na superfície do solo incrementa o fluxo de calor latente e diminui o fluxo de calor sensível. Sob certas condições, resulta no incremento do vapor d'água, que pode promover a cobertura de nuvens e de chuva. A irrigação também pode modificar a circulação regional, pela criação de contrastes de temperatura entre área inundada e área seca. (KUEPERS et al., 2007; SACKS et al., 2008).

Gao et al. (2007) mostra que o aumento da precipitação no sul da China tem uma importante contribuição na umidade evaporada dos arrozais.

Marcelino (2004) cita vários autores que vêm estudando as formas de uso da terra e o incremento das atividades convectivas e de precipitações intensas, e destaca Perlin e Alpert (2001): “áreas com cobertura vegetal e agricultura irrigada possuem uma maior cobertura de nuvens convectivas do que em outras regiões.”

No mapa de uso e ocupação do solo (SDS, 2008) ilustrado na figura 28, demonstramos o grau de antropização na região.

Há consideráveis evidências de que o aumento das áreas urbanas causa mudanças no regime de chuvas, aumento de eventos severos de tempo e alteração da temperatura na superfície.

As hipóteses dos motivos dessas mudanças incluem:

- aumento da concentração de núcleos de condensação de nuvens;
- mudança na rugosidade da superfície e convergência em baixos níveis;
- mudança na camada limite atmosférica;
- adição de umidade por fontes industriais.

Essas hipóteses foram levantadas por estudos de Ashworth (1929), Kratzer (1956), Landsberg (1956, 1970), Changnon (1968, 1981), Changnon e Huff (1977, 1986), Hjelmfelt (1980), Ayoade (1986), Oke (1987) e Cotton e Pielke (2007).

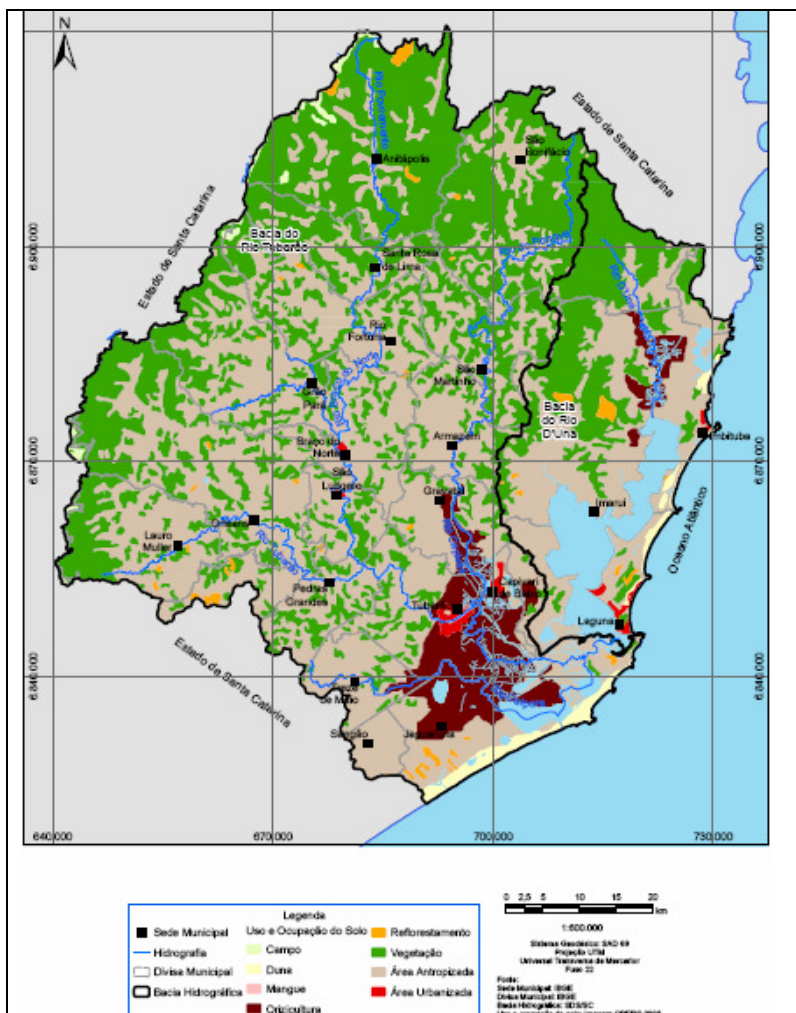


Figura 28 - Uso e ocupação do solo na BHRTCL.

Fonte: Santa Catarina (2008).

2.4 EVENTOS EXTREMOS

A região estudada está localizada em uma área suscetível a desastres naturais, que vão de chuvas intensas, granizo, inundações, vendavais, escorregamentos, tornados a até mesmo furacões.

Petterssen (1968 apud VIANELLO; ALVES, 1991) demonstra na figura 29 as áreas do globo terrestre sujeitas às tempestades locais severas. No Brasil, exceto na costa nordestina, ocorrem de 10 a 20% do total de tempestades locais severas em relação à distribuição mundial. Cidades como Cuiabá, Campo Grande, Belo Horizonte, São Paulo, Rio de Janeiro e a costa catarinense, inclusive Florianópolis e a BHRTCL, que se localizam na região destacada em amarelo, registram mais de 20% do total mundial.

As tempestades severas frequentemente ocorrem no verão e se caracterizam por chuvas concentradas em um período de no máximo duas horas, acompanhadas, em geral, de trovões, descargas elétricas, granizos, ventos fortes, variações de temperaturas repentinas e até tornados. Para o desenvolvimento dos cumulonimbus, responsáveis pelas tempestades locais, é necessário a presença de ar quente, úmido e instável, seja no interior de uma massa de ar, ao longo de uma frente ou de linha de instabilidade. As tempestades severas não raramente ocorrem como formações isoladas resultantes de um aquecimento diurno intenso, que atinge seu ápice à tarde. No entanto, as tempestades locais, associadas às formações frontais, podem ocorrer em qualquer horário, pois seguem o sentido do deslocamento das frentes. (VIANELLO; ALVES, 1991).

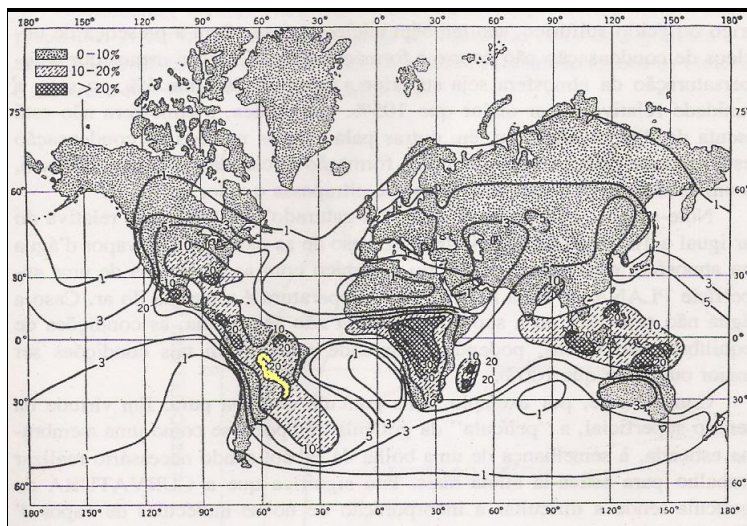


Figura 29 - Distribuição das tempestades severas.

Fonte: Petterssen (1968 apud VIANELLO; ALVES, 1991).

Na escala do Estado e BHRTCL, Herrmann (2001) define:

As adversidades atmosféricas que frequentemente ocorrem no Estado de Santa Catarina são caracterizadas pelos elevados totais pluviométricos, pelos prolongados meses de estiagens e pelas tempestades severas, que freqüentemente geram vendavais, granizos, tornados e marés de tempestades.

As massas de ar em seus deslocamentos e interações podem promover fenômenos e/ou condições atmosféricas extremas que acarretem desastres naturais. O Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina (HERRMANN, 2006) relata uma série desses eventos, registrados de 1980 até 2004. Para a região em estudo, destacamos a ocorrência de precipitação intensa, que promove principalmente inundação.

A inundação pode ser Gradual ou Brusca, conforme Herrmann, Kobiyama e Marcelino (2006, p. 89): “gradual quando a elevação e o fluxo d’água são lentos e, normalmente, também o rebaixamento, o que permite a adoção de algumas medidas preventivas e emergenciais” e “bruscas como sendo súbitas e violentas elevações do nível dos rios, provocando o transbordamento das águas, as quais escoam de forma rápida e violenta.” (MARCELINO; GOERL, 2006, p. 93).

Os dados do Atlas foram fornecidos pela Defesa Civil Estadual, constando dos documentos municipais de Avaliação de Danos (AVADAN), que são preenchidos nas localidades sinistradas.

Os casos dos municípios da BHRTCL relatados no Atlas demonstram que os municípios mais afetados pelas inundações foram: Imbituba, Rio Fortuna, Armazém e Orleans, com 10 ocorrências os primeiros e 9 os dois últimos. Em junho de 1987, os municípios de Imbituba e Garopaba foram atingidos por chuva de granizo com estragos de grande monta (calamidade pública), assim como parte de Laguna e Imaruí.

Além das ocorrências de desastres naturais citadas, destacam-se alguns eventos ocorridos posteriormente. No final de agosto de 2005, intensas precipitações em todo o sul de SC promoveram alagamentos e inundações. (MARQUES, 2006). Em março de 2007, uma tempestade na cidade de Tubarão, acompanhada de vendaval, provocou alagamentos e danos em estruturas (de cimento, metálicas, edificações). (MARQUES, 2007). Na tarde de 20 de outubro de 2007, uma tempestade convectiva com granizo em Braço do Norte e Rio Fortuna levou a grandes perdas nas lavouras e edificações. (MARQUES, 2007).

Em fevereiro de 2008, durante uma tempestade, registrou-se um tornado em Tubarão. (MARQUES, 2008).

2.4.1 A catastrófica inundação de março de 1974

Ocorreu em março de 1974, na bacia do Rio Tubarão, uma inundação catastrófica - uma das maiores em número de mortos no Brasil (199 óbitos), sendo 40 mortes provocadas por deslizamentos e as demais por afogamento. Nas localidades de São Gabriel, no município de Treze de Maio, e Caruru, em Tubarão, foram registradas as vítimas dos movimentos de massa. Entretanto, este fenômeno ocorreu em diversas encostas de toda a região. Os desmoronamentos foram pesquisados por Bigarella (1975) e Bigarella e Suguio (1979), que demonstram a contribuição do intemperismo químico das rochas, as vertentes íngremes, o inadequado uso do solo (provocador da instabilização das encostas) e o grande volume de chuva.

Desde o trágico evento, duas medidas, como obras estruturais (BARDINI, 2006), foram tomadas para a proteção de inundações: 1) a retificação e dragagem do rio, a partir da cidade de Tubarão até a Lagoa de Santo Antonio, em Laguna; 2) a abertura e manutenção da Barra do Camacho, que é a outra saída de água da BHRTCL para o oceano, e que em 1974 estava fechada até o dia 26 de março. Ao romper-se, com a forte pressão hidrostática, escoou rapidamente a água que se avolumava em toda a bacia aluvial.

Para entender a inundação de março de 1974, buscamos nos registros históricos relatos que permitissem identificar situações similares no passado. Obtivemos dados do livro Tubarão 1974 (MACHADO, 2005), dos relatos de Bardini (2006), bem como informações retiradas do livro do historiador Amadio Vetoretti (1992). O levantamento de dados mostrou que essas inundações são recorrentes e registradas desde 1834.

O primeiro registro da Inundação de 1834 aparece no livro A República Catarinense, do Almirante Henrique Boiteaux (1927). Em 7 de novembro de 1880 (MACHADO, 2005), o registro de uma outra inundação de grande proporção “[...] cuja maior consequência se constituiu de séria avaria no pontilhão de aço da estrada de ferro, na localidade de Passagem, a qual teve uma coluna de sustentação abalada.”

Em 1887, repetiram-se os acontecimentos, e praticamente todas as pontes foram arrancadas, inclusive a ponte ferroviária da Passagem foi destruída. (MACHADO, 2005).

Citada como a maior até então, a “enchente” de 25 de setembro de 1897 ceifou vidas, entretanto sem registros oficiais, e deixou a sede do governo municipal danificada. Em 1917, houve outra inundação, e em 7 de maio de 1928, novamente; desta vez, com registro de consideráveis danos ao centro urbano, registrados no jornal A Imprensa, que cita: “A maior desgraça até hoje conhecida aqui. Os prejuízos da lavoura, agricultura, indústria e pecuária são calculados a três mil contos.” (MACHADO, 2005).

Diante das citações acima, fica evidente que a inundação de março de 1974 faz parte de uma série de eventos climáticos recorrentes. Estando a grande bacia sedimentar do Rio Tubarão localizada a poucos metros acima nível do mar e com pouca declividade, as inundações são provocadas pela elevada precipitação pluviométrica, ocorrida principalmente nas regiões com maior altitude, as quais alimentam a rede hidrográfica que deságua no Rio Tubarão.

Destacamos que nas inundações no vale aluvial as águas elevam-se gradualmente. Porém, nas regiões próximas das encostas da Serra Geral, as inundações são bruscas em função do relevo, pois os rios estão encaixados em vales estreitos e com acentuada declividade.

Dos eventos citados acima, os relatos de 1928 mencionam um fator climático como agravante das ocorrências: o Vento Leste.

Para entendermos o ocorrido no último grande evento em março de 1974, abaixo segue a seqüência de cartas sinóticas dos dias 22, 24, 25, e 27 (figuras 30, 31, 32 e 33). Permitem-nos a visualização do posicionamento das massas de ar dos dias que antecederam a inundação até o dia em que os níveis dos rios recuaram consideravelmente e a população da área urbana inundada pode regressar às moradias e iniciar o processo de limpeza.

Nas duas primeiras figuras, mostramos a frente fria estacionária no litoral do Rio de Janeiro e Espírito Santo, e MP com centro sobre o litoral sul do Brasil, promovendo ventos do quadrante leste.

Na figura 34 ilustramos uma nova frente fria se aproximando e também o aumento de intensidade do vento leste no dia 25. Finalmente, o dia 27, com a passagem do sistema frontal e a formação de um sistema de baixa pressão no oceano, propiciou a entrada de uma MP com deslocamento sobre o continente, com o vento sul trazendo a melhora do tempo.

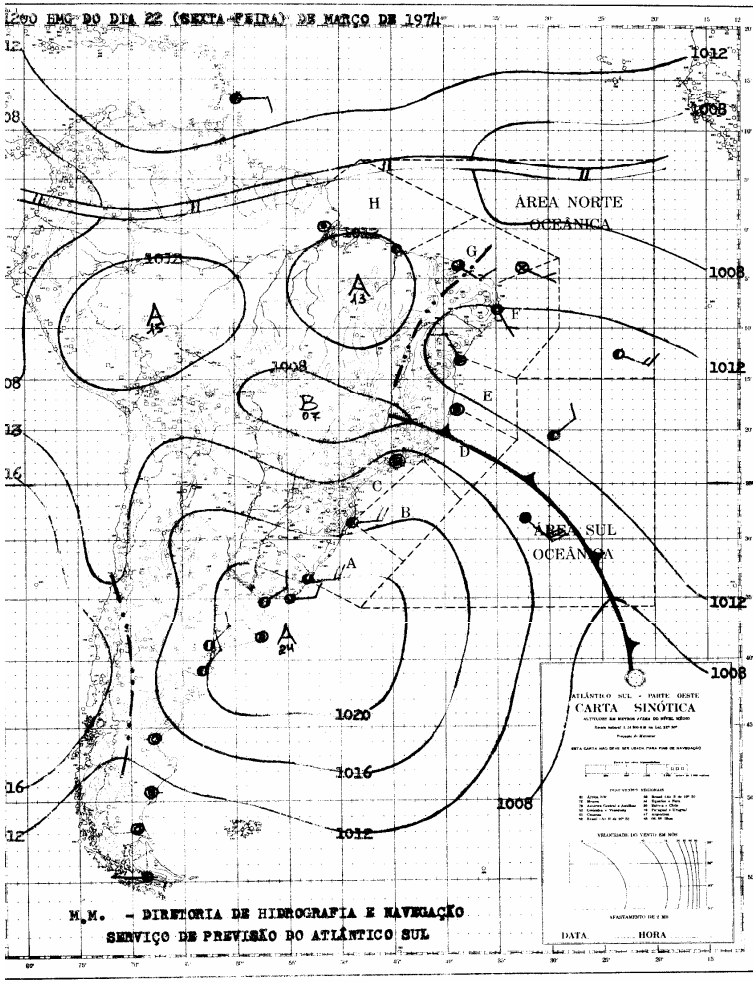


Figura 30 - Carta sinótica do dia 22 de março.
Fonte: DHM - Marinha do Brasil (2010).

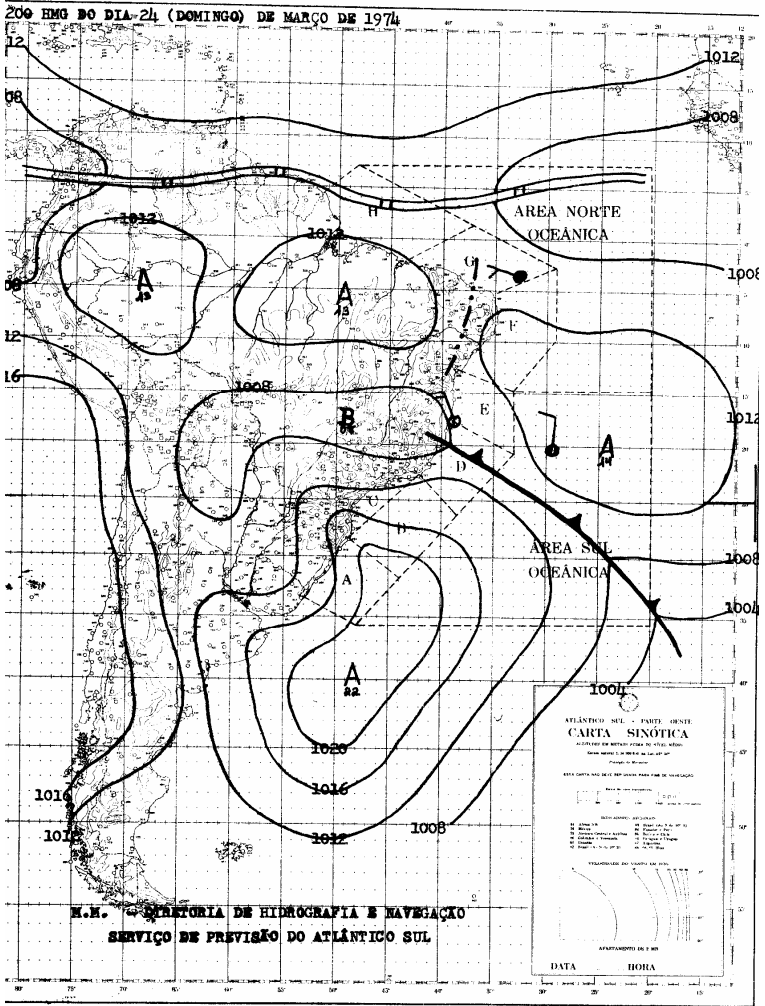


Figura 31 - Carta sinótica do dia 24 de março.
Fonte: DHM - Marinha do Brasil (2010).

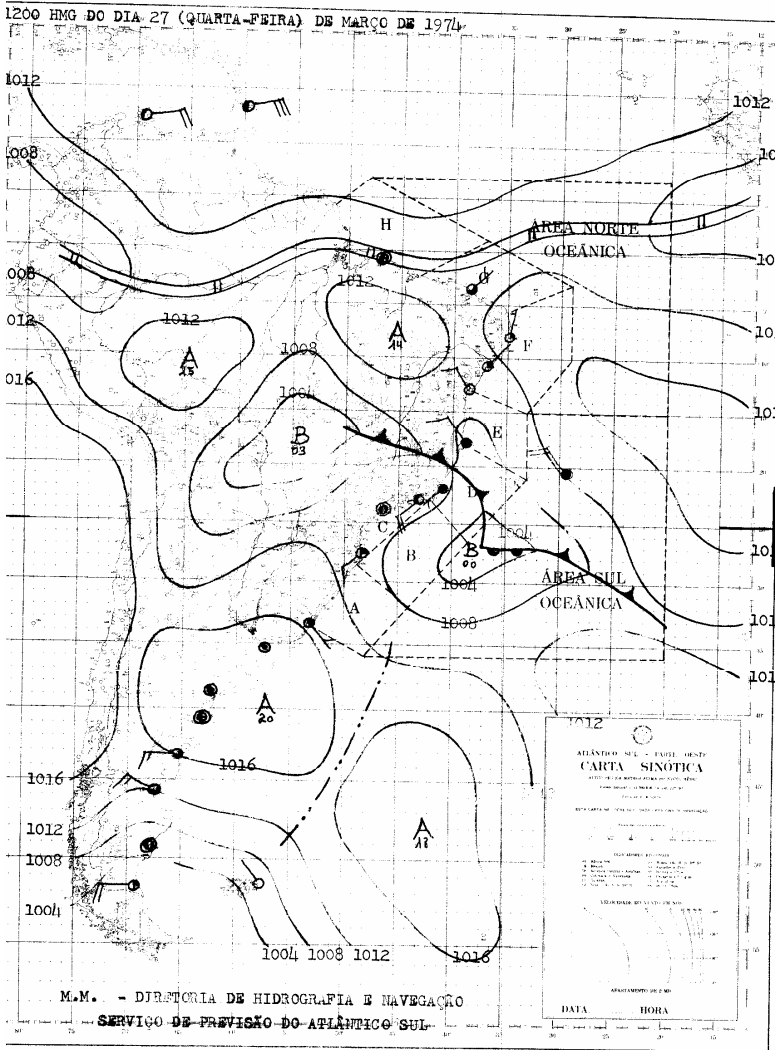


Figura 33 - Carta sinótica do dia 27 de março.
 Fonte: DHM - Marinha do Brasil (2010).

O estudo de McTaggart-Cowan (2006) aponta que, nos dias chuvosos de março de 1974, estávamos sob um bloqueio atmosférico (anomalia de alta pressão que está presente em todos os níveis e em latitudes mais elevadas do que o normal), deixando as massas de ar estagnadas sobre a região, conforme figura 34 (anomalia no geopotencial - 500 hPa).

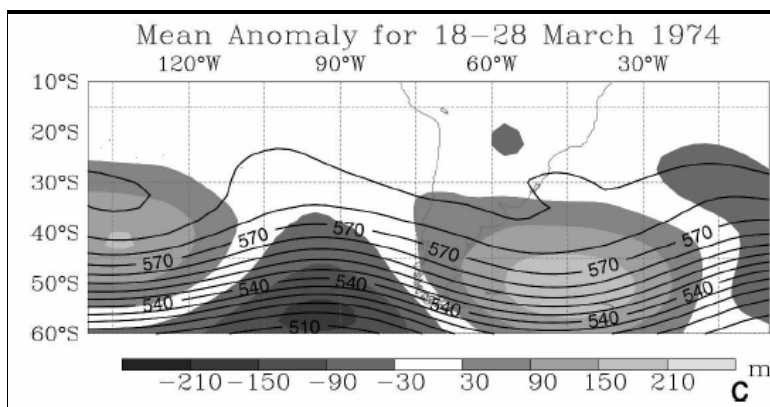


Figura 34 - Bloqueio atmosférico.
Fonte: McTaggart-Cowan (2006).

As condições atmosféricas reinantes no evento de 1974 foram relatadas por Bigarella (1975), que cita o bloqueio atmosférico e o posicionamento do anticiclone polar, responsável pela circulação de massa de ar fria e saturada que origina o vento de sudeste.

Como os dados de 1974 são restritos em função das poucas informações sobre a atmosfera, foram relacionados aqui os eventos ocorridos no vale do Rio Itajaí em novembro de 2008, que a princípio foram similares aos ocorridos no sul de SC em 1974.

A característica equiparável foi a predominância de vento do quadrante Leste, condição esta promovida por um sistema de alta pressão estacionário na costa catarinense (ocorrido em 1974), e, conjuntamente, a presença de um Vórtice Ciclônico em média altitude (sistema de baixa pressão), deixando o ar instável, carregando umidade para níveis mais altos e frios e promovendo o aumento da precipitação na região (figuras 35 e 36).

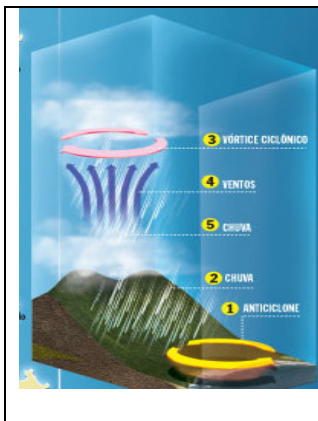


Figura 35 - Simulação.
Fonte: RBS Jornais (11/2008).

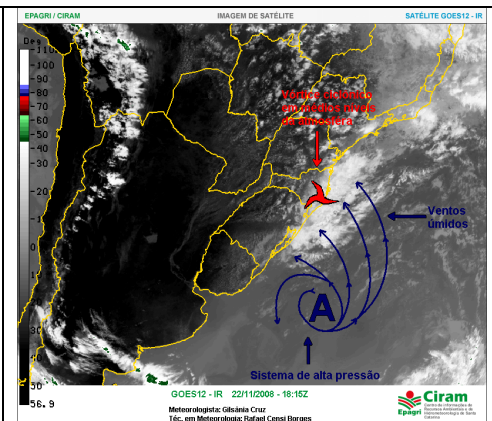


Figura 36 - Imagem satélite c/detalhes.
Fonte: CIRAM (11/2008).

As condições meteorológicas ocorridas nos dias próximos a 24 de março de 1974, ilustradas acima, promoveram a excepcional precipitação pluviométrica na região sul de Santa Catarina. Na figura 37, ilustramos a distribuição diária da chuva na região sul de SC e em um posto pluviométrico localizado na parte superior da Serra Geral.

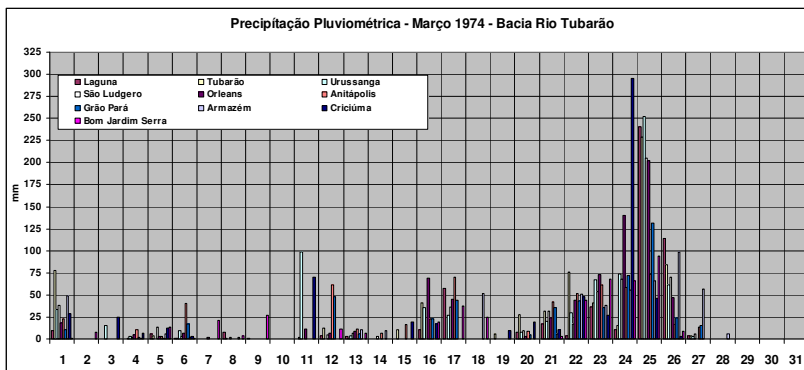


Figura 37 - Distribuição da chuva em março de 1974.
Fonte: ANA (2006). Adaptado pelo autor (2009).

Com este trabalho, pretendemos despertar o interesse da comunidade e autoridades para um gravíssimo problema potencial, historicamente desprezado, já que medidas preventivas efetivas não foram e não estão sendo tomadas. Persistem o desmatamento das

encostas, as construções em áreas inundáveis e de possíveis deslizamentos, a falta de dragagem dos leitos de rios, a não instalação de uma rede hidrometeorológica de monitoramento, entre outros, citados por Tenan (1974), Lago (2002), Müller (2005), como responsáveis pela catástrofe, juntamente com a excessiva precipitação.

3 DINÂMICA DAS MASSAS DE AR

3.1 CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO

Para uma condição de abrangência geográfica mais ampla, as observações sobre a Região Sul do Brasil são de relevante importância, conforme Nimer (1989, p. 212), que destaca ser a precipitação pluviométrica aqui bem distribuída (oscila entre 1.200 a 2.000 mm): “Das regiões geográficas do globo bem regadas por chuvas, o sul do Brasil é uma daquelas cuja distribuição espacial deste fenômeno no fim de um ano se faz de forma mais uniforme.” Assim se dá também a distribuição temporal. Nimer (1989) ainda descreve que essa uniformidade ocorre em função dos sistemas de circulação atmosférica, que interagem nesse ambiente de baixas latitudes da zona temperada.

A regularidade dos totais pluviométricos é medida pelos desvios médios anuais, que na Região Sul são os menores do país.

Analisando especificamente Santa Catarina, conforme Herrmann (2001, p. 17),

Apesar do Estado de Santa Catarina caracterizar-se pela pequena variabilidade pluviométrica, não deve ser interpretado como situação constante, mas sim como de maior frequência; em determinados anos a precipitação torna-se mais abundante, enquanto que em outros o decréscimo é notável...

De acordo com Monteiro (1997), o período com os mais baixos totais pluviométricos abrange os meses de maio, junho e julho, em função da regularidade com que passam os sistemas frontais, deixando para trás pressão atmosférica alta, baixo teor de umidade do ar e temperatura mais baixa.

A distribuição mensal média da precipitação na BHRTCL, representada pelas seis estações, com dados de 1940 a 2008, aponta junho como o mês de menor precipitação nas cinco localidades, excetuando-se Anitápolis, cujo mínimo ocorre em agosto. O mês com maiores totais de chuva é fevereiro nas seis localidades. Destacamos que a estação Anitápolis - Divisa está localizada a uma altitude maior, 320 metros, e próxima das encostas da Serra Geral; ou seja, com atuação do efeito orográfico, o que explica seus maiores totais mensais. Armazém, a 24 metros de altitude e situada na vertente oeste das serras costeiras,

apresenta o menor total trimestral no verão e primavera. Isso pode ser explicado por sua situação a sotavento dos sistemas atmosféricos convectivos de nordeste e noroeste.

A climatologia da precipitação pluviométrica na BHRTCL apresenta distribuição sazonal bem definida, tendo nos meses de verão a máxima intensidade, que decresce no outono e chega ao mínimo no inverno, voltando a crescer na primavera, na seqüência trimestral (figuras 38 e 39).

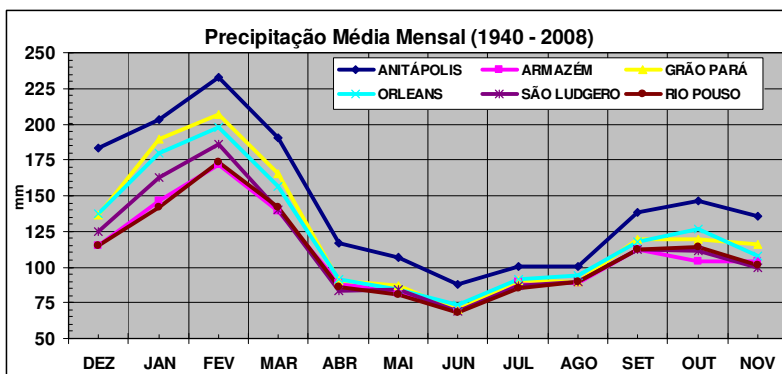


Figura 38 - Distribuição média mensal da precipitação de 1940 a 2008.

Fonte: ANA (2006). Adaptado por Rafael Marques (2009).

Numa série histórica mais recente e curta de vinte e um anos, o padrão trimestral de distribuição das precipitações se repete em outras dez localidades. Nessa série, destacam-se Santa Rosa de Lima, a mais chuvosa em fevereiro, acima de Anitápolis e Divisa. A menos chuvosa no mesmo mês foi Jaguaruna, abaixo de Armazém e São Martinho, as menos chuvosas também nos demais trimestres.

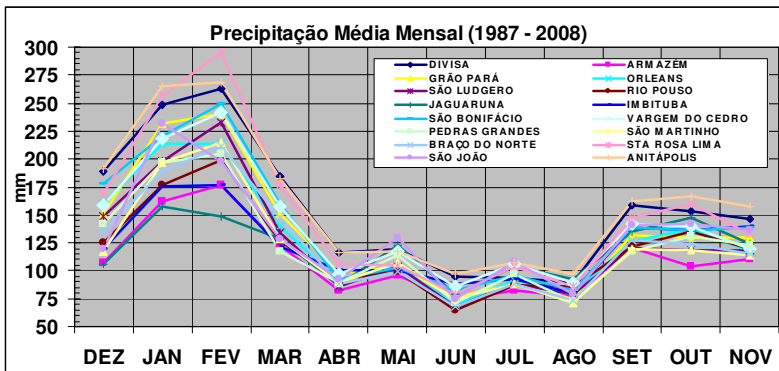


Figura 39 - Distribuição média mensal da precipitação de 1987 a 2008.

Fonte: ANA (2006). Adaptado por Rafael Marques (2009).

A denotada sazonalidade da chuva na BHRTCL é motivada pela dinâmica dos sistemas atmosféricos que atuam na região, cada qual com seus respectivos tipos de tempo. Na sequência, uma breve descrição dos sistemas atmosféricos atuantes na BHRTCL.

3.2 MASSAS DE AR ATUANTES

3.2.1 Massa Polar

A Massa de Ar Polar (MP), impulsionada pelo anticiclone polar migratório, influenciará o tempo meteorológico dependendo de sua trajetória. Quando esta é mais continental, desloca-se como uma massa de ar seca e fria (MONTEIRO, 2007) que mantém a temperatura baixa por vários dias, podendo causar geada até na planície costeira.

As MPs elevam a pressão atmosférica regional, diminuem a temperatura e a umidade relativa, geralmente deixando céu claro e o tempo bom. Quando localizada e estacionária sobre o oceano, pode promover acentuada circulação marítima, com chuva na região.

Nas figuras 40 e 41, ilustramos a atuação da MP, com trajetória continental na imagem de satélite e carta sinótica, respectivamente.

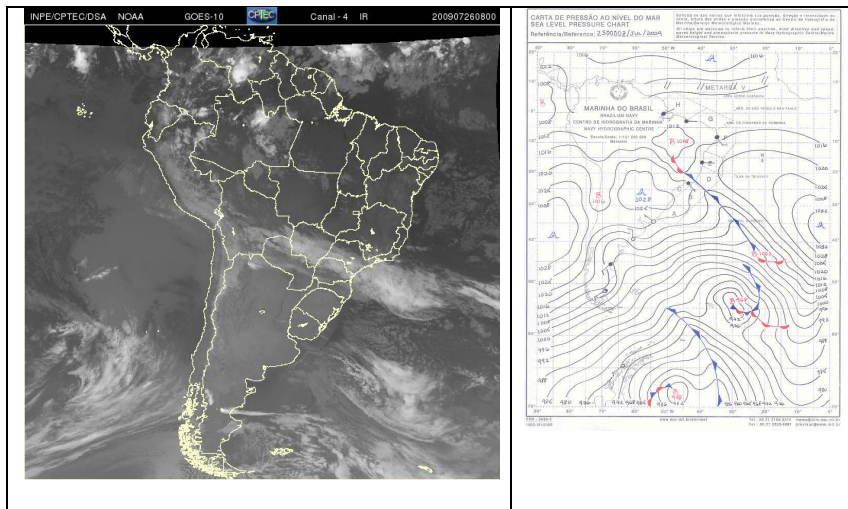


Figura 40 - Satélite MP.

Fonte: CPTEC/INPE (2007).

Figura 41 - Carta sinótica MP.

Fonte: Marinha do Brasil (2007).

3.2.2 Massa Tropical Atlântica (MTA)

A Massa Tropical Atlântica (MTA), comandada pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, tem atuação no clima da BHRTCL no decorrer de todo o ano. (MONTEIRO, 1968). Entretanto, na primavera e início de verão é mais influente, quando sua ação é notável pela atuação do vento nordeste.

A intensificação de sua ação é observada quando da aproximação de um sistema frontal (frente fria), pela atuação do “nordestão”, que atinge velocidades acima de 40 Km/h, notadamente entre os meses de setembro a dezembro. Essa massa de ar quente e úmido na base, ao confrontar-se com a MP, nas passagens das frentes frias, promove instabilidade e chuvas na região; porém, sob seu domínio, o tempo é estável. (MONTEIRO, 2007).

Através da imagem de satélite (figura 42), percebe-se a atuação da MTA pela ausência de nuvens densas, enquanto a carta sinótica ilustra a extensão de sua atuação e seu centro no Atlântico, ao largo da costa da Região Sudeste (figura 43).

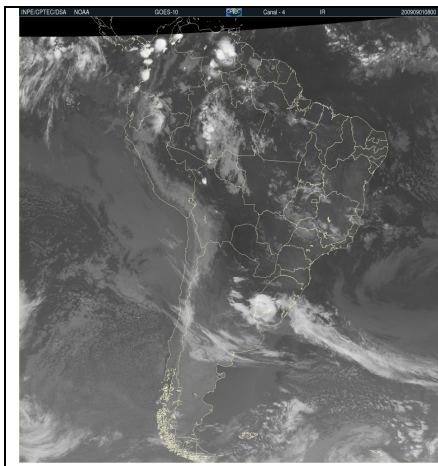


Figura 42 - Imagem satélite MTM.
Fonte: CPTEC/INPE (2007).

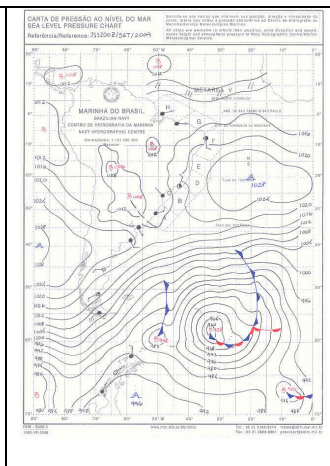


Figura 43 - Carta sinótica e MTM.
Fonte: Marinha do Brasil (2007).

3.2.3 Massa Tropical Continental (MTC)

A Massa Tropical Continental tem sua origem na região do Chaco e, dependendo da estação do ano, desloca-se entre Argentina, Paraguai e Bolívia. Trata-se de uma depressão térmica (sistema de baixa pressão), normalmente com ar seco e quente, atuando do fim da primavera até início do outono. (NIMER, 1989). No sul do Brasil, sua influência é destacada no verão. (MONTEIRO, 1968). Conhecida como Baixa do Chaco, mantém a região com temperatura alta e baixa umidade do ar, o que inibe a formação de nuvens e chuva. Nas figuras 44 e 45, ilustramos com imagem de satélite e carta sinótica a atuação da MTC.

Em função de ser uma zona de baixa pressão e atrair outras massas de ar com centros de ação mais intensos, no inverno é abarcada pelo ar polar e no verão pelo ar equatorial. (MENDONÇA, 2007).

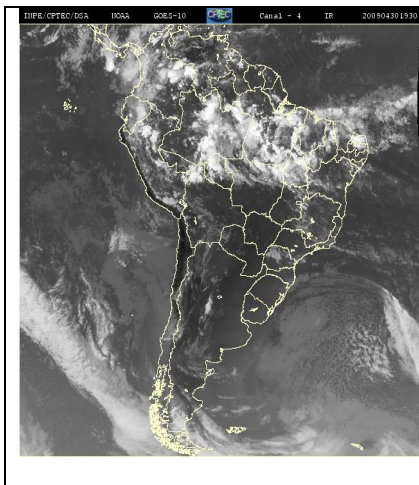


Figura 44 - Imagem satélite da MTC.
Fonte: CPTEC/INPE (2007).

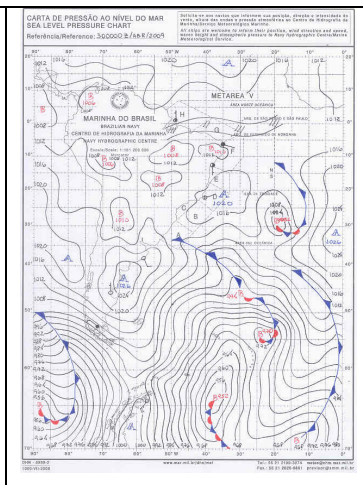


Figura 45 - Sinótica da MTV.
Fonte: Marinha do Brasil (2007).

3.2.4 Massa Equatorial Continental (MEC)

A Massa Equatorial Continental é formada na região centro-ocidental da Planície Amazônica, com grande carga de calor, propiciando elevada temperatura e alto teor de umidade durante o verão. Incuriona na direção sul (MENDONÇA, 2007), ofuscando a massa de ar tropical continental e atingindo a região sul de Santa Catarina, promovendo elevação de temperaturas e alimentando de umidade as instabilidades convectivas. Nas figuras 46 e 47, ilustramos a atuação da MEC, na imagem de satélite e carta sinótica. Observem-se, na imagem de satélite, as linhas de instabilidade de oeste, representadas pelos aglomerados de nuvens no interior do continente, especialmente no Brasil.

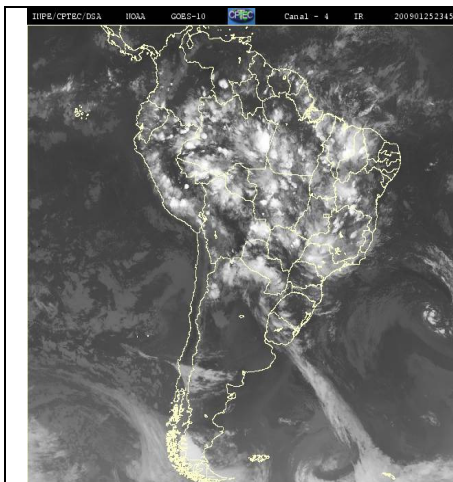


Figura 46 - Imagem da MEC.
Fonte: CPTEC/INPE (2007).

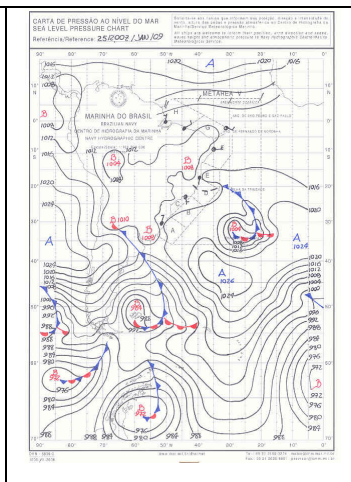


Figura 47 - Sinótica da MEC.
Fonte: Marinha do Brasil (2007).

A região sul de SC, onde está inserida a bacia hidrográfica do Rio Tubarão, recebe influência das quatro massas de ar, Polar, Tropical Continental e Atlântica e da Massa Equatorial Continental.

O domínio de uma massa de ar sobre outra evidencia a ocorrência de um tipo de tempo meteorológico sobre determinada região, como quando acontece uma oposição entre a MP e a MTA, ou seja, a formação de um sistema frontal, que torna a atmosfera instável.

A instabilidade atmosférica na região sul do país e no estado é causada pelos sistemas frontais, os vórtices ciclônicos em níveis médios e altos, circulação marítima, correntes de jato, baixa pressão, ciclones e complexo convectivo de mesoescala e convecção tropical. (MONTEIRO, 2001).

3.3 SISTEMAS INSTÁVEIS

3.3.1 Frente Fria

O encontro de massas de ar com densidades diferentes (MONTEIRO, 2007) promove a formação de uma zona de descontinuidade térmica, denominada Frente Fria. (MENDONÇA,

2007). O ar quente é forçado a subir e deslizar pela cunha de ar polar. A atividade frontal é proporcional à diferença de densidade entre as massas de ar.

Antecedendo as frentes frias, o vento nordeste predomina e a temperatura se eleva, pela ação da massa tropical marítima. Após sua passagem, o vento muda para o quadrante sul (SE-SO) e a temperatura declina. A frente fria é o sistema instável mais regular na região e ocorre com uma frequência de até duas por semana (RODRIGUES, 2003), sendo o principal promotor da precipitação na BHRTCL, como constatado por Monteiro (2007) para a Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, mais ao sul.

3.3.2 Ciclone Extratropical

Sistema de baixa pressão acentuada, com convergência de vento, que se move em sentido horário, estando geralmente associado à frente fria. Forma-se normalmente sobre a Argentina, Uruguai ou sul do RS, com deslocamento preferencial para SE sobre o Atlântico. Seu deslocamento sobre o oceano promove a injeção de vento úmido e intenso, que pode promover intensa precipitação, assim como também propicia a neve na região serrana. (MONTEIRO, 2007). Sua atuação promove a elevação do nível do mar, a maré meteorológica (MONTEIRO, 2007), que causa alagamentos litorâneos e erosão, assim como também dificulta o escoamento das águas dos rios e lagoas, deixando a região suscetível a enchentes e inundações mais prolongadas.

3.3.3 Corrente de Jato

Zonas de ventos fortes quase retilíneos ou em forma de onda, cujos meandros podem se desprender em vórtices altamente energéticos. Os vórtices das Correntes de Jato são facilmente distinguíveis de ciclones tropicais, pois o vento máximo em um jato é próximo à tropopausa. (IAG, 2004).

Conforme Monteiro (2007, p. 84), “A corrente de jato ocorre em função da descompressão adiabática das massas de ar que formam a frente. Isto causa o resfriamento desigual das massas, o que em altitude se reflete no gradiente de pressão.”

A corrente de jato ocorre de dez a doze quilômetros de altitude, deslocando-se de Oeste para Leste, com velocidades de 90Km/h a 300 Km/h.

Existem duas correntes de jato: a Polar (JP) e a Subtropical (JST), que influenciam o clima regional (figura 48). As correntes de jato podem promover chuva e tempestades. O JST pode também acarretar bloqueio das frentes frias, deixando-as estacionárias. (MONTEIRO, 2007).

Além das correntes em altitude, jatos são observados na baixa atmosfera ao longo de cadeias montanhosas, sendo conhecidos como Jatos de Baixos Níveis (JBN). A região Sul é abastecida de umidade da Amazônia pelos JBN que margeiam a cordilheira dos Andes, promovendo condições de precipitação. (MARENGO; AMBRIZZI; SOARES, 2009). A circulação atmosférica promotora dos JBN inicia-se com os ventos alísios do oceano Atlântico Tropical Norte, que, ao passarem sobre a Amazônia mais úmida, são desviados de direção pela barreira andina e deslocam-se para sul e sudeste. Na figura 49, ilustramos a trajetória dos JBN.

Os JBN transportam um volume de vapor de d'água que pode chegar a 200.000m³/s, maior que todos os rios da região centro-oeste e da mesma grandeza do rio Amazonas. (SALATI et al., 1979).

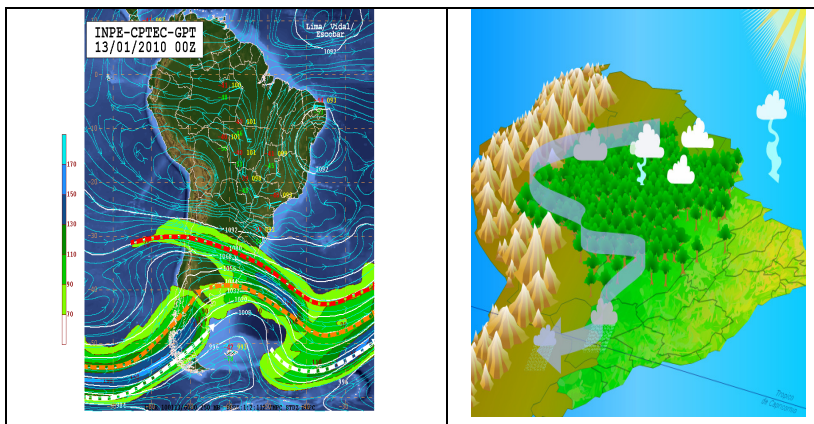


Figura 48 - Ilustração JP e JST.
Fonte: CPTEC/INPE (2007).

Figura 49 - Ilustração JBN.
Fonte: Projeto Rios Voadores (2007).

3.3.4 Outros Sistemas

Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são centros de baixa pressão que se originam na alta troposfera, ocorrendo normalmente no inverno, conforme Lourenço et al. (1996 apud MONTEIRO, 2007). Entretanto, no verão, a ocorrência promove temporais intensos com chuva forte, vento e granizo. (MONTEIRO, 2007).

Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são aglomerados de nuvens convectivas de formato circular, com excentricidade maior que 0,7, cobertura de nuvens com temperatura menores que -52°C e área de 100.000 km². Atuam em setembro e outubro, formando-se sobre o Paraguai e norte da Argentina, e deslocando-se para Leste quando atingem o sul de SC. (MONTEIRO, 2007; DIAS; MACHADO; ROZANTE, 2009 apud FERREIRA et al., 2009).

A Circulação Marítima é provocada pela MP com centro em deslocamento sobre o Atlântico Sul. Sua circulação anti-horária fornece umidade à costa que, ao encontrar as encostas, promove o incremento de chuva. Destacamos que, quando o sistema fica estacionário, os níveis de chuva podem ser elevados, acarretando enchentes/inundações e deslizamentos. Esse tipo de tempo é conhecido popularmente como “Lestada”, e, dependendo da posição do centro de alta (longitude), a intensidade da chuva varia do litoral para o interior do continente. (MONTEIRO, 2007).

A atuação e interação das massas de ar e demais sistemas que influenciam as condições atmosféricas locais variam de acordo com a estação do ano, conforme segue.

3.4 CONDIÇÕES SAZONAIS PREDOMINANTES

3.4.1 Verão

No verão, quando a massa polar desloca-se preferencialmente sobre o oceano, a queda de temperatura em superfície não é tão acentuada quanto na trajetória continental. No deslocamento marítimo, a umidade da massa é maior, condição que favorece a formação de nuvens e precipitação e vento de sudeste e/ou leste. (MONTEIRO, 2007).

O sistema frontal, mesmo com passagens predominantes sobre o Oceano Atlântico, mantém sua influência na precipitação no sul de SC, pois induz às linhas de instabilidade convectiva que se formam no continente, antecedendo sua chegada (MONTEIRO, 2007), promovendo chuva, granizo, vendaval e tornado. (MARQUES, 2008). As frentes ativas no mar organizam a convecção no continente, propiciando chuva. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2006).

Os sistemas de baixa pressão e a atividade convectiva intensa, típicos de verão, são os maiores responsáveis pelos totais de precipitação que ocorrem nessa época na região sul. (MONTEIRO, 2007).

A influência da MTC mantém a região com alta temperatura e baixa umidade do ar, o que inibe a formação de nuvens e chuva. Entretanto, sob a ação da MEC, a região recebe um aporte de umidade proveniente da Amazônia que alimenta as instabilidades convectivas. (MONTEIRO, 2007). Os JBN também incrementam o transporte de umidade.

3.4.2 Outono

O deslocamento mais continental da MP, em função da menor insolação, diminui gradativamente a ocorrência de chuva, pois a massa fica mais tempo com sua característica seca e fria, ou seja, estável. Em seu deslocamento para o oceano, a MP perde potência, sendo incorporada pela MTA. Nesta condição, pode promover Bloqueios Atmosféricos que impedem o avanço de novas frentes e, conseqüentemente, de outra MP. (MONTEIRO, 2007). A interrupção dos bloqueios ocorre com a entrada de uma Frente Polar (FP) intensa com trajetória continental. Esta condição facilita a predominância da MTC e MTA, que são responsáveis pela ocorrência dos “veranicos”, preferencialmente em maio. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2006).

A diminuição gradual do período com insolação naturalmente ameniza a atividade convectiva geradora de instabilidade e a influência da umidade fornecida pela MEC, explicando a diminuição dos totais de precipitação nessa estação.

Os ciclones extratropicais com deslocamento para leste/sudoeste sobre o oceano promovem a injeção de vento úmido e intenso, o que pode promover forte precipitação. (MONTEIRO, 2007).

3.4.3 Inverno

A trajetória continental da MP, mantendo suas características de baixa umidade e frio, predomina na estação. Com a rápida passagem da frente fria, a precipitação é reduzida, sendo o inverno a estação com menor total pluviométrico. As massas continentais quentes são inibidas pela maior capacidade de deslocamento da MP pela trajetória continental.

A intensificação da chuva no período depende da ação das Correntes de Jato em médios e altos níveis e também dos ciclones extratropicais, que alimentam com umidade e vento a atmosfera da região. (MONTEIRO, 2007). Esta é a condição que promove neve na região serrana e também na BHRTCL, quando acompanhada de uma intensa MP. O último registro na BHRTCL foi no inverno de 1990, com neve acumulada nas localidades com altitudes acima de 300 metros e mais próximas das encostas da serra, tal como o Baixo Pinheiral (em Braço do Norte, divisa com Anitápolis).

3.4.4 Primavera

Esta é a estação de transição, quando o aumento do número de horas com sol acarreta o gradual aquecimento do solo e o deslocamento das MP e das frentes do continente para o oceano, promovendo o aumento da chuva.

A MTA tem sua ação bastante reforçada, fato marcado pela atuação do predominante vento nordeste, que se intensifica gradativamente até dezembro, com a diminuição da pressão atmosférica no continente. Outra característica é a ocorrência de vento sul intenso após a frente fria. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2006). A intensificação gradual da chuva na primavera é interrompida geralmente na segunda quinzena de novembro pela atuação da MTC, que tem pouca umidade. (MONTEIRO, 2007). Esta situação é encontrada em todas as estações pluviométricas da região, exceto em Armazém.

Após as descrições das características sazonais, uma representação gráfica de cada estação procura resumir a atuação dos principais sistemas atmosféricos.

As MPs indicadas por setas brancas têm seu posicionamento mais sobre o oceano ou sobre o continente conforme a estação. A seta de cor

laranja indica a MTC. A seta grená indica a MEC e a seta branca indica a MTA. O círculo amarelo com prolongamentos pontiagudos representa a posição do sol (irradiação) que, dependendo da estação, ocupa posição mais setentrional. A seta branca estriada em formato de raio representa os sistemas convectivos intensos, e a nuvem cinza demonstra os CCMs.

A figura 50 representa as condições predominantes no verão; a figura 51 demonstra o outono; a figura 52 ilustra o inverno e a figura 53 alude às condições da primavera.

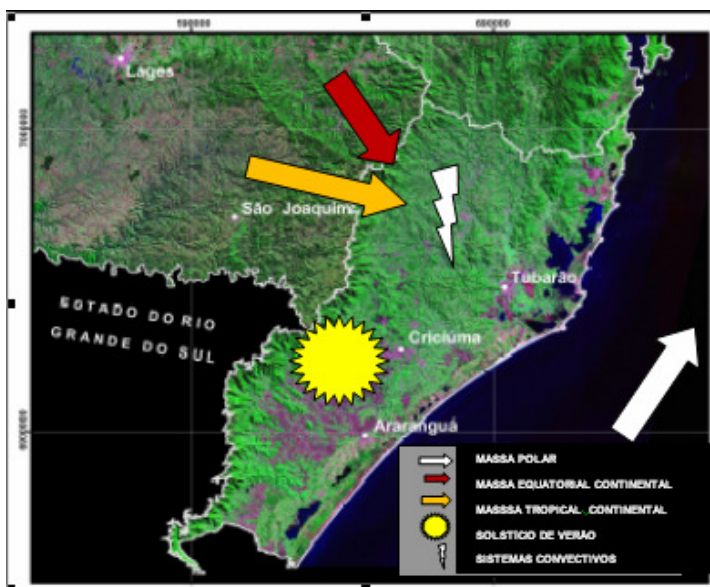


Figura 50 - Massas de ar e sistema atmosférico no verão.

Fonte: Rafael Marques (2009).

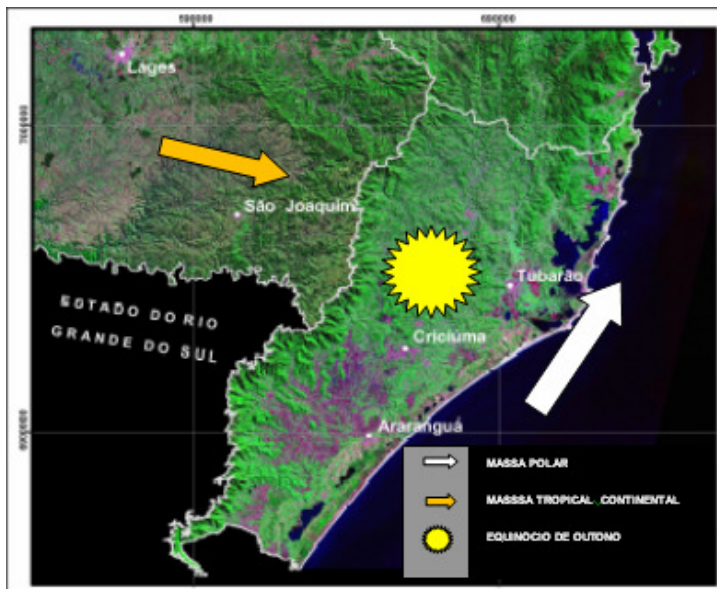


Figura 51 - Massas de ar no outono.
 Fonte: Rafael Marques (2009).

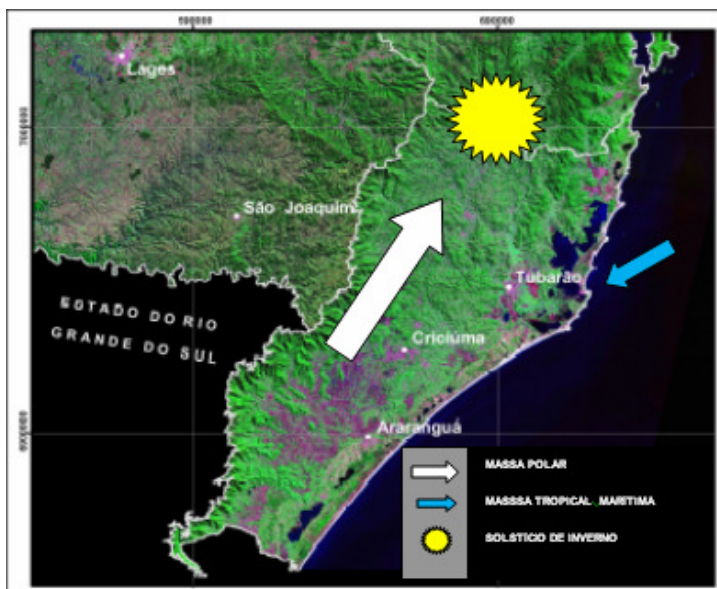


Figura 52 - Massas de ar no inverno.
 Fonte: Rafael Marques (2009).



Figura 53 - Massas de ar e sistemas atmosféricos na primavera.

Fonte: Rafael Marques (2009).

4 METODOLOGIA

Os registros de dados de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica tiveram início em meados de 1939, em alguns postos, e em 1945, em outros. Contudo, neste estudo as séries históricas de precipitação serão consideradas a partir de 1946, para que as correlações possam ser efetuadas. Os dados foram contabilizados até dezembro de 2006, excetuando-se os do ano de 2005, que não estavam disponíveis.

A distribuição sazonal da precipitação foi efetuada através do agrupamento trimestral dos meses, considerando janeiro, fevereiro e março como verão; abril, maio e junho, outono; julho, agosto e setembro, inverno; outubro, novembro e dezembro, primavera.

4.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

As séries mensais de precipitação foram utilizadas na avaliação da variabilidade trimestral e anual, e a série de dados diários, na avaliação de dias com chuva e com chuva intensa.

As séries históricas utilizadas para caracterização individual de cada uma das estações pluviométricas foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), na internet, através do aplicativo HidroWeb.

Os dados estão disponíveis de forma bruta, sem nenhum tratamento, de modo que foi necessária uma elaborada análise, onde primeiramente realizamos o preenchimento de falhas para completar dados faltantes e posterior consistência dos dados.

O preenchimento de falhas nas séries incompletas foi executado pelo Método da Ponderação Regional (BERTONE; TUCCI, 2002), que utiliza dados de estações vizinhas.

No estudo em curso, utilizamos, para dado faltante, dados de outras três estações, aplicando a fórmula:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{M_A} P_A + \frac{N_x}{M_B} P_B + \frac{N_x}{M_C} P_C \right)$$

onde:

P_x é o valor de chuva que desejamos determinar;

N_x é a precipitação média anual do posto x ;

MA, MB e MC são, respectivamente, as precipitações médias anuais dos postos vizinhos A, B e C;

PA, PB e PC são, respectivamente, as precipitações observadas no instante em que o posto x falhou.

Realizamos a consistência dos dados, inicialmente, através de uma seleção e, após análise, eliminamos as séries com as seguintes características:

- a) menores que dez anos consecutivos;
- b) pelo menos um mês (30 dias) sem dados.

O próximo passo foi a observação dos valores de cada estação em relação às demais estações, para facilitar a observação dos desvios. Traçamos um gráfico da precipitação mensal de todas as estações, que permitiu a fácil identificação de dados discrepantes. Quando desta constatação, recorremos à análise dos níveis dos rios para confirmação da ocorrência de chuva localizada. E, em algumas ocasiões, desvios sentidos não eram erros de leitura e sim eventos localizados de chuva que puderam ser constatados pela medição dos níveis dos rios.

Entretanto, quando constatado um erro de registro, realizamos a correção da leitura, utilizando o método da ponderação regional para ajuste do dado contaminado. Esta correção pôde ser feita com bastante consistência, já que dispúnhamos dos dados diários de precipitação, que serviram de apoio minucioso às conferências.

A base do banco de dados foi instalada no aplicativo Excel, da Microsoft, com seus vários mecanismos que permitem a elaboração de tabelas e gráficos, oportunizando a visualização e comparação dos dados das várias localidades.

No passo seguinte, elaboramos os gráficos com as distribuições sazonais e anuais da precipitação para cada uma das seis estações pluviométricas estudadas, onde a tendência da chuva ou do número de dias com chuva puderam ser visualizados.

A tendência da precipitação em uma série histórica é expressa utilizando-se a técnica da Regressão Linear Simples (RLS), que é demonstrada por uma reta, sua inclinação e equação. Os gráficos confeccionados no aplicativo Excel apresentam no eixo vertical a quantidade da precipitação; no eixo horizontal, estão distribuídos os anos que representam o período de tempo estudado. Indicamos a tendência da chuva por meio de uma linha reta pontilhada no gráfico e sua respectiva equação.

O resultado da equação indica a inclinação da reta, sendo que um valor positivo demonstra tendência positiva, ou seja, os valores estão em

ordem crescente. O resultado da equação igual à zero indica que não há tendência. Valor negativo ilustra que a tendência é negativa, com os valores em ordem decrescente.

A metodologia que aplicamos para estudar a quantificação da precipitação também foi utilizada para determinação do número de dias com chuva, demonstrando a distribuição sazonal e anual e permitindo-nos chegar à indicação das tendências. Esta técnica é amplamente utilizada para determinação da tendência de variáveis climatológicas, pois permite uma fácil interpretação, desde que haja uma série de dados com no mínimo trinta anos.

Para caracterização de alterações climáticas, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), conjuntamente com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), criou um Programa de Pesquisa do Clima Mundial (WCRP), que instituiu vários índices para serem utilizados em todo o mundo e comparados entre si. Para a precipitação, o mais citado é a tendência da chuva, que usamos neste estudo, assim como a indicação de dias com chuva intensa (R50mm). Esses índices foram elaborados por especialistas de vários países, no projeto internacional “Climate Variability e Predictability” (CLIVAR), que instituiu os vinte e sete índices “ETCCDMI” para determinar a tendência da temperatura e da precipitação. (PETERSON et al., 2001).

Entre os estudos de tendência realizados usando a regressão linear, citamos: Clarke e Da Silva (2005), João Lima Sant’Anna Neto (1999), Berlato et al. (2007), Priscila Coltri et al. (2007), Adriana Rosa Bieras (2005), Carlos Antonio Costa dos Santos (2006), Alice Grimm (2006), Paulo César Rocha (2009), Vieira de Azevedo et al. (2007), Carlos A. C. dos Santos et al. (2009), Ercília Torres Steinke (2004), Bieras et al. (2006), Francisco Mendonça (2006) e Álvaro José Back (2001, 2009).

Na apresentação dos resultados, procuramos oferecer uma compreensão da quantidade e da tendência da precipitação trimestral, e a distribuição anual das seis estações pluviométricas, conforme descrito a seguir.

Para melhor visualização das alterações ocorridas, um gráfico resume a evolução quantitativa da precipitação em cada trimestre, e outro transforma este número absoluto em percentual, indicando em quanto por cento foi alterada a precipitação.

Representamos o número de dias com precipitação intensa (≥ 50 mm) num gráfico com a distribuição trimestral alocada em períodos decenais. Deixando ainda mais refinada a designação de precipitação intensa, representamos em gráfico os dias com chuva maior ou igual a

100 mm (≥ 100 mm), distribuídos também trimestralmente por períodos de dez anos.

Ilustramos os dados anuais por meio dos gráficos de precipitação, número de dias com chuva, número de dias com chuva intensa (≥ 50 mm) e, por último, uma representação mais detalhada da distribuição média mensal da precipitação e do número de dias com chuva.

4.2 OSCILAÇÃO DECADEAL DO PACÍFICO

Obtivemos o índice do ODP através das anomalias de TSM no Oceano Pacífico, ao norte de 20°N , tomando o cuidado de remover os possíveis sinais de aquecimento global que eventualmente poderiam contaminar os dados, conforme Zang, Wallace e Battisti (1997) e Mantua et al. (1997).

Para analisar a relação da precipitação com ODP, transformamos os valores anuais de precipitação na BHRTCL em índices, o que nos permite a comparação de parâmetros diferentes em função de sua grandeza adimensional (não possuir unidade).

O mecanismo é calcular a média aritmética anual de toda a série em estudo, calcular o desvio padrão e, finalmente, efetuar a padronização, passos que realizamos no aplicativo Excel, da Microsoft. O resultado é mostrado na forma de gráfico, onde o valor zero exprime o valor médio da série, situação em que não há anomalia no parâmetro analisado.

Os valores expressos com sinal positivo (negativo) representam proporcionalmente as anomalias positivas (negativas).

A padronização (desvio padronizado) através de índices é técnica correntemente utilizada por vários autores, como Neri et al. (2000), Rojahn da Silva (2001), Neri e Ichiba (2005), Berlato et al. (2007), Marengo (2004) e Molion (2005, 2008).

4.3 EXPERIMENTO QUALITATIVO DA CHUVA

O estudo do pH da chuva realizamos utilizando a metodologia proposta pelo laboratório de controle da qualidade do ar, do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), da UFSC.

As amostras de água de chuva analisadas foram coletadas através de um Coletor Volumétrico de Chuva, projetado na UFSC. O coletor de água de chuva é composto de funil de polietileno, com 1 metro quadrado (1m^2), apoiado em quatro armações de aço galvanizado a 1,5m do solo, mostrado na figura 54.

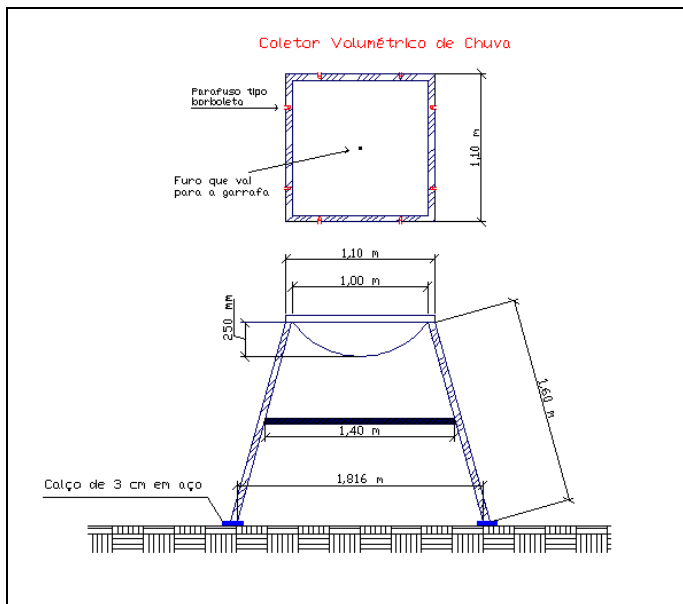


Figura 54 - Coletor de chuva.

Fonte: Martins (2008).

A coleta das amostras de água da chuva foi realizada nos primeiros vinte minutos em intervalos de cinco minutos. Após, a cada dez minutos, até atingir sessenta minutos (uma hora); e, a cada trinta minutos, até completar cento e vinte minutos (duas horas). Destacamos que o período de coleta dependeu da disponibilidade de precipitação, que algumas vezes foi de curta duração.

As amostras de água de chuva em cada intervalo foram coletadas em frascos de polietileno e analisadas imediatamente em um pHmetro Lutron 206, calibrado com soluções tampão de pH 7,00 e pH 4,00.

A limpeza do coletor volumétrico e dos frascos fizemos com água deionizada, em uma série de lavagens.

Os resultados das leituras feitas no pHmetro foram inseridos no aplicativo Excel, que possibilitou a confecção de gráficos e tabelas para facilitar a interpretação dos dados.

Para compreensão das condições atmosféricas relacionadas às chuvas amostradas, utilizamos as imagens de satélite fornecidas pelo CPTEC/INPE (11/2006 a 12/2007) e as cartas sinóticas elaboradas e disponibilizadas pela Marinha do Brasil (11/2006 a 12/2007). Gráficos da análise rítmica foram elaborados a partir do programa RitmoAnálise. (BORSATO et al., 2004). Neste programa, além de dados meteorológicos (direção dos ventos, precipitação, umidade, temperatura e pressão), fizemos a identificação dos sistemas atmosféricos que atuaram diariamente na região, tais como massa polar (MP), massa tropical continental, massa tropical marítima (MTM), massa equatorial continental (MEC), frente fria e quente (SF) e baixa pressão (BP). Essa identificação foi realizada com a ajuda das imagens de satélite, cartas sinóticas, sondagens aerológicas e dados diários da estação meteorológica da empresa Tractebel Energia, instalada na divisa dos municípios de Tubarão e Capivari de Baixo.

5 RESULTADOS

5.1 TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, neste trabalho, está representada por seis estações: Anitápolis (Divisa), Grão Pará (Rio Pequeno), Armazém, São Ludgero, Orleans e Tubarão (Rio do Pouso), distribuídas respectivamente de norte (N) para o sul (S), ilustrados na figura 55.

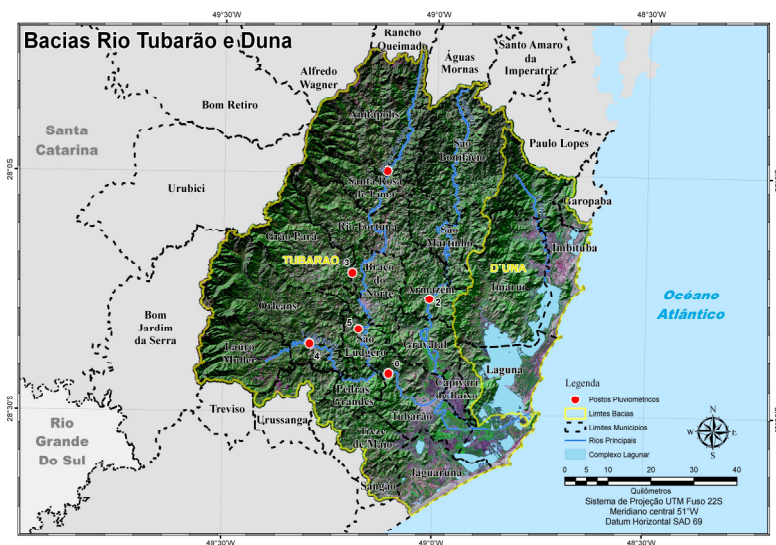


Figura 55 - Localização das estações.
Fonte: Gabriel Carmona (2010).

5.2 ANITÁPOLIS

O município de Anitápolis, localizado na região norte da BHRTCL, distante 108 Km de Florianópolis e 80 Km de Tubarão, situado sob um relevo acidentado com altitude desde 300 a mais de 1200 metros acima do nível do mar. Possui área de 542,4 Km² e

população de 3175 habitantes, tendo a agropecuária e os serviços os principais pilares de sua economia. A colonização iniciou com açorianos e depois com alemães, que tornaram-se dominantes.

5.2.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal

A precipitação pluviométrica em Anitápolis, no período de 1946 a 2006, mostrou no outono um incremento modesto de 5,9 mm, que representa um adicional de 0,1 mm por ano. No inverno houve um aumento de 30,1 mm, correspondente a 0,5 mm por ano. Na primavera observamos o considerável valor de 84,6 mm, equivalente 1,4 mm por ano. O destaque foi o verão, com expressivo valor de 148,4 mm, incrementando 2,5 mm por ano.

A distribuição da precipitação em cada uma das estações (trimestres) representamos nos gráficos 56, 57, 58 e 59.

A expressiva precipitação no verão de 1993 alcançou 1016 mm, com a máxima mensal de 410,9 mm, em fevereiro. A mínima foi registrada em 1968, com 287 mm, sendo 53,4 mm em fevereiro. A média histórica para o verão foi de 672,5 mm, ou seja, em 1993 choveu 62% mais e, em 1968, 77% menos.

O ano mais chuvoso do verão estava sob a ação da fase quente (positiva) da ODP e Neutra do ENSO; já o ano menos chuvoso, sob a fase fria (negativa) da ODP e também fria do ENSO, La Niña.

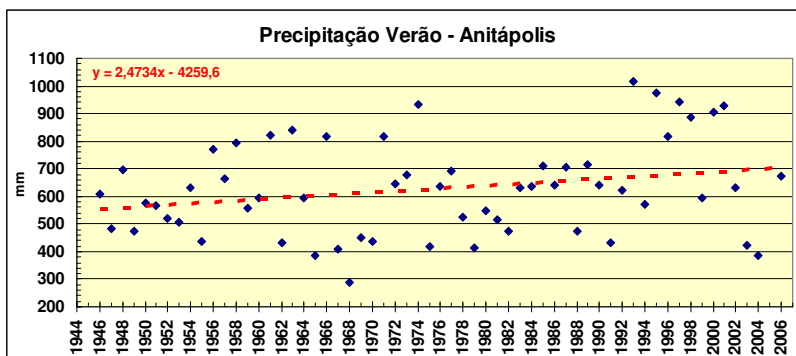


Figura 56 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Anitápolis.

Fonte: Rafael Marques (2009).

O outono mais chuvoso foi em 1994, com 574,3 mm, e maio destacou-se com 341,7 mm. A menor precipitação ocorreu em 1978, com 126,1 mm, e mínima em abril, com 14,3 mm. No ano de 1998, registrou-se 129,31 mm, muito próximo à menor da série histórica e no final da fase quente da ODP. Os extremos, mais e menos chuvoso, ocorreram na fase quente da ODP. O mais chuvoso no final da fase, sob condições de El Niño, e o menos chuvoso no início, em um ano Neutro com relação ao ENOS. Considerando-se a precipitação média para o outono, que é de 309,4 mm, em 1994 choveu 86% a mais e em 1978, 59% a menos.

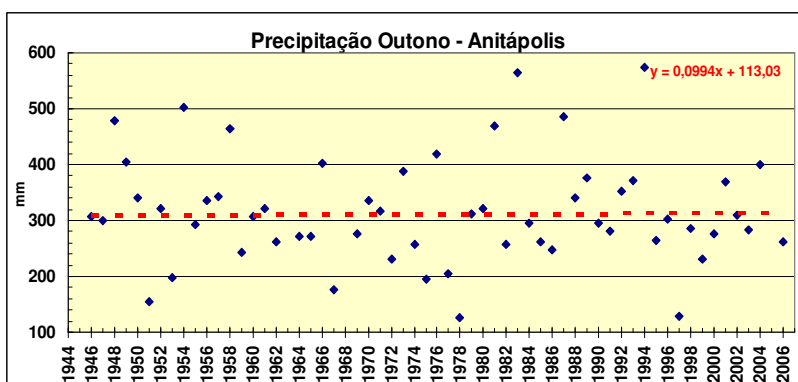


Figura 57 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Anitápolis. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O inverno de 1983, com 902,7 mm, foi o mais chuvoso, tendo julho contribuído com 540,8 mm. Em 1951, foi registrada a menor precipitação, 139,1 mm, sendo que em agosto não choveu. Os eventos extremos ocorreram nas fases quente e fria da ODP, respectivamente, ambos sob fase neutra do ENOS. Contudo, em 1983, nos trimestres anteriores ao extremo, as condições de grande escala foram de El Niño fortes. A precipitação média no inverno foi de 335,2 mm, de modo que em 1983 choveu 169% a mais e em 1951, 58% a menos.

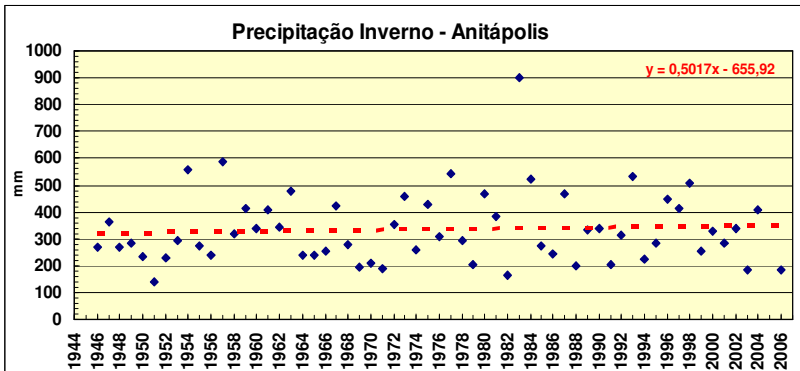


Figura 58 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Anitápolis. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Na primavera de 1995, choveu 903,7 mm, com destaque para dezembro, 650 mm; o maior registro mensal absoluto da localidade. O menor total foi registrado em 1971, 188,4 mm, sendo o mês de novembro o mais seco, com 13,9 mm. Ambos os extremos foram registrados em anos de La Niña, o mais chuvoso na fase quente da ODP e o menos chuvoso na fase fria. A média na primavera foi de 485,5 mm; assim, em 1995 choveu 97% acima, enquanto em 1971, 59% abaixo.

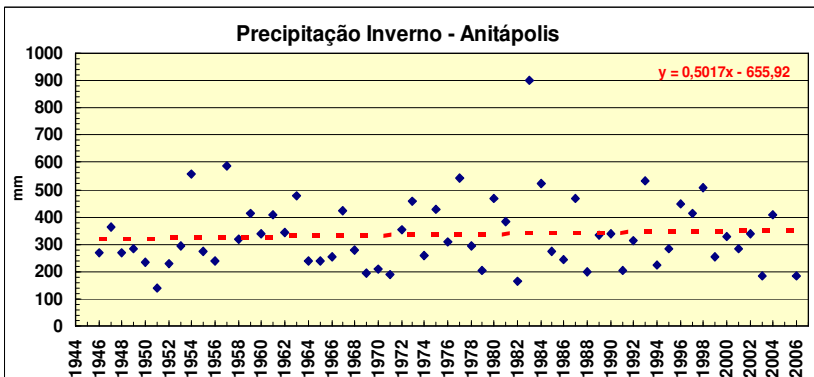


Figura 59 - Distribuição e tendência precipitação na primavera em Anitápolis. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O verão teve o expressivo incremento de 150 mm, que representou 26,8%, seguido da primavera, com 84 mm, 20,3%. O inverno, com 30 mm, correspondeu a um aumento de 9,4%, e o outono,

com 5,9 mm ou 1,9% de aumento na chuva por ano. Esses valores estão representados nas figuras 60 e 61.

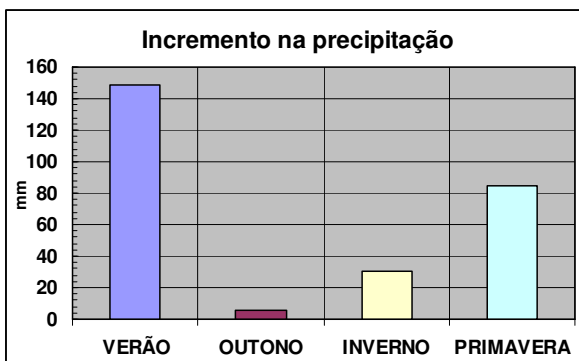


Figura 60 - Incremento da chuva em Anitápolis.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

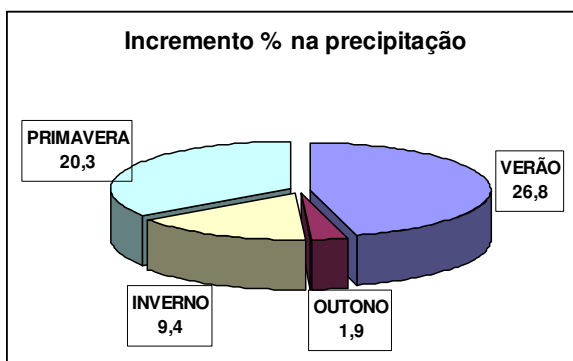


Figura 61 - Incremento percentual chuva Anitápolis.

Fonte: Rafael Marques (2009).

5.2.2 Dias com chuva - Evolução Trimestral Sazonal

A distribuição dos dias de chuva para cada trimestre demonstramos nos gráficos 62, 63, 64 e 65. No verão, os anos com maior número de dias com chuva foram 1996 e 2001, com 57 dias, seguidos dos anos de 1954 e 1956, com 56 dias. Três dos quatro anos com maior número de dias chuvosos ocorreram na fase fria de ODP e

todos em verões de La Niña. O trimestre com menor número de dias chuvosos ocorreu em 1968, com 19 dias; março contribuiu com apenas 4 dias de chuva. Este ano esteve dentro da fase fria de ODP e o trimestre se caracterizou por condições de La Niña. Ressaltamos que no último decênio a maioria dos anos registrou número acima da média, que é de 41 dias com chuva. Em 1999, iniciou-se uma nova fase fria de ODP e os verões de 1999, 2000 e 2001 estiveram sob condições de La Niña; os de 2002, 2004 e 2006, de neutralidade.

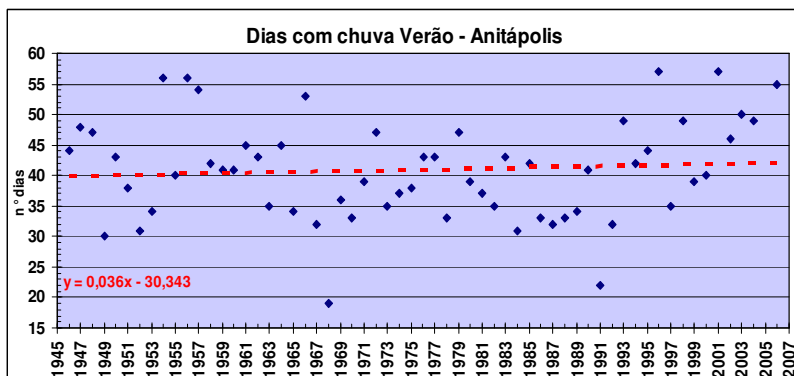


Figura 62 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no verão - Anitápolis.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No outono, o maior número de dias com chuva ocorreu em 1983 (El Niño), com 48 dias, sendo 19 dias registrados em junho. No ano de 1968 (La Niña), choveu apenas nove dias, enquanto a média da série é de 26 dias com chuva.

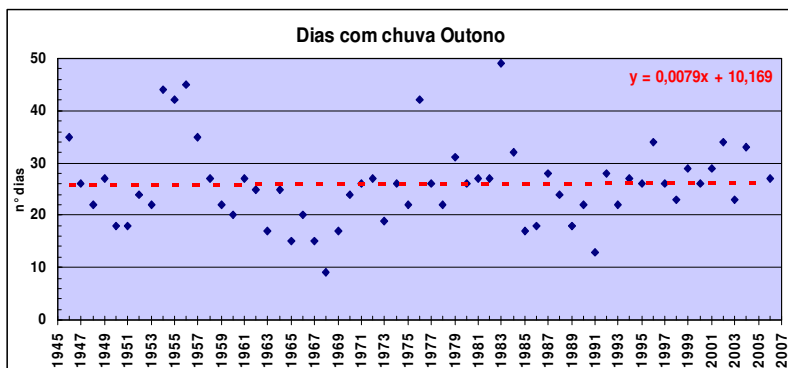


Figura 63 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no Outono - Anitápolis.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No trimestre representativo do inverno, no ano de 1998 (La Niña), apresentou 50 dias com chuva. O ano de 1988 (La Niña), com 18 dias, é o de menos dias com chuva. A média do trimestre é de 33 dias.

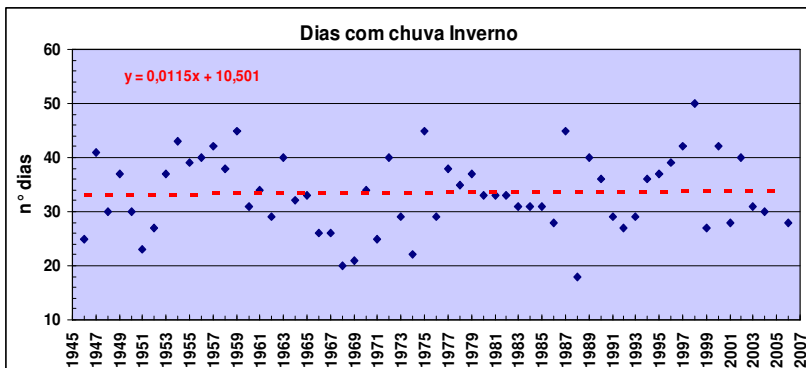


Figura 64 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no Inverno- Anitápolis. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera de 1955 (La Niña), com 78 dias de chuva, é o destaque com maior número de dias no período; já 1967 (La Niña) teve o menor número, 24 dias. A média para a estação é de 41 dias com chuva. Ambos os extremos ocorreram na fase fria da ODP.

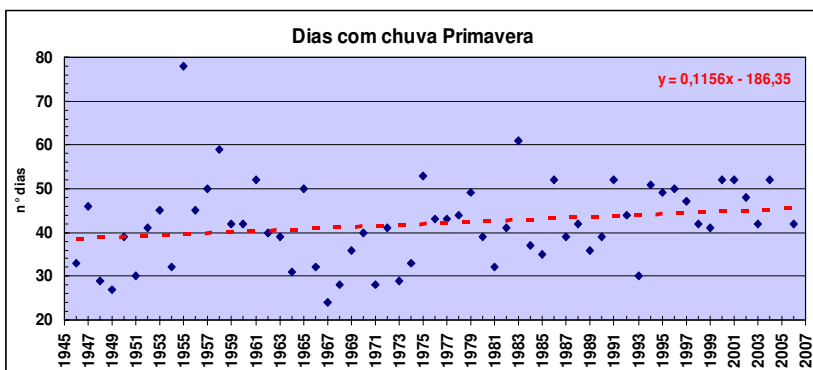


Figura 65 - Distribuição e tendência dias com chuva na Primavera - Anitápolis. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O número de dias com chuva em Anitápolis não se alterou para o outono, aumentando apenas um dia no inverno, três no verão e sete na primavera. Esses valores estão representados nos gráficos 66 e 67.

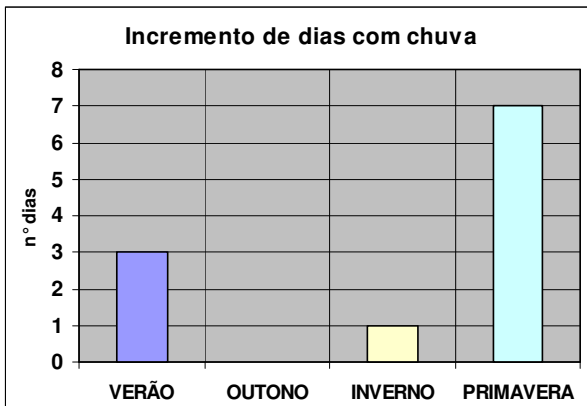


Figura 66 - Incremento dias chuvosos em Anitápolis.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

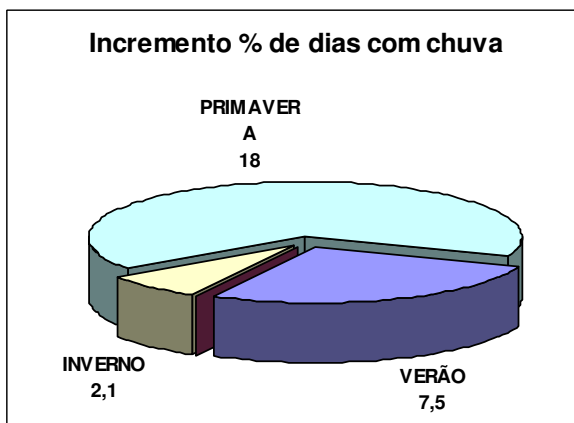


Figura 67 - Incremento percentual dias chuvosos.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.2.3 Dias com chuva intensa – Evolução Decenal

O incremento no número de dias com chuva maior que 50 mm para os períodos decenais apresentou evolução mais expressiva de 1976 a 1995, estabilizando-se no último decênio (1996-2006). Destaque para os outonos de 1976 a 1985, que passaram de 5 para 14 dias com precipitação maior que 50 mm. No último decênio, 1996 a 2006, o

número de dias de chuva intensa diminuiu, registrando a mesma frequência do decênio 1946 a 1955, o primeiro da fase fria da ODP anterior. Situação semelhante observamos também para o inverno. A figura 68 ilustra a distribuição decenal.

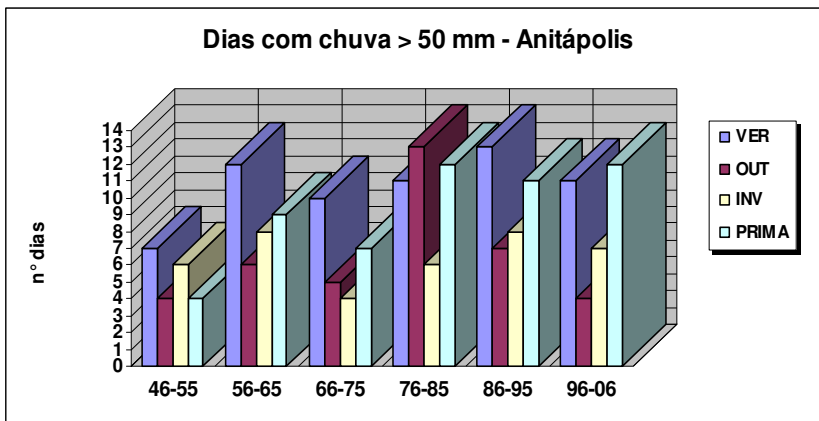


Figura 68 - Distribuição decenal da chuva intensa.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Já em relação aos dias com precipitação maior que 100 mm por dia, o forte incremento ocorreu no decênio de 1986 a 1995. No último decênio, todas as estações registraram apenas um dia de chuva com mais de 100 mm. A figura 69 mostra a distribuição dos dias com chuva maior que 100 mm.

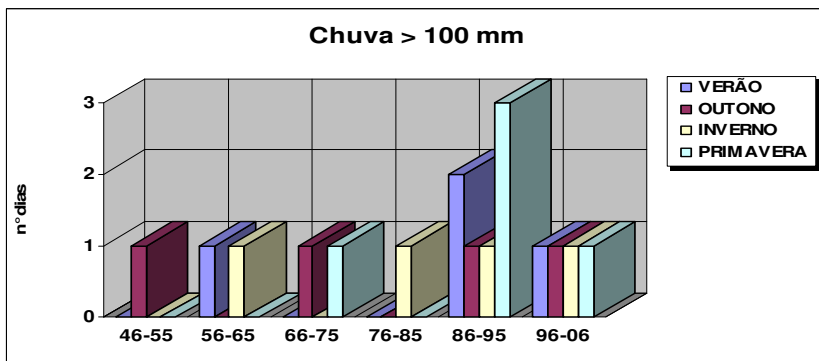


Figura 69 - Distribuição decenal de dias com chuva maior 100 mm.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.2.4 Distribuição Anual - Precipitação, dias com chuva e dias com chuva intensa

Os dados anuais mostram um incremento de 269 mm, ou 4,5 mm/ano na precipitação e 11 dias de chuva. Com em relação aos eventos de chuva intensa, o aumento foi de três dias. Os dados estão ilustrados nos gráficos 70, 71, 72, 73 e 74.

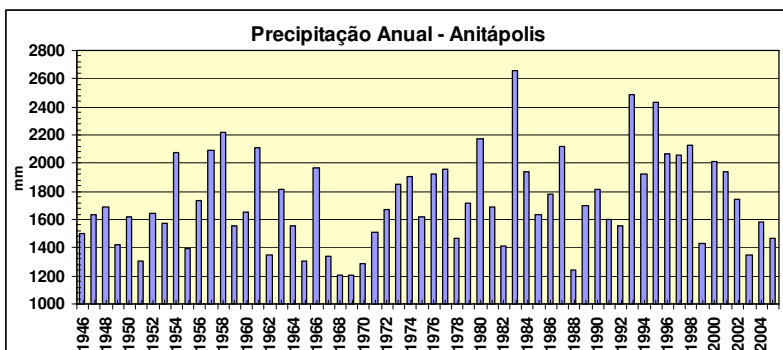


Figura 70 - Precipitação anual em Anitápolis.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

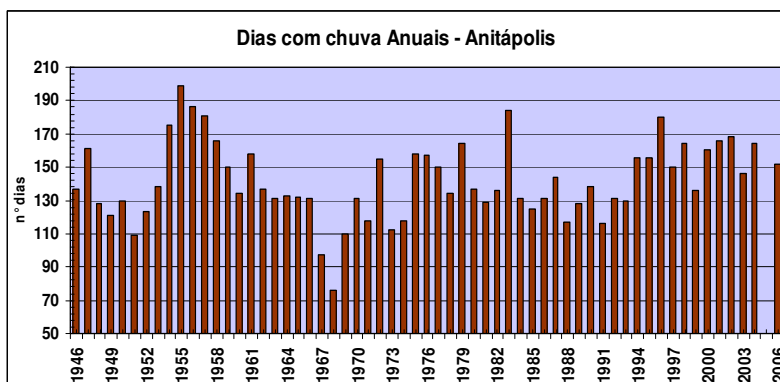


Figura 71 - Dias com chuva no ano em Anitápolis.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O ano de 1983 (El Niño-Neutro), com 2654,7 mm e 183 dias, foi o ano com maior precipitação e com maior número de dias chuvosos. A média da série foi 1729,7 mm e 142 dias. O ano com maior número de

dias com chuva acima de 50 mm foi 1987 (El Niño), com 10 dias. Destacamos que esses anos estavam na fase quente da ODP.

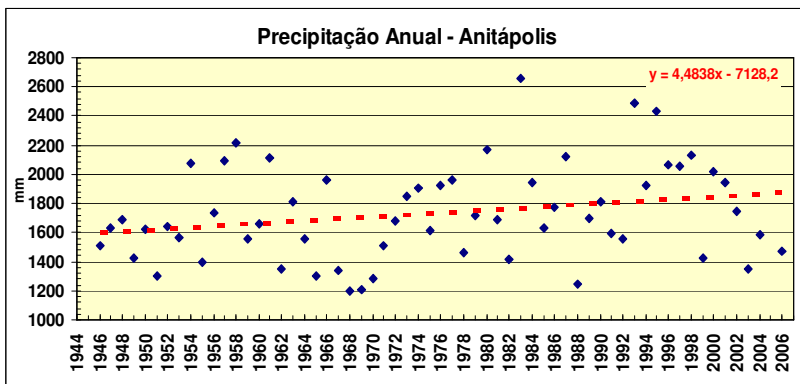


Figura 72 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Anitápolis.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Observamos que a tendência de distribuição do total de precipitação e número de dias de chuva é crescente desde a década de 1970, quando teve início fase quente da ODP, assim como uma tendência de redução a partir do ano 2000, embora a reta ainda não demonstre inflexão.

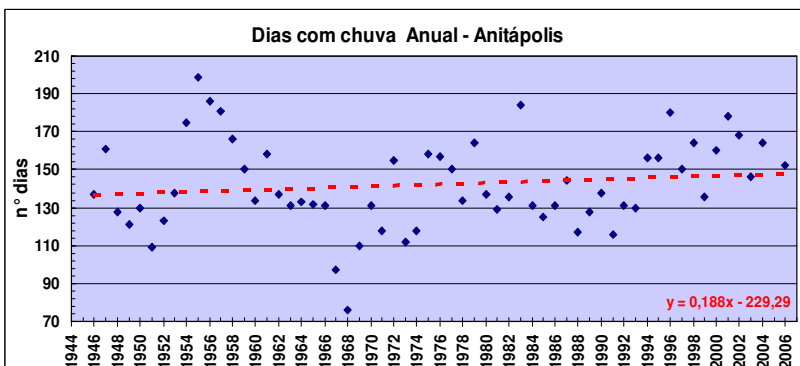


Figura 73 - Distribuição e tendência dos dias com chuva anuais em Anitápolis.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

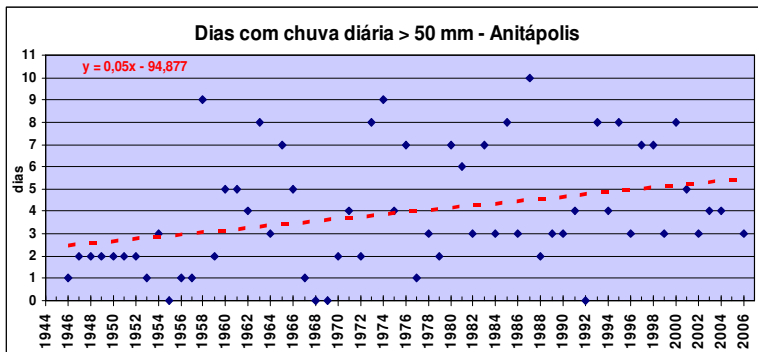


Figura 74 - Distribuição e tendência da precipitação intensa em Anitápolis.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.2.5 Distribuição Mensal

A representação média mensal para o período estudado ilustra que o mês de maio é o que tem menor número de dias com chuva, oito dias, e o mês de junho a menor quantidade de precipitação, 88 mm. Já o ápice no número de dias de chuva (17 dias) é dezembro e da quantidade de chuva ocorre em fevereiro com 232 mm, destacados na figura 75.

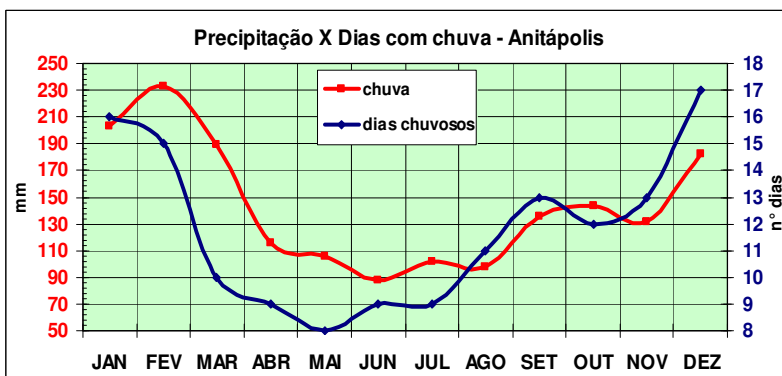


Figura 75 - Distribuição mensal média e dias com chuva em Anitápolis.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.3 ARMAZÉM

O Município de Armazém, localizado na região central da Bacia Hidrográfica do Rio do Tubarão e Complexo Lagunar, distante 27 km de Tubarão e 153 km de Florianópolis, está situado em relevo variando de altitude entre 20 e 625 metros acima do nível do mar. Possui área de 173,5 km² e população de 7.312 habitantes e a principal atividade econômica, serviços. (IBGE, 2007).

5.3.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal

O maior incremento da precipitação em Armazém ocorreu na primavera, sendo de 1,2 mm por ano. No verão, o aumento foi de 0,8 mm por ano, seguido de 0,5 mm no inverno e 0,2 mm no outono, o menor. A distribuição da precipitação pluviométrica em Armazém é mostrada nos gráficos 76, 77, 78 e 79. No primeiro trimestre (verão), a precipitação máxima absoluta, 808,1 mm, ocorreu em 1966 (El Niño), e a mínima em 1968 (La Niña), com 154,8 mm. A média histórica para o verão em Armazém é 457,4 mm, ou seja, em 1966 choveu quase 77% mais e, em 1968 77% menos.

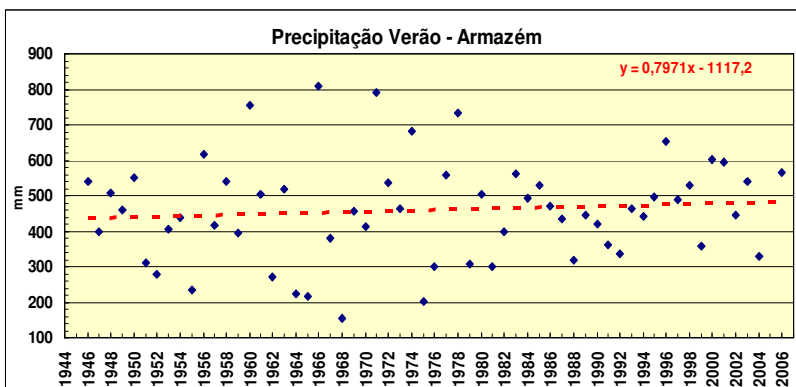


Figura 76 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Armazém.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A chuva no outono foi mais intensa no ano de 1954 (La Niña), com 480,8 mm, enquanto o ano de 1968 (La Niña) registrou o menor

valor, com 75,7 mm. A média no outono é de 240 mm, a estação de menor total de chuva. O outono mais chuvoso esteve 100% acima da média e o menos chuvoso, em 1968, 69% abaixo. Esses valores extremos ocorreram na fase fria da ODP.

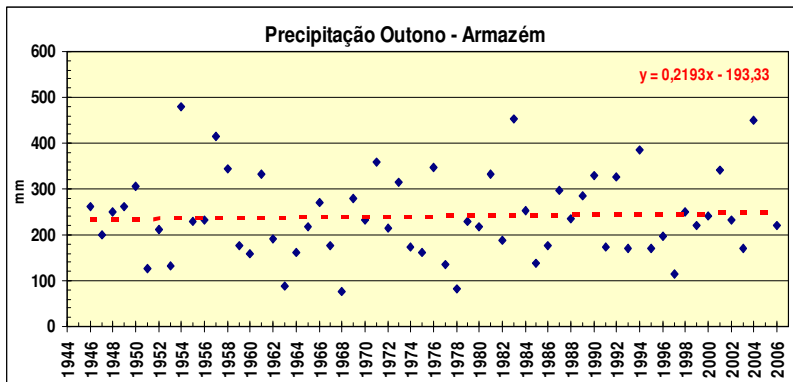


Figura 77 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Armazém.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No trimestre de inverno, o máximo ocorreu em 1983, 742,1 mm, com maior contribuição do mês de julho, com 431,6 mm (El Niño). O ano de 1951 (El Niño), com 60,2 mm, foi o de menor total. A média do trimestre foi de 287,1 mm. Em 1983, choveu 158% a mais e 1951, 79% a menos. O ano de 1951 esteve na fase fria da ODP, enquanto 1983 na fase quente.

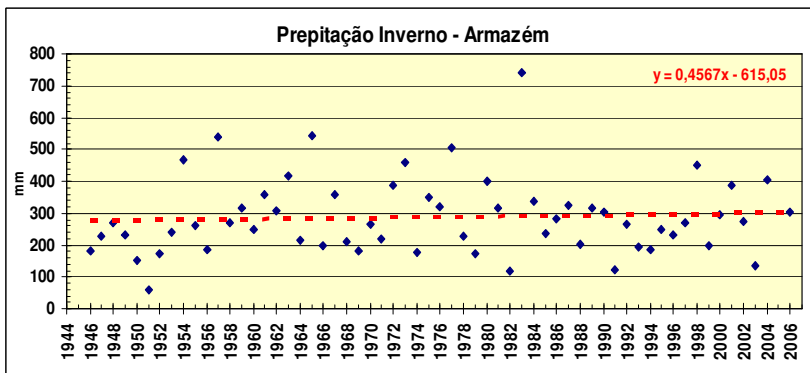


Figura 78 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Armazém.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Na primavera de 1986 (El Niño), a mais chuvosa, o total foi de 591,5 mm. Já o ano com menor chuva foi 1971 (La Niña), com 97,6 mm. A média para a estação foi 320,9 mm, ou seja, em 1986 choveu 84% a mais, e em 1971, 70% a menos. Os extremos máximo e mínimo ocorreram nas fases quente e fria da ODP, respectivamente.

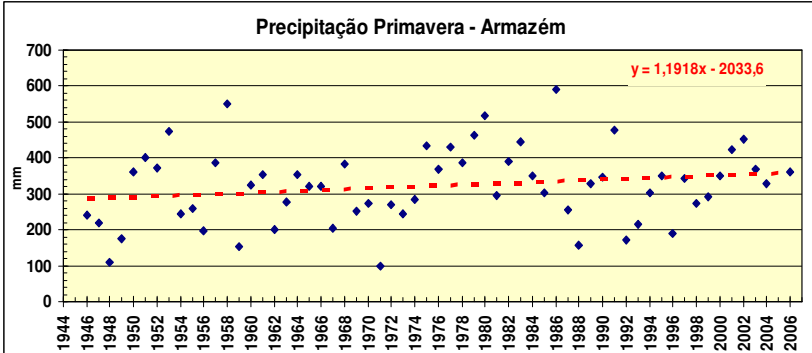


Figura 79 - Distribuição/tendência da precipitação na primavera em Armazém. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A chuva em Armazém teve um incremento de 13,2 mm no outono, 27,3 mm no inverno, 47,8 mm no verão e 71,5 mm na primavera, o que representou 5,6%, 10%, 11% e 25% respectivamente, ilustrados nos gráficos 80 e 81.

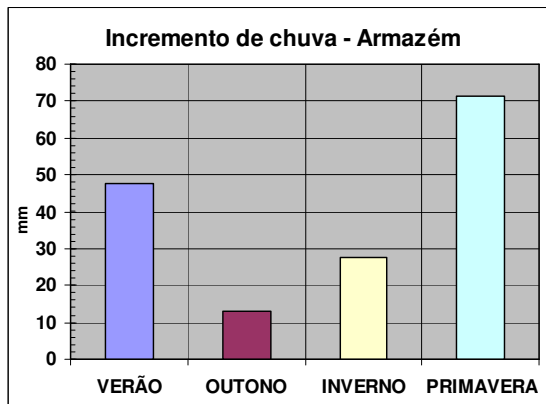


Figura 80 - Incremento da chuva em Armazém. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

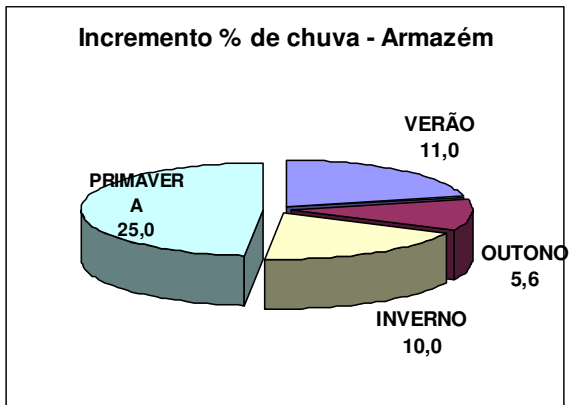


Figura 81 - Incremento percentual chuva em Armazém.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Os gráficos do número de dias com chuva não foram realizados em função dos dados disponíveis conterem falhas que não permitiram realizar sua consistência.

5.3.2 Dias com Chuva Intensa

Destacamos a baixa ocorrência de dias com chuva maior que 50 mm no decênio de 1986 a 1995, ilustrado na figura 82.

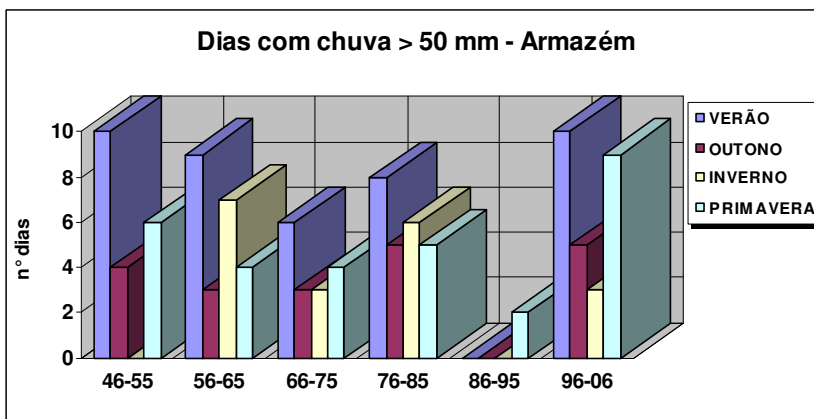


Figura 82 - Chuva decenal maior ou igual 50 mm em Armazém.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Não ocorreram dias com chuva maior ou igual a 100 mm em Armazém nos dois últimos decênios, conforme figura 83. Nesse posto meteorológico, as chuvas muito intensas se concentraram na fase fria da ODP e no trimestre de verão.

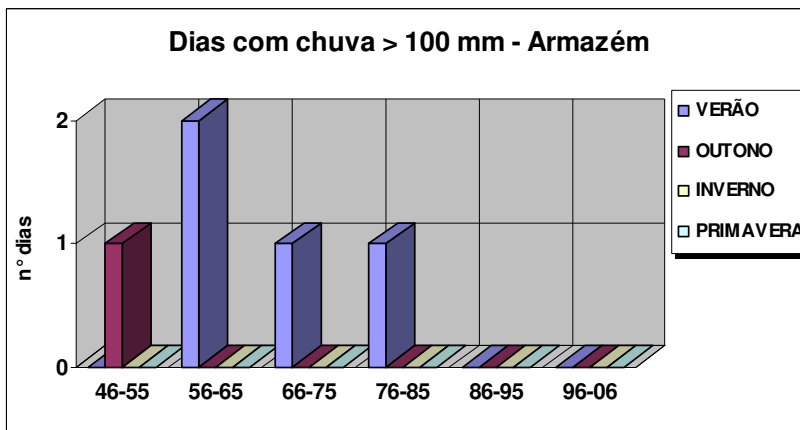


Figura 83 - Chuva decenal maior ou igual a 100 mm em Armazém.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.3.3 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva Intensa

O volume de chuva anual aumentou 159,9 mm, o que equivale a 2,7 mm por ano. O ano de 1983, destacadamente, foi o mais chuvoso, com 2.203 mm, enquanto 1968 o de menor total de precipitação, com 822,3 mm; a média histórica é de 1.305 mm. O ano de 1974 apresentou 7 dias com chuva superior a 50 mm. Os gráficos 84, 85 e 86 ilustram os dados acima. O ano de 1983 estava em fase quente da ODP e o El Niño atuou até julho. Já no ano de 1968, na fase fria, La Niña atuou até maio e El Niño a partir de outubro.

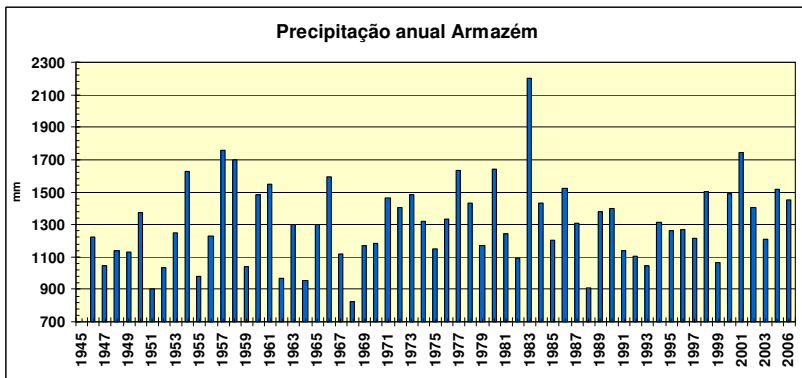


Figura 84 - Precipitação anual em Armazém.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

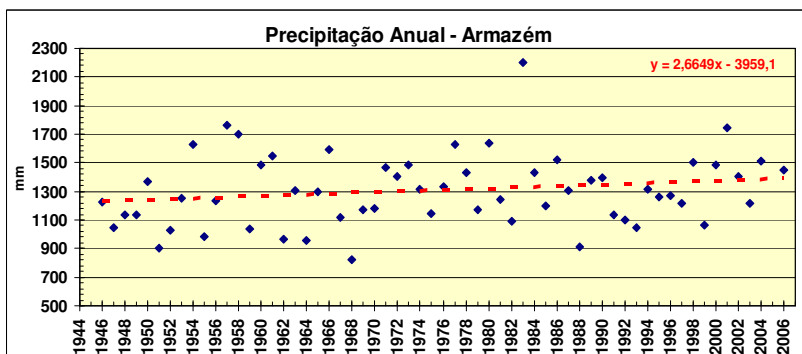


Figura 85 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Armazém.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

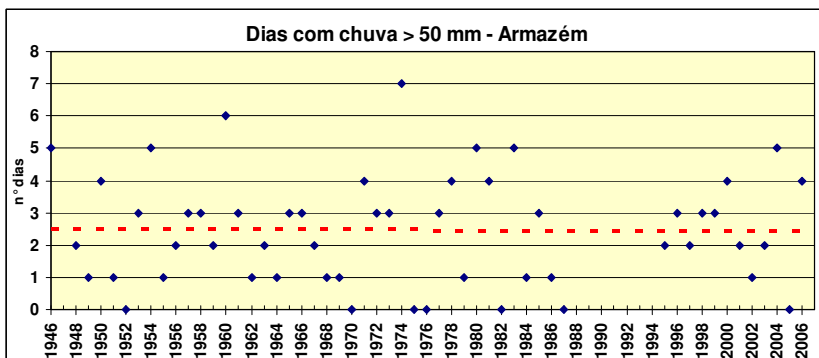


Figura 86 - Distribuição e tendência da precipitação intensa anual em Armazém.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No posto meteorológico de Armazém, as precipitações totais apresentaram tendência de aumento a partir da década de 1970, mantendo-se nos anos 2000. Com relação aos dias com chuva intensa, não houve alteração.

5.3.4 Distribuição Mensal

A distribuição mensal média da chuva, representada na figura 87, mostra que junho com 69,9 mm é o mês com menor precipitação; fevereiro, com 169 mm, o de maior precipitação total.

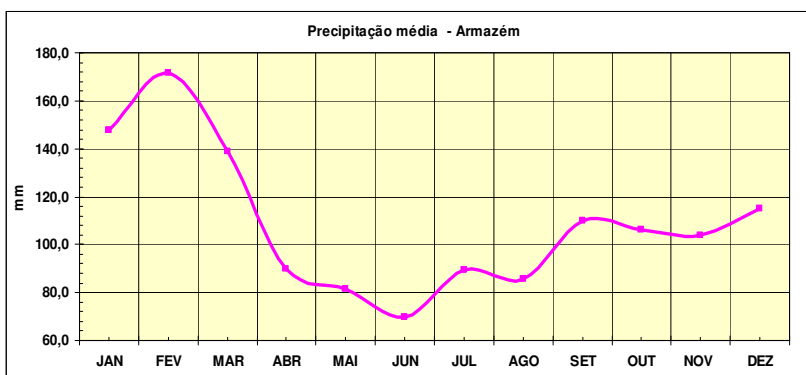


Figura 87 - Distribuição mensal média da precipitação em Armazém.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.4 GRÃO PARÁ

O Município de Grão Pará, localizado na região noroeste da BHRTCL, distante 45 km do centro de Tubarão e a 183 km de Florianópolis, possui relevo acidentado, cujas altitudes variam entre 70 e 1.550 metros acima do nível do mar. Apresenta área de 328,1 km² e população total de 6.051 habitantes. (IBGE, 2007).

As terras do município, no passado de propriedade da Princesa Isabel e de seu marido, o Conde D'Eu, foram loteadas e distribuídas, no início da década de oitenta do século XIX, a colonos alemães, italianos e poloneses. A agropecuária é a principal atividade econômica.

5.4.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal

A distribuição sazonal da precipitação pluviométrica em Grão-Pará está representada nos gráficos 88, 89, 90 e 91. O incremento da precipitação no inverno em Grão Pará foi de 0,3 mm por ano, no outono 0,8 mm/ano, no verão cresceu 1,9 mm/ano e o maior aumento foi na primavera, com 2,5 mm/ano. O ano de maior total de chuva no verão foi 2001, com 982,4 mm, e o de menor foi 219,6 mm, em 1968. A média histórica para o período de 1946 a 2006 foi de 561 mm. Assim, em 2001 choveu 91% acima e em 1968, 62% abaixo da media. Os valores extremos de precipitação em Grão Pará ocorreram nas fases frias da ODP, sob atuação de La Niña.

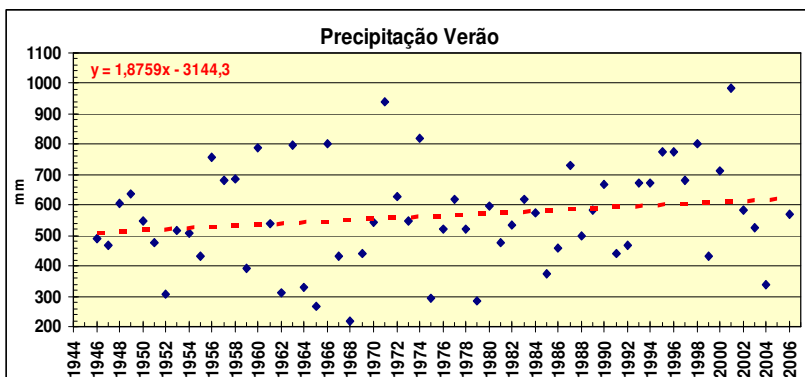


Figura 88 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Grão Pará.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No outono de 1994, choveu 494,1 mm, seguido muito próximo por 1983, com 490,9 mm. A menor precipitação ocorreu em 1963, com 68,7 mm. A média é de 246 mm; então, em 1984, a chuva esteve 101% acima da média e em 1963, 72% abaixo.

O ano de 1984 esteve na fase quente da ODP e o de 1963 na fase fria. Os extremos nesse trimestre ocorreram em condições de neutralidade em relação ao fenômeno ENOS.

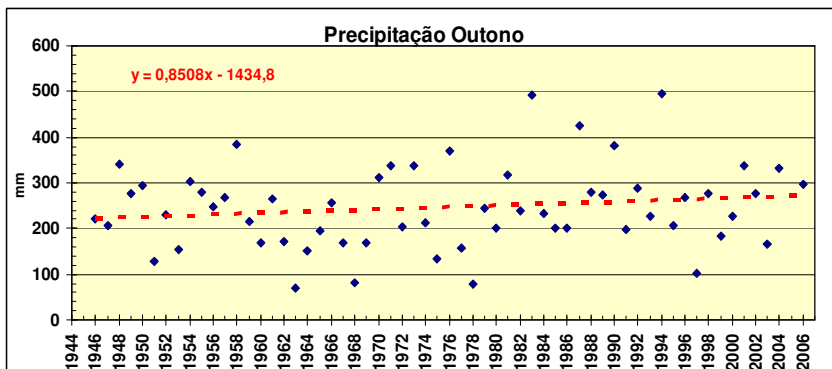


Figura 89 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Grão Pará.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A maior precipitação no inverno ocorreu em 1983, com 701,3 mm, e julho contribuiu com 447,4 mm. A menor quantidade foi em 1951, com 94,2 mm, tendo agosto com apenas 0,2 mm. A média foi de 296 mm, e no ano de 1983 foi extrapolada em 151%, enquanto em 1951, ficou 68% abaixo. O inverno de 1983 estava sob influência de uma fase bem aquecida da ODP, com índice de +2,09, e fase neutra do ENSO, enquanto o ano de 1951 esteve na fase fria da ODP, sob condições de El Niño.

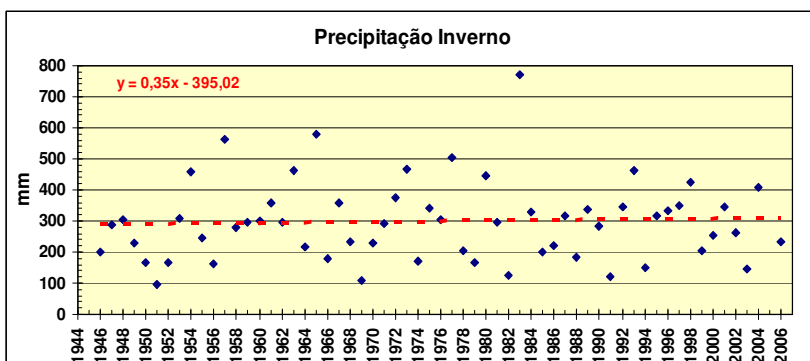


Figura 90 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Grão Pará.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera mais chuvosa foi em 2002 (El Niño), com 666,6 mm, e a menos em 1969, com 153,2 mm. Com relação à média de 367 mm, 2002 registrou 125% a mais, e 1969, 48% a menos. Em 2002,

somaram-se a influência da ODP quente incrementada com El Niño, e em 1969, as condições foram as mesmas, porém com intensidades menores.

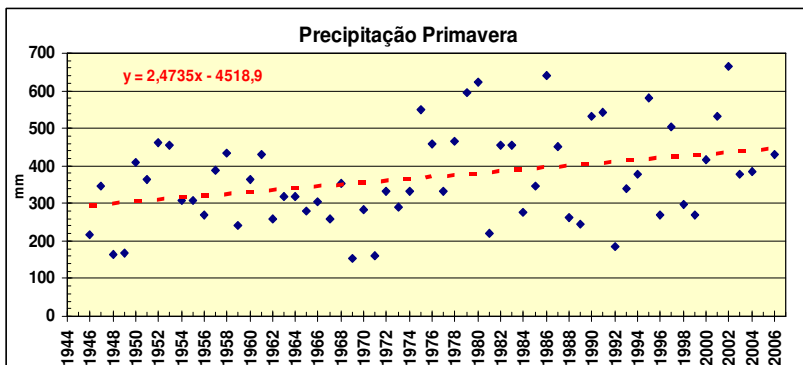


Figura 91 - Distribuição e tendência da precipitação na primavera - Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A chuva acumulada nos meses de julho, agosto e setembro (inverno) teve um incremento de 21 mm. No outono, cresceu 51 mm, seguido do verão, com 112,6 mm e a primavera, com 148,4 mm. Esses valores representam 7,3%, 20,1%, 23,1% e 50,4% de incremento para cada estação, respectivamente, e estão demonstrados nos gráficos 92 e 93.

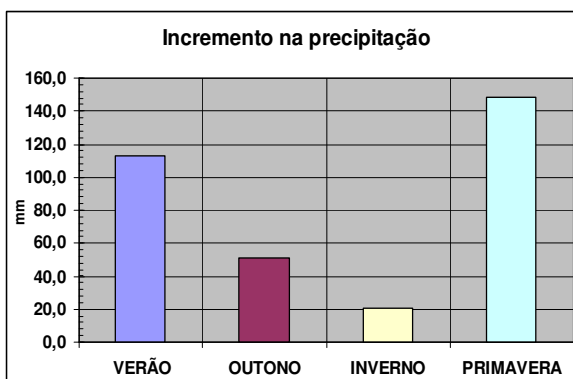


Figura 92 - Incremento sazonal da chuva em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

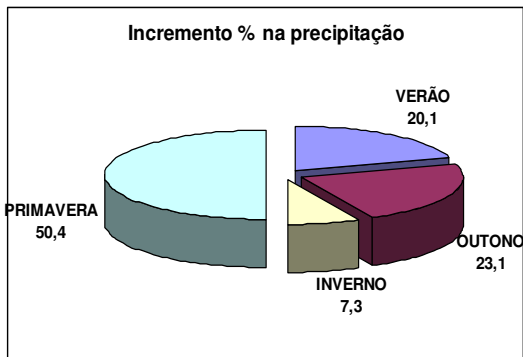


Figura 93 - Incremento percentual da chuva em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.4.2 Dias com Chuva - Evolução Trimestral Sazonal

O número de dias com chuva está representado abaixo, nos gráficos 94, 95, 96 e 97. No verão, 1993, com 63 dias com chuva, e 2001, com 62 dias, foram os mais chuvosos da série. O ano de 1968 teve apenas 18 dias com chuva, sendo que a média é de 46 dias. Nos anos de 1968 e 2001, fase fria da ODP, as condições eram de La Niña, enquanto em 1993 eram de neutralidade na fase quente da ODP.

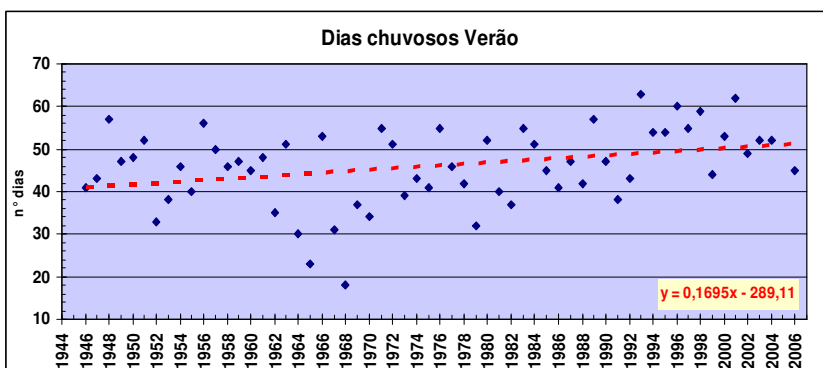


Figura 94 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no verão em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No outono, o maior número de dias com chuva ocorreu em 1954, com 47 dias. Em 1968, houve apenas 11 dias chuvosos. A média histórica é de 27 dias. O maior e o menor número de dias de chuva no outono ocorreram na fase fria da ODP e sob a atuação de La Niña.

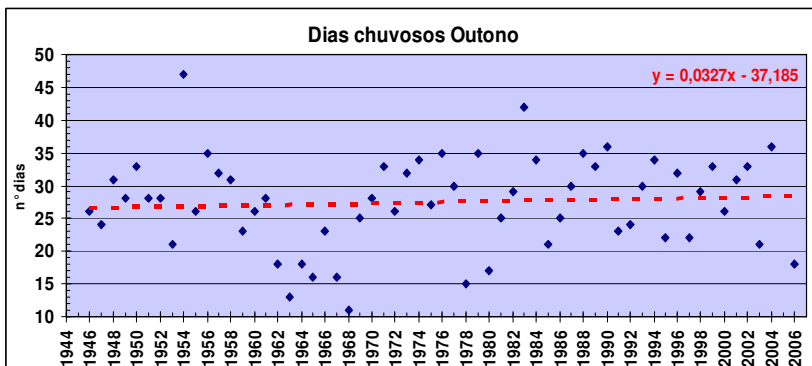


Figura 95 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no outono- Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No inverno de 1998 ocorreram 51 dias com chuva, e, em 1951, somente 13 para uma média de 29 dias. Em 1998, último ano da fase quente da ODP, atuava La Niña, e, em 1951, quarto ano do início da fase fria, as condições eram de El Niño.

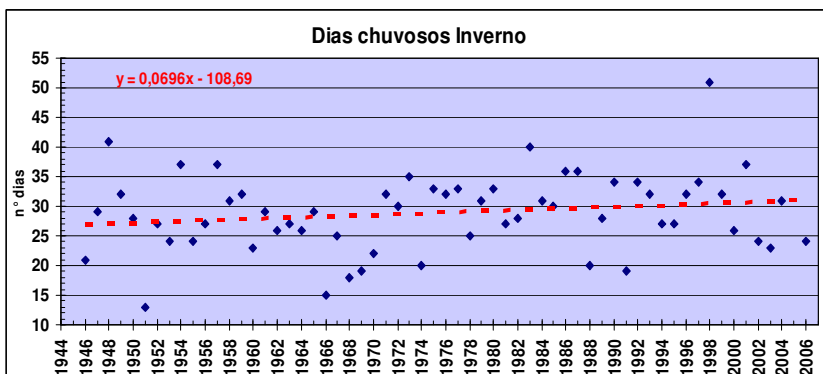


Figura 96 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no inverno - Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera de 2002 registrou, com 54 dias, o máximo de dias com chuva da série. Os anos de 1966 e 1971 registraram o menor número de dias chuvosos, apenas 22 dias, quando a média do trimestre é 37 dias.

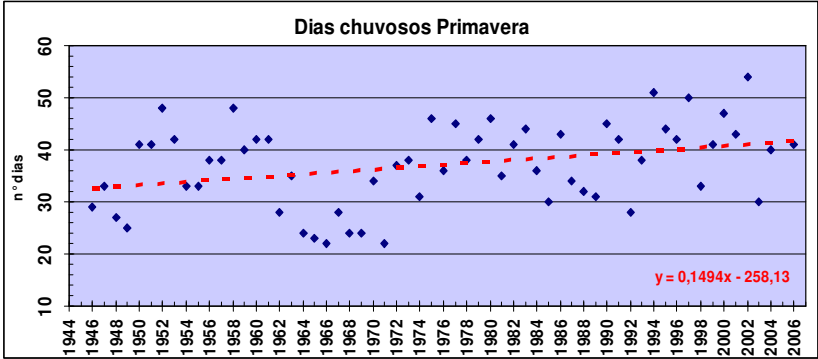


Figura 97 - Distribuição/tendência dias com chuva na primavera - Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A totalidade dos dias com chuva cresceu 2, 4, 9 e 10 dias, respectivamente no outono, inverno, primavera e verão, representando um incremento de 7,4%, 15,6%, 27,5% e 25%, conforme ilustram os gráficos 98 e 99.

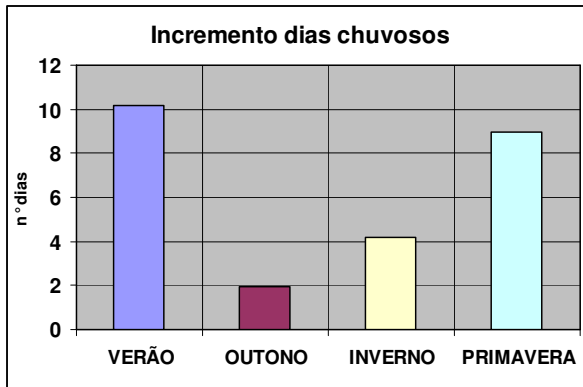


Figura 98 - Incremento sazonal dos dias com chuva em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

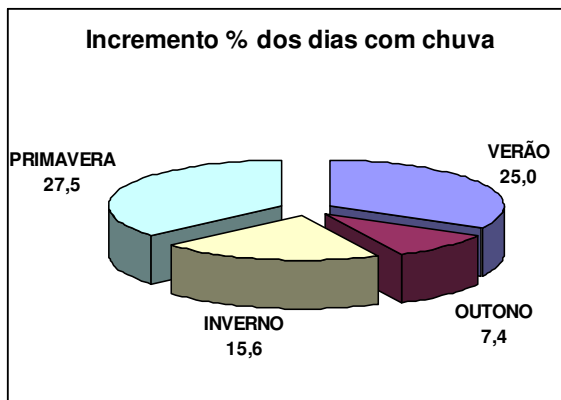


Figura 99 - Incremento percentual dos dias com chuva em Grão Pará.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.4.3 Dias com Chuva Intensa – Evolução Decenal

O número de dias com chuva maior que 50 mm diminuiu a partir do decênio 56-65, no verão e primavera, tendo aumentado no inverno. Do decênio de 76-85 em diante, aumentou em quase todas as estações. Porém, no decênio 96-06, diminuiu no inverno, como ilustrado na figura 100.

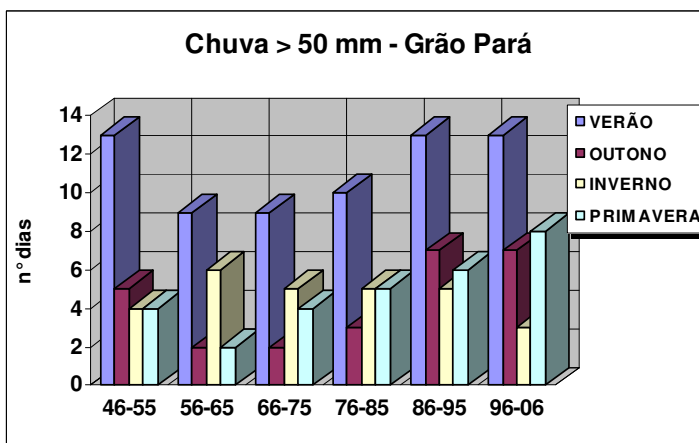


Figura 100 - Distribuição decenal da precipitação intensa em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A chuva com intensidade diária maior que 100 mm teve um aumento de dois dias a partir do decênio 86-95, porém, havia diminuído desde o decênio 56-65 no verão e aumentado em dois dias nas demais estações, no período da fase fria da ODP. No decênio 96-06, começo da nova fase fria, não foram registradas chuvas muito intensas, a não ser na primavera. A figura 101 apresenta a distribuição desses dados.

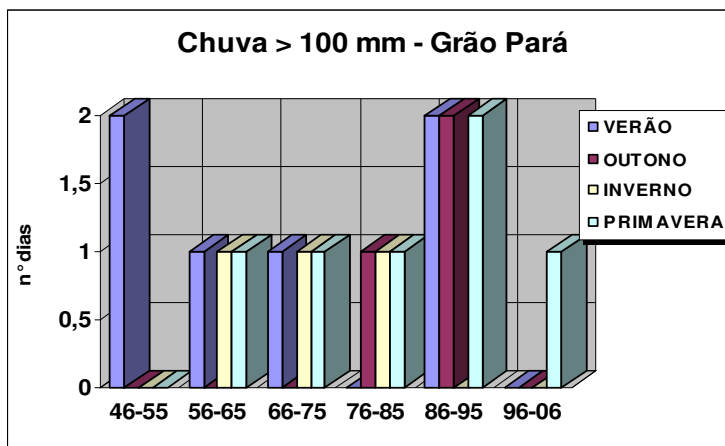


Figura 101 - Distribuição decenal da precipitação ≥ 100 mm em Grão Pará. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.4.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva e Dias com Chuva Intensa

A precipitação total anual teve um acréscimo de 333,1 mm ou 5,5 mm/ano, um incremento de 25%. A ano com maior precipitação foi 1983, com 2.334,2 mm, e o com menor foi 1968, com 890,5 mm. A média da série histórica foi 1.471,6 mm. O número de dias com chuva anual aumentou em 25 dias, um percentual de 24%. O ano de 1983 apresentou 181 dias e o de 1968, 71 dias, sendo a média de 139 dias com chuva.

Houve o incremento de um dia, ao longo da série de 60 anos, para precipitação maior que 50 mm. Só em 2002 foram registrados sete dias com chuvas intensas. As figuras 102, 103, 104, 105 e 106 mostram a evolução dos parâmetros citados acima.

O ano de 1983, com maior total e maior número de dias com chuva, estava sob atuação de intensa fase quente da ODP e ação do El Niño, enquanto o ano de 1968, na fase fria da ODP, esteve sob condição neutra do ENOS.

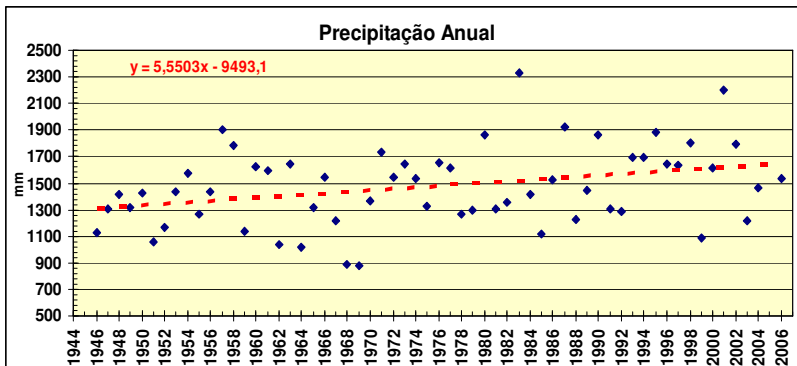


Figura 102 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Grão Pará.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

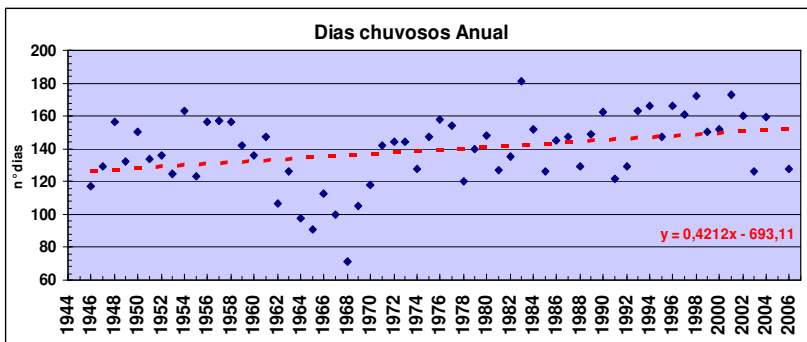


Figura 103 - Distribuição e tendência dos dias com chuva anual em Grão Pará.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

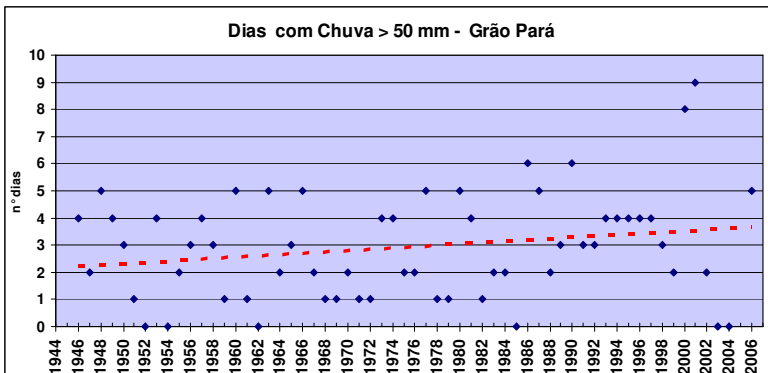


Figura 104 - Distribuição e tendência dos dias com chuva anual - Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

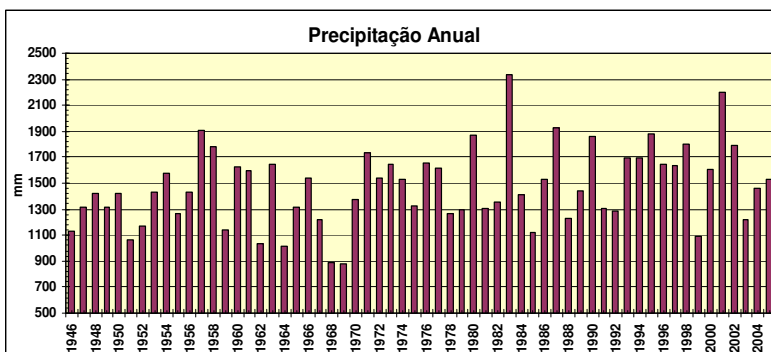


Figura 105 - Precipitação anual em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

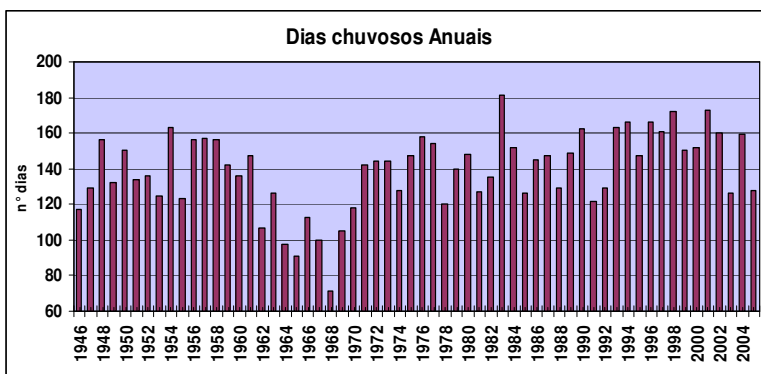


Figura 106 - Dias com chuva anual em Grão Pará.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

As tendências de total de precipitação, número de dias de chuva e chuvas intensas apresentam aumento desde a década de 1970, mas a partir dos anos 2000 já se percebe o aparecimento mais frequente e valores abaixo da curva da tendência de aumento.

5.4.5 Distribuição Mensal

A distribuição média mensal e do número de dias com chuva indica que fevereiro é o mês mais chuvoso, com média de 205,7 mm, e junho o mês de menor precipitação, com 69,7 mm. Os meses com maior número de dias chuvosos são janeiro e fevereiro, que apresentam 16 dias, e os de menor número são junho e julho, com apenas 8 dias. A figura 107 ilustra essa distribuição mensal média. Percebe-se que em julho chove mais em menos dias.

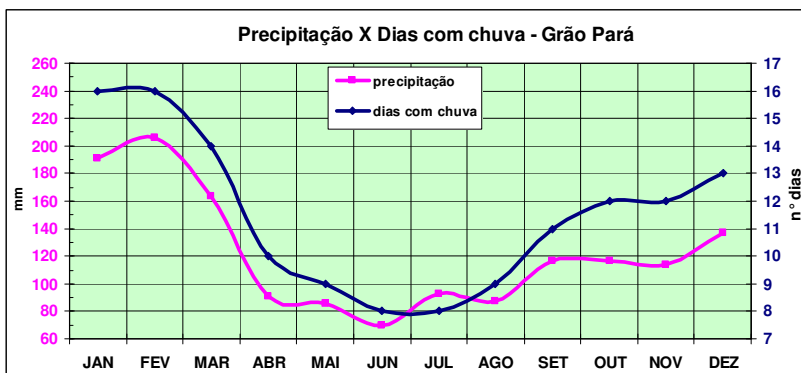


Figura 107 - Distribuição mensal da precipitação/dias com chuva - Grão Pará. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.5 ORLEANS

O município de Orleans localizado na região oeste da BHRTCL, distante 52 Km de Tubarão e 182 Km de Florianópolis, com relevo acidentado variando de 80 a mais de 1000 m acima do nível do mar. Possui área de 550 Km² e população de 20.859 hab., com colonização

predominante de italianos e tendo a indústria e serviços como principais motivadores da economia.

5.6.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal

Em Orleans, a precipitação pluviométrica apresentou acréscimo de 1,2 mm/ano no verão, e 1,9 mm/ano na primavera. No outono, não houve alteração da tendência, e no inverno houve um decréscimo da 0,2 mm/ano. As figuras 108, 109, 110 e 111 demonstram a evolução da quantidade de chuva para as estações.

A máxima precipitação registrada foi no verão de 1974, com 1034,1 mm, destes 708,3 mm em março. O verão menos chuvoso foi o de 1968, com 206,4 mm. A média da série de 60 anos foi de 542,4 mm, de modo que no ano de 1974 foi ultrapassada em 91% e no de 1968 ficou 62% abaixo.

No verão de 1974, a ODP e o ENOS estavam em suas fases frias, o que normalmente não favorece a elevada precipitação, como se constata para o ano de 1968.

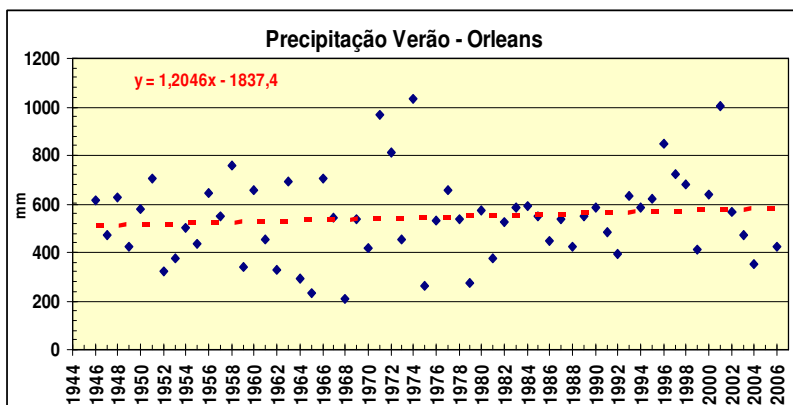


Figura 108 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Para o outono, que teve média de 249,35 mm, o ano de 1994, com 512,3 mm, foi o de maior total e o de menor foi 1963, com 71,3 mm. A média da série foi de 249,5 mm. Assim, em 1994 o total foi 105% superior, enquanto em 1963 ficou inferior em 64%.

As fases quentes da ODP e ENOS prevaleceram no outono de 1994, ano mais chuvoso; já para 1963, o menos chuvoso ocorreu fase fria da ODP e neutra do ENOS.

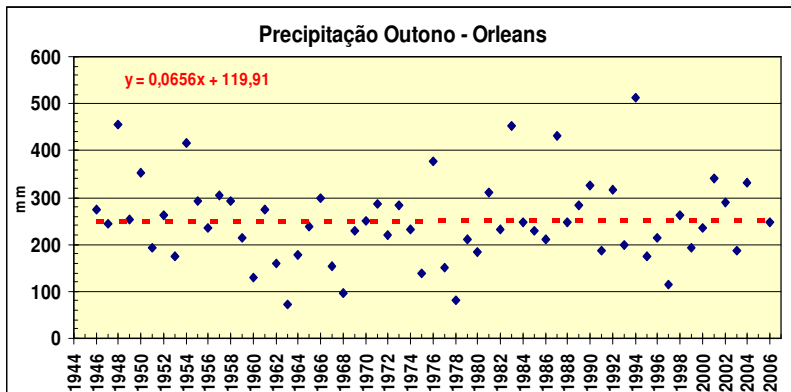


Figura 109 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no outono- Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O inverno de 1983, com 804,9 mm, foi o mais chuvoso, e julho contribuiu com 488,4 mm. O ano de 1951, com 110,6 mm, foi o de menor total, destacando que em agosto não choveu. A média foi de 304,9 mm, sendo que em 1983 choveu 164% a mais, enquanto em 1951 choveu 64% a menos.

A influência da intensa condição quente da ODP conduziu a expressiva precipitação em 1983. No mês que contribuiu com mais de 50% do total do trimestre, as condições de grande escala eram de neutralidade em relação ao ENOS; entretanto, os seis meses anteriores estiveram sob a condição de El Niño forte (o mais intenso do século no verão, junto com 1997/1998).

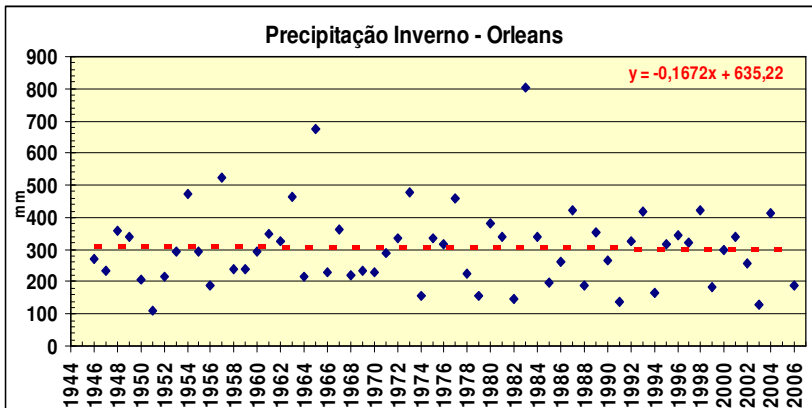


Figura 110 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no inverno em Orleans.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O ano de maior precipitação na primavera foi 1995, com 675,9 mm, e o de menor foi 1971, com 153,4 mm. A média histórica foi 375 mm, ou seja, em 1995 choveu 121% mais e, em 1971, 50% a menos. A primavera de 1995 caracterizou-se pela leve variação positiva de ODP e atuação de La Niña, enquanto a de 1971 pelos sinais negativos para ODP e ENSO.

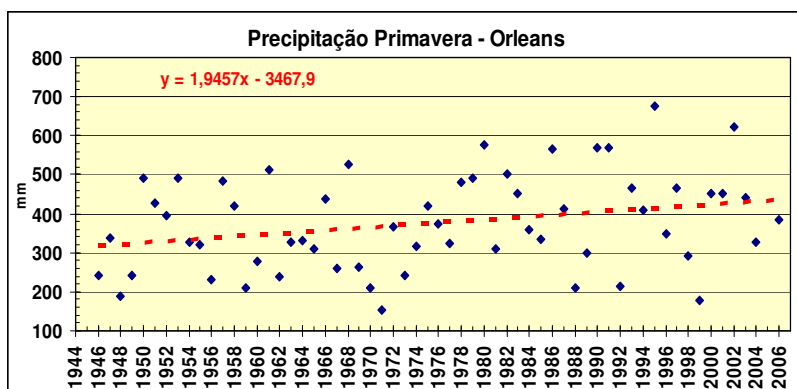


Figura 111 - Distribuição e tendência da precipitação na primavera em Orleans.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O inverno apresentou decréscimo em valores absolutos, ou seja, diminuição de 10 mm no total da precipitação. No outono, houve um

adicional de apenas 3,9 mm, enquanto no verão o aumento foi de 72,3 mm, e na primavera foi de 116,7 mm. Esses valores representam, respectivamente, -3,2%, 1,6%, 14,3% e 36,7%, na variabilidade da precipitação. Esses dados estão representados nas figuras 112 e 113.

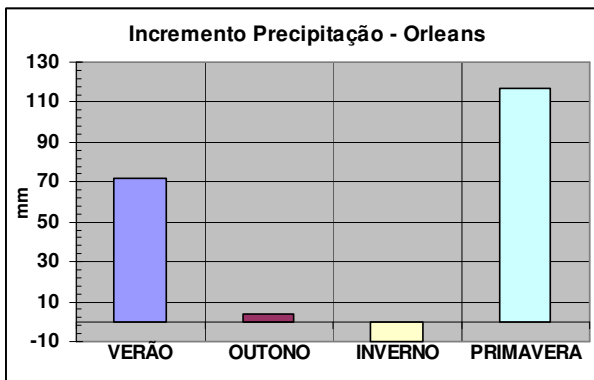


Figura 112 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em Orleans.
Fonte: Rafael Marques (2009).

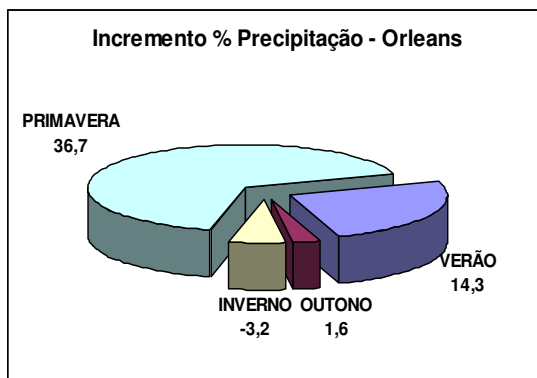


Figura 113 - Incremento sazonal percentual da precipitação em Orleans.
Fonte: Rafael Marques (2009).

5.5.2 Dias com Chuva – Evolução Trimestral Sazonal

As figuras 114, 115, 116 e 117 demonstram a distribuição no número de dias e a tendência da precipitação em cada uma das estações.

O número de dias com chuva no verão de 1971 foi o maior da série, 69 dias, e o menor foi em 1953, 26 dias. A média para a estação é de 46 dias.

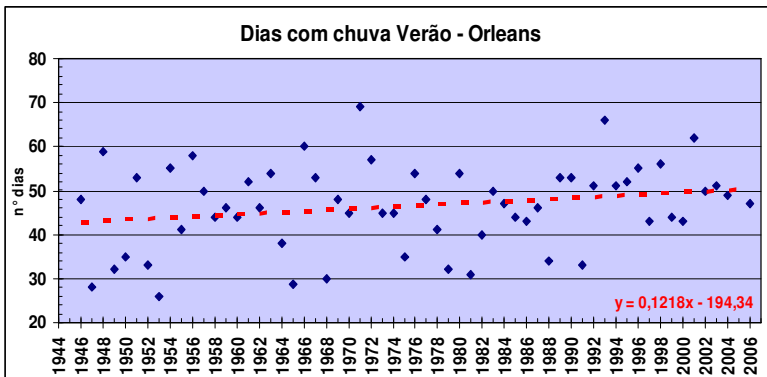


Figura 114 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no verão em Orleans. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

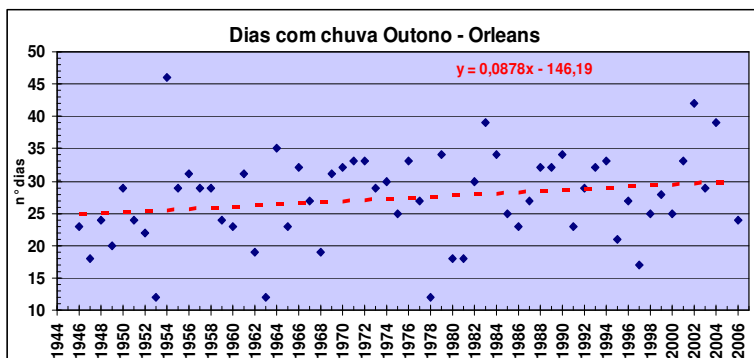


Figura 115 - Distribuição/tendência dos dias com chuva no outono - Orleans. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O outono de 1954, com 46 dias, apresentou a maior ocorrência diária de chuva, enquanto os anos de 1953, 1963 e 1978, com 12 dias, a menor. A média foi de 27 dias.

O inverno de 1998 teve o maior número de dias com chuva, 56 dias, e o de 1951 somente 9 dias, sendo que no mês de agosto não houve chuva. A média foi de 30 dias.

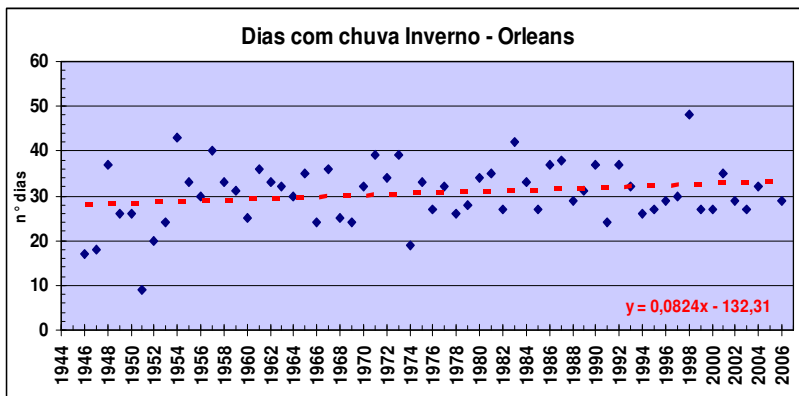


Figura 116 - Distribuição e tendência dos dias com chuva no inverno Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera com maior número de dias com chuva foi de 2002, com 55 dias, e 1948 e 1949 com menor número, apenas 21 dias chuvosos. A média da estação foi de 38 dias.

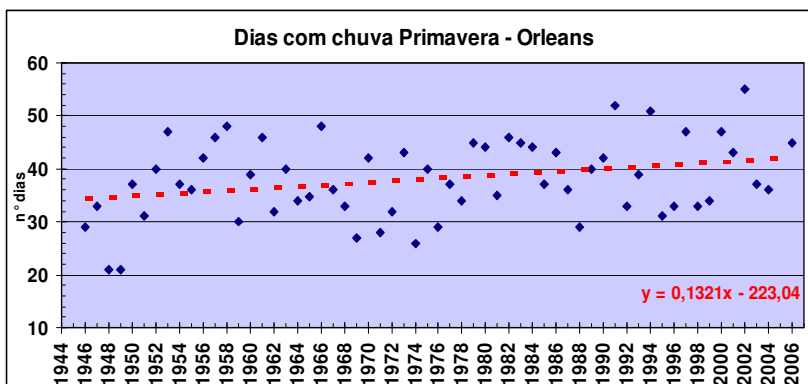


Figura 117 - Distribuição/tendência dos dias com chuva na primavera-Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O incremento de cinco dias de chuva no outono e inverno, sete dias no verão e oito na primavera representou 21,4%, 17,6%, 17,1% e 23,3%, respectivamente. As figuras 118 e 119 demonstram esses resultados. O aumento no número de dias com chuva no outono e inverno não representou aumento equivalente no total de precipitação; ao contrário, no inverno constatamos a redução do total.

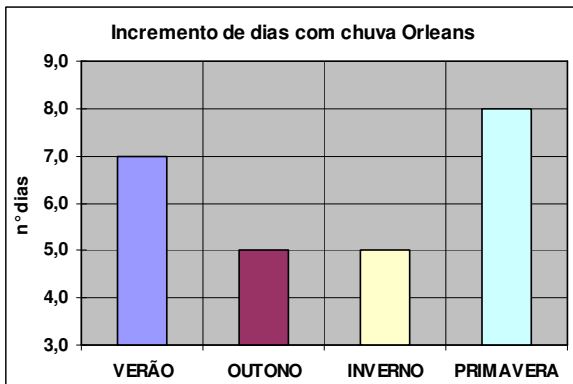


Figura 118 - Incremento sazonal absoluto dos dias com chuva.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009)

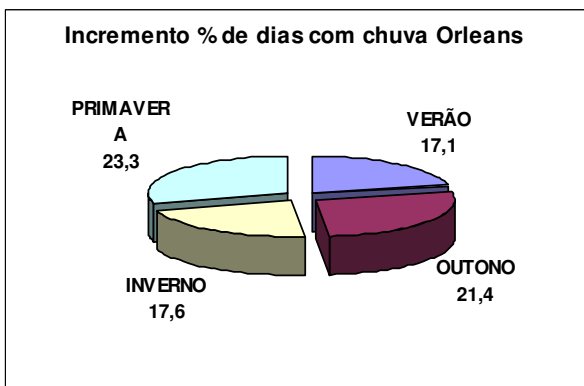


Figura 119 - Incremento percentual.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.5.3 Dias com Chuva Intensa - Evolução Decenal

Em relação aos dias com chuva intensa (≥ 50 mm), destacamos o incremento no verão do último decênio, que passou de 10 para 16 dias, conforme figura 120.

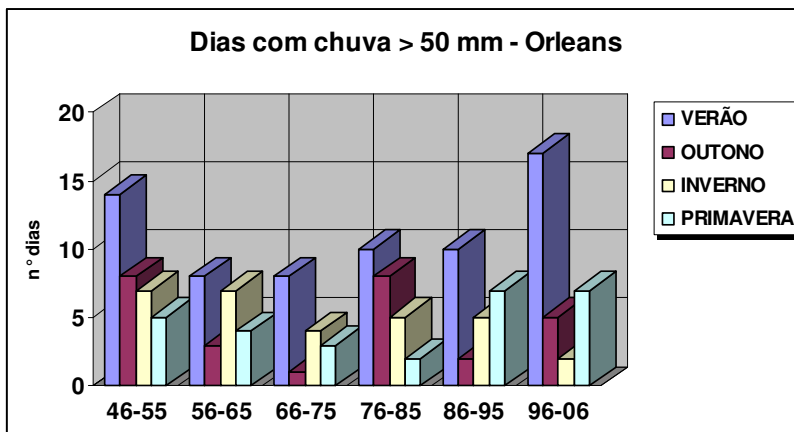


Figura 120 - Distribuição decenal da precipitação intensa em Orleans.
Fonte: Rafael Marques (2010).

A precipitação de grande intensidade (chuva ≥ 100 mm) não foi significativa e diminuiu nos últimos decênios, como demonstrado na figura 121.

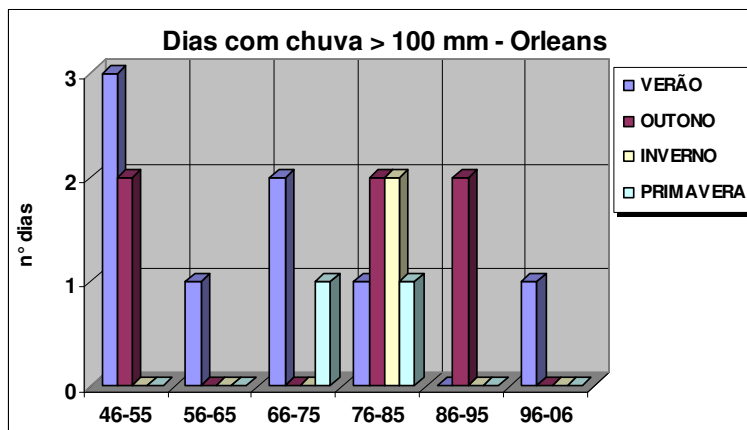


Figura 121 - Distribuição decenal da precipitação \geq a 100 mm em Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.5.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva e Dias com Chuva Intensa

A precipitação anual em Orleans teve um incremento de 182,9 mm, aproximadamente 3 mm por ano, o que representa 13,2%. O ano de 1983, com 2.294 mm, foi o de maior precipitação, e 1999, o de menor, com 965 mm, sendo a média 1472,7 mm. O número de dias com chuva cresceu em 25, ou seja, 19,64%, e o ano com maior ocorrência diária foi 1954, com 182 dias de chuva. O ano com menor número de dias com chuva foi 1947, com 97 dias, sendo a média 142 dias.

As chuvas intensas (maior ou igual a 50 mm) tiveram um incremento de 1,5 dia, destacando-se o ano de 2002, com 9 dias de eventos intensos de precipitação. Demonstramos as informações comentadas acima nas figuras 122, 123, 124, 125 e 126.

O ano mais chuvoso foi 1983, na fase quente da ODP e atuação do El Niño, e o ano de 1999, sob influência de ODP fria e La Niña, foi o menos chuvoso.

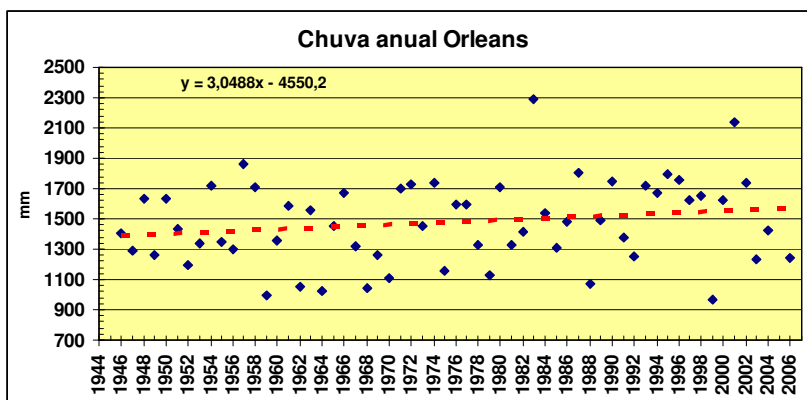


Figura 122 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Orleans.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

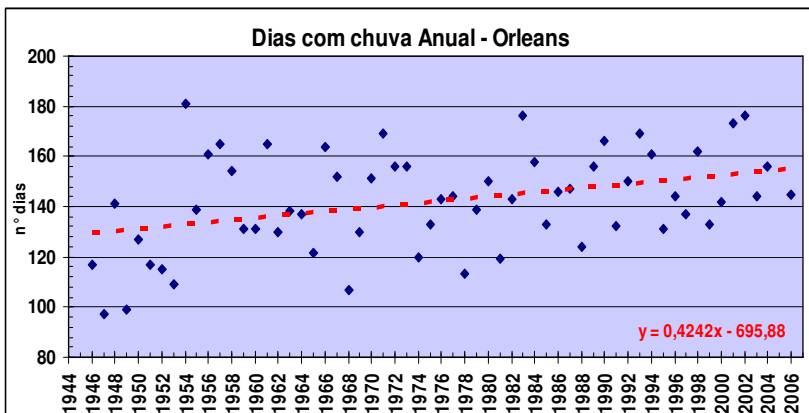


Figura 123 - Distribuição e tendência anual dos dias com chuva em Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

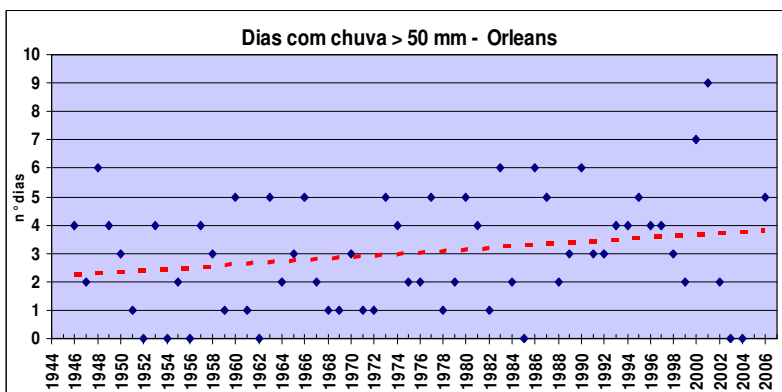


Figura 124 - Distribuição e tendência dos dias com chuva intensa em Orleans.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

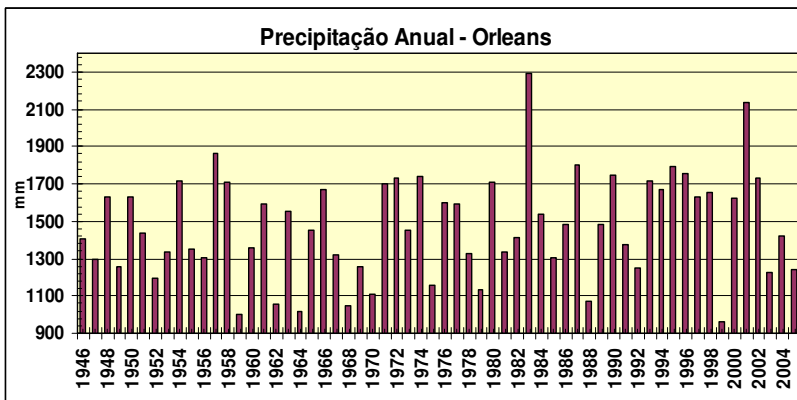


Figura 125 - Distribuição da precipitação anual em Orleans.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

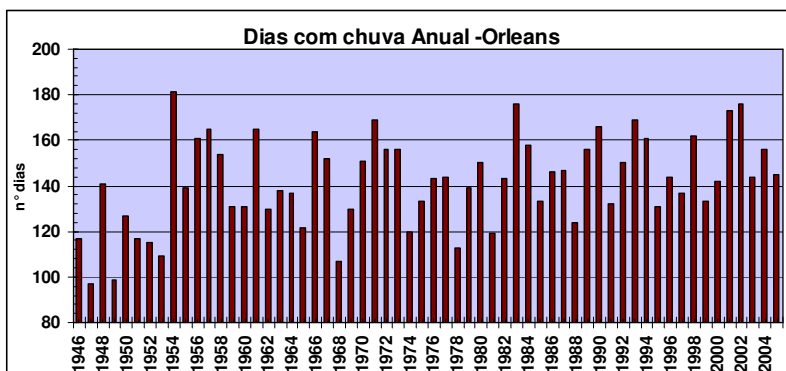


Figura 126 - Distribuição anual dos dias com precipitação em Orleans.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

As retas de tendências também apontam, como nas séries dos demais postos, para o aumento das chuvas.

5.5.5 Distribuição Mensal

A figura 127, com a precipitação média mensal e o número médio de dias com chuva, mostra que fevereiro é o mês com maior índice pluviométrico, 201,6 mm, e, juntamente com janeiro, registra 16 dias

com chuva. Junho, com 75,1 mm, é o mês com menor total de precipitação, e os meses de maio, junho, julho e agosto, os que apresentam o menor número de dias com chuva, apenas 9.

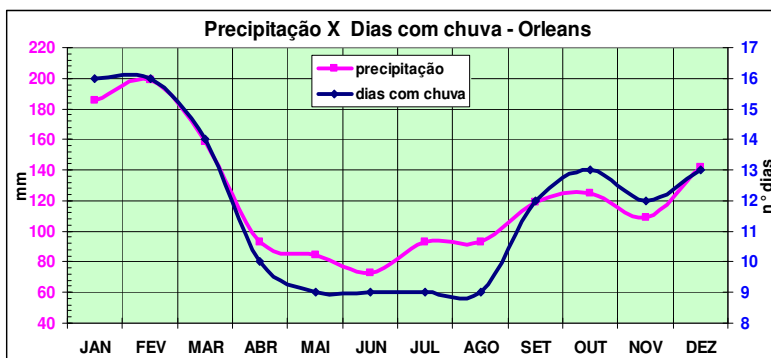


Figura 127 - Distribuição mensal da precipitação e dias com chuva- Orleans. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.6 SÃO LUDGERO

O Município de São Ludgero, localizado na região centro sul da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 40 km de Tubarão e 178 km de Florianópolis, está situado em terreno acidentado, com altitudes que variam entre 45 e 520 metros acima do nível do mar. Apresenta área de 107,6 km² e população de 10.246 habitantes. A colonização predominante é a alemã, e a principal fonte de renda, a indústria. (IBGE, 2007).

5.6.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal

A precipitação em São Ludgero teve um incremento de 0,1 mm, 0,4 mm, 2,4 mm e 2,8 mm por ano, respectivamente no outono, inverno, primavera e verão. As figuras 128, 129, 130 e 131 mostram a distribuição anual da precipitação trimestral e suas tendências. O verão de 1971 teve o maior total de precipitação, 915 mm, enquanto o de menor ocorreu em 1975, com 200,8 mm. A média da estação foi 497,2 mm, ou seja, em 1971 choveu 84% acima, enquanto 1975, choveu 60% abaixo. Os extremos de precipitação no verão em São Ludgero

ocorreram nas fases frias tanto de ODP quanto de ENOS. No ano de 1971 (mais chuvoso), as anomalias foram destacadamente mais negativas, -1,8 e -1,2 que em 1975 (menos chuvoso) – respectivamente 0,7 e -0,6.

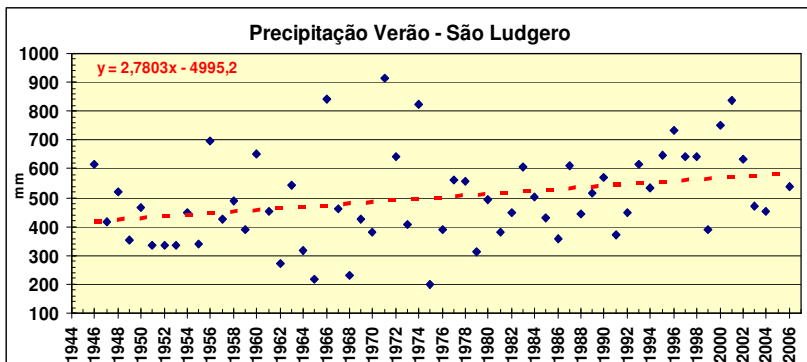


Figura 128 - Distribuição e tendência da precipitação no verão - São Ludgero. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O maior total registrado no outono em São Ludgero foi em 1994, com 531,1 mm. Os menores ocorreram nos anos de 1978, com 69 mm, seguido por 1963, com 70,3 mm. A média da estação foi de 239,1 mm, estando os valores de 1994 122% acima, e os de 1978, 71% abaixo. Os anos de 1994 e 1978 estavam sob domínio da fase quente da ODP, o primeiro sob condições de El Niño e o segundo de neutralidade. O outono de 1963, também menos chuvoso, estava na fase fria da ODP e também de neutralidade do ENOS.

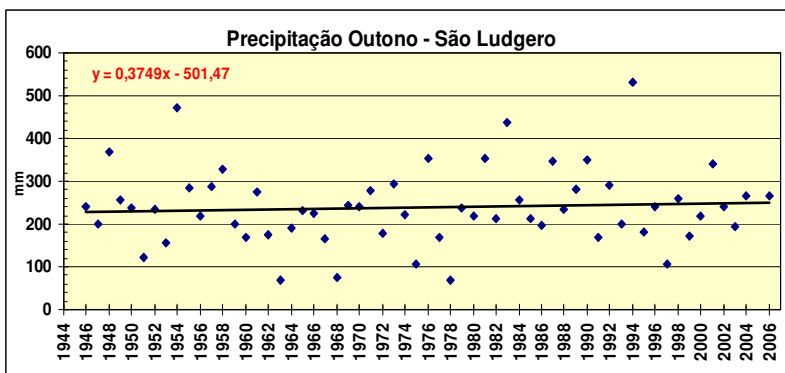


Figura 129 - Distribuição/tendência da precipitação no outono- São Ludgero. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No inverno de 1983 o total de precipitação atingiu o valor de 819,2 mm, sendo 475,4 mm só em julho. A mínima precipitação ocorreu em 1991, com 119,8 mm. A média histórica foi de 294,9 mm, tendo 1983 registrado 178% acima da média, maior incremento dentre as seis estações pluviométricas, enquanto 1991 esteve abaixo de 59%.

O inverno mais chuvoso também esteve sob uma forte fase quente da ODP e fase neutra do ENSO, com dois trimestres anteriores de forte El Niño. O ano de menor chuva no inverno estava sob influência de fase quente da ODP, porém, foi precedido de três trimestres de ODP bastante negativa (-1,5; -1,3 e -1), e sob ação do El Niño.

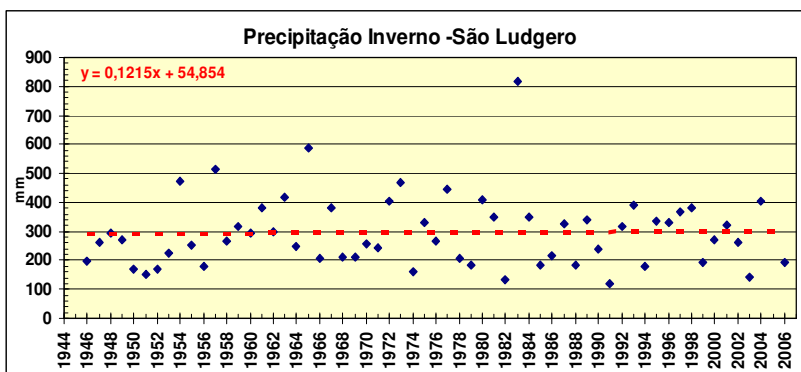


Figura 130 - Distribuição/tendência da precipitação no inverno - São Ludgero. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera de 2001, com 547,3 mm, foi a mais chuvosa, enquanto a de 1971 apresentou o menor total, 104,4 mm. A média trimestral foi 340,9 mm, sendo que 2001 ficou 60% acima e 1971, 69% abaixo.

A primavera de 2001 estava na fase fria da ODP e neutra do ENOS, enquanto a de 1991 estava na fase fria da ODP e sob condições de La Niña.

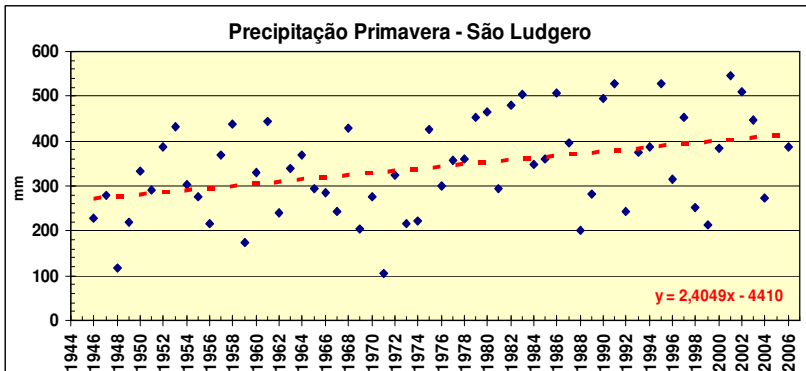


Figura 131 - Distribuição/tendência da precipitação primavera - São Ludgero.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A variação positiva na quantidade de chuva em São Ludgero foi pouco expressiva no inverno e outono, com 7,3 mm e 22,5 mm; contudo, na primavera e verão o incremento foi de 144,3 mm e 166,8 mm. Esses valores absolutos representam um incremento de 2,5%, 9,9%, 53,5% e 40,2%, respectivamente. As figuras 132 e 133 ilustram esses dados.

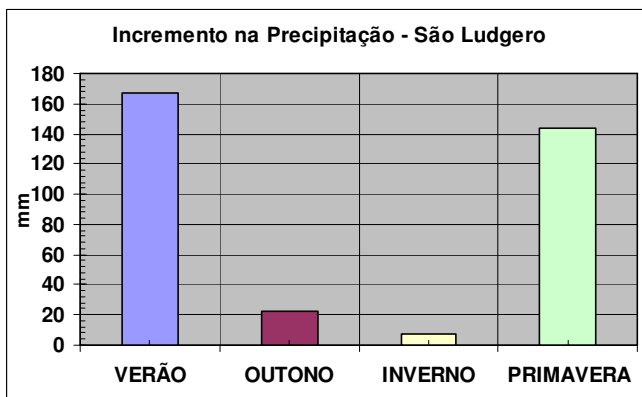


Figura 132 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em São Ludgero.
Fonte: Rafael Marques (2009).

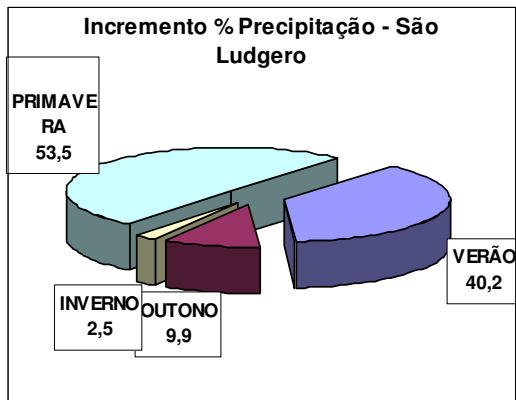


Figura 133 - Incremento sazonal percentual da precipitação em São Ludgero.

Fonte: Rafael Marques (2009).

5.6.2 Dias com chuva - Distribuição Trimestral Sazonal

As figuras 134, 135, 136 e 137 ilustram o número de dias com chuva em São Ludgero. O verão com maior número de dias chuvosos ocorreu em 1996, com 59 dias. O ano de 1975 foi o de menor número de dias, com 23 dias. A média foi de 41 dias.

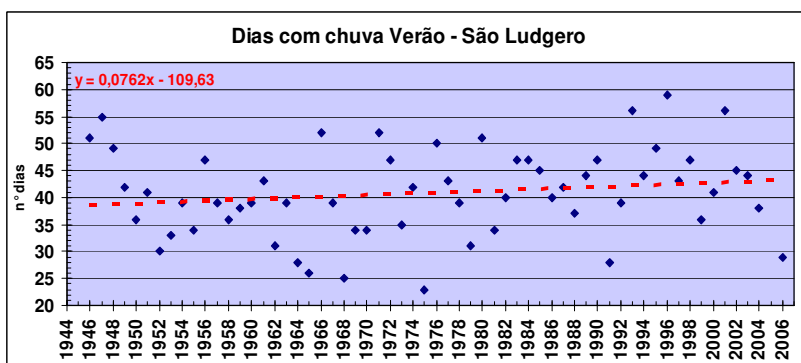


Figura 134 - Distribuição/tendência de dias com chuva no verão - São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O outono com o maior número de dias chuvosos foi o de 1979, com 38 dias. Logo após, 1978, ano com apenas 12 dias. A menor ocorrência foi em 1963, com apenas 11 dias. A média de outono foi de 26 dias.

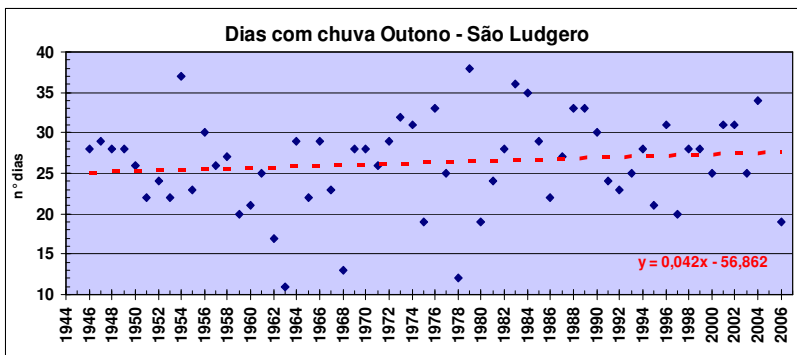


Figura 135 - Distribuição/tendência de dias com chuva outono - São Ludgero. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O inverno de 1998 teve o maior número, com 50 dias de chuva, e o de 1951, o menor, com apenas 9. A média foi de 27 dias com chuva na estação.

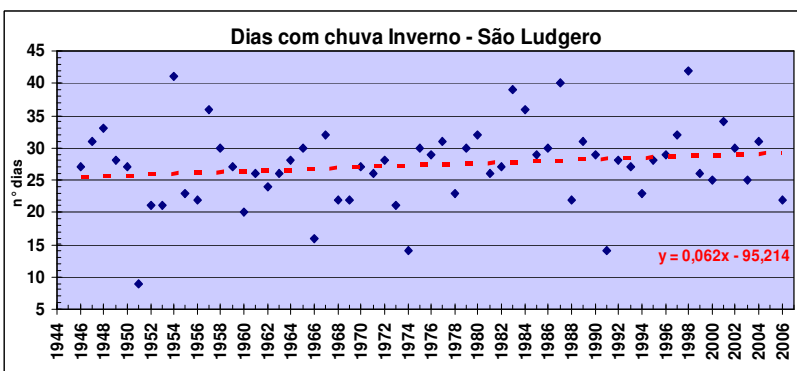


Figura 136 - Distribuição/tendência de dias com chuva inverno - São Ludgero. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera de 2002 apresentou 50 dias de chuva, e 1971, 17 dias de chuva. A média foi de 34 dias com chuva na estação.

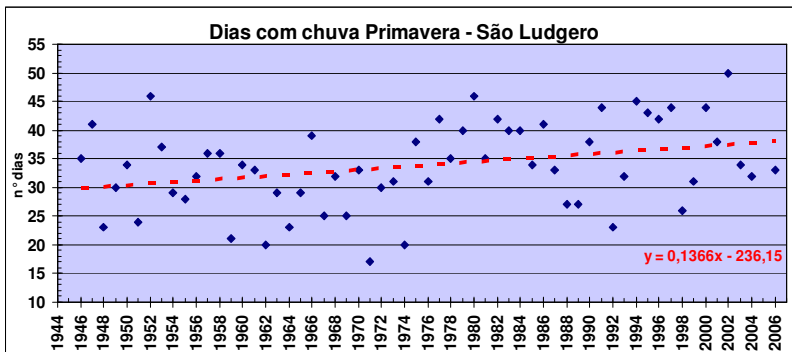


Figura 137- Distribuição/tendência de dias com chuva primavera - São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Em São Ludgero, o número de dias com chuva teve o incremento de 2, 3, 5 e 9 dias no outono, inverno, verão e primavera, que indicam, respectivamente, um crescimento de 9%, 11,7%, 12,3% e 31,5%, com destaque para o aumento na primavera. As figuras 138 e 139 demonstram esses resultados.

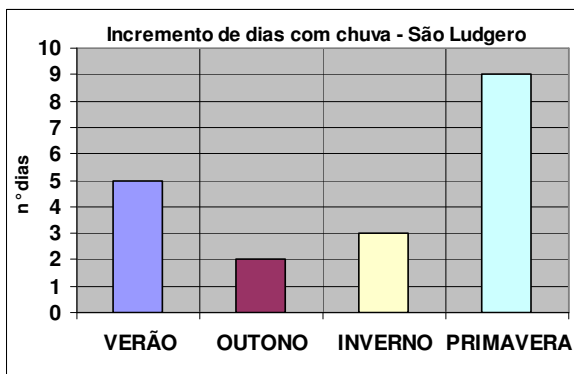


Figura 138 - Incremento sazonal absoluto dos dias com chuva - São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

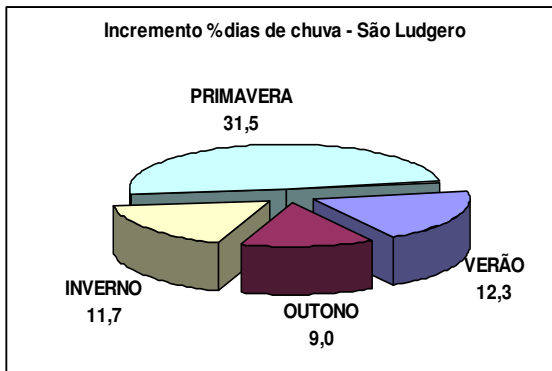


Figura 139 - Incremento sazonal percentual dos dias com chuva - São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.6.3 Dias com Chuva Intensa – Distribuição Decenal

Os dias com chuva intensa repetem-se na média de cinco eventos por decênio, e, neste cenário, destaca-se a ocorrência em 17 vezes no verão no último decênio, mostrado na figura 140.

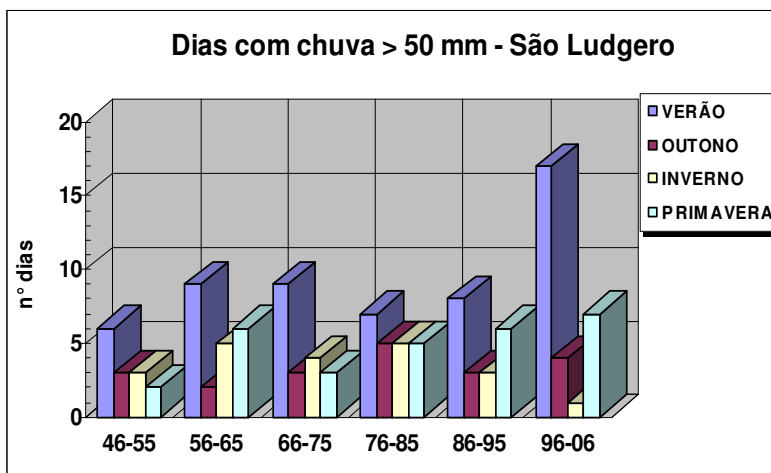


Figura 140 - Distribuição decenal da precipitação intensa em São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Já quanto os eventos com chuva muito intensa (≥ 100 mm), destaque também para o último decênio, sem ocorrência, como mostra a figura 141.

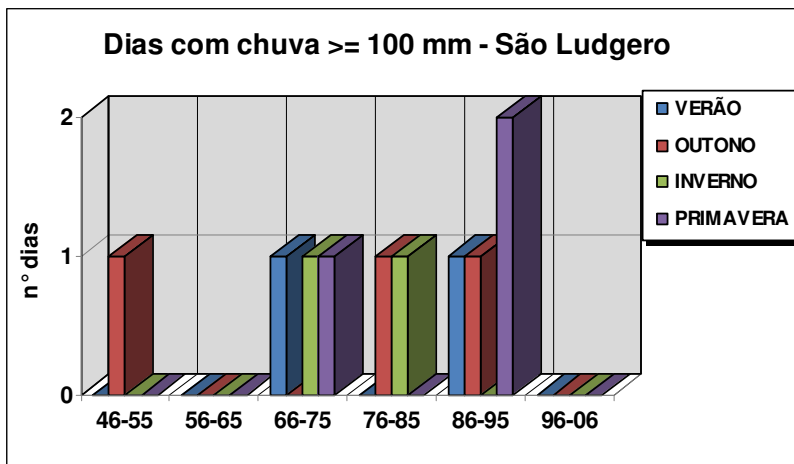


Figura 141 - Distribuição decenal da precipitação ≥ 100 mm- São Ludgero.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.6.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva

A precipitação anual em São Ludgero cresceu 5,7 mm por ano, o que representou 28,3%. O ano com maior precipitação foi 1983, com 2.364 mm, e o com menor foi de 1951, com 903 mm. A média anual foi 1.387,3 mm para o período estudado. Com incremento de 19 dias na frequência diária de chuva no ano, representou 16% de aumento. O ano que apresentou o maior número de dias foi 2001, 159 dias, enquanto 1962 teve o menor registro, com 92 dias. A média foi de 128 dias.

Os anos de 2000 e 1983 registraram oito dias com eventos de chuva intensa. O incremento no período foi de um pouco menos de dois dias. As informações estão contidas nas figuras 142, 143, 144, 145 e 146. O ano de 2001, o de maior precipitação na série de sessenta anos, esteve sob o regime frio da ODP e fase neutra do ENOS. O ano de 1962, com menor precipitação, transcorreu também sob a fase fria da ODP e atuação de La Niña.

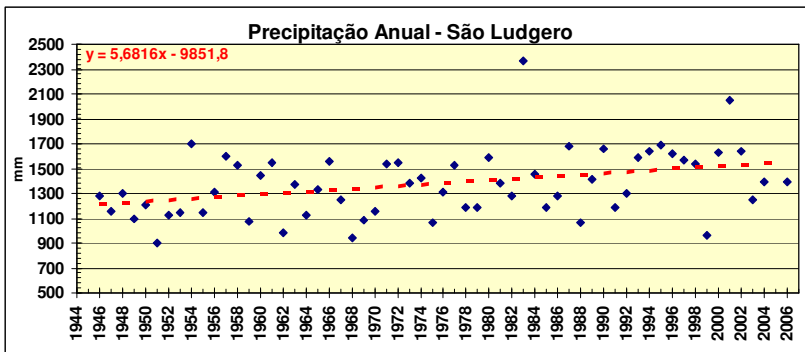


Figura 142 - Distribuição e tendência da precipitação anual em São Ludgero.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

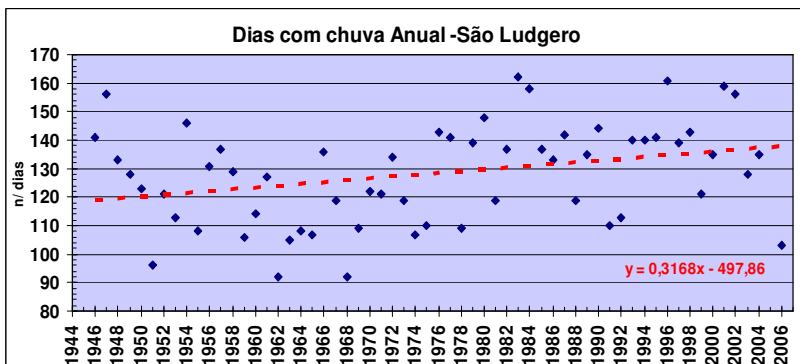


Figura 143 - Distribuição/tendência anual dos dias com chuva - São Ludgero.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

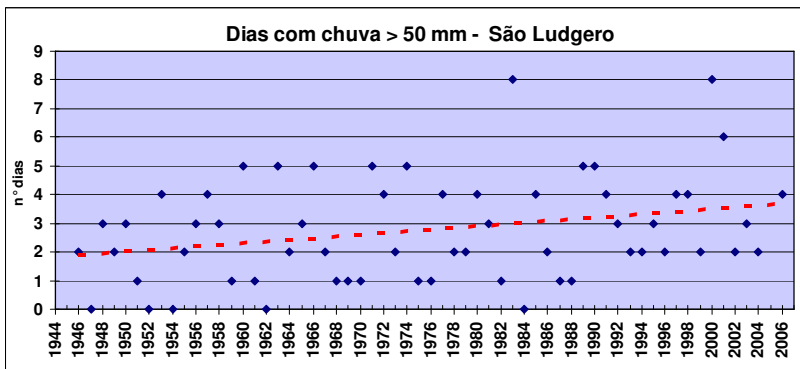


Figura 144 - Distribuição/tendência anual dos dias com chuva ≥ 50 mm.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

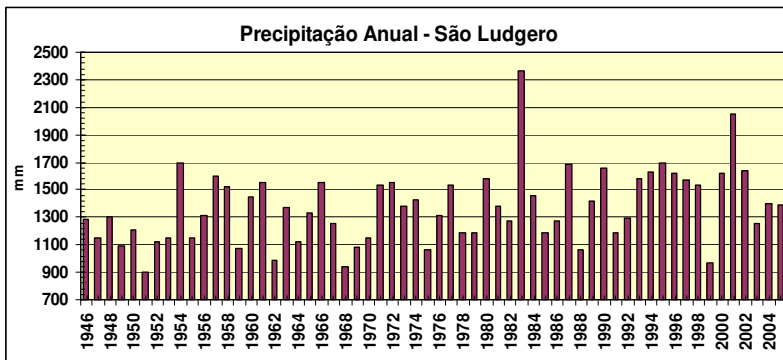


Figura 145 - Distribuição da precipitação anual em São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

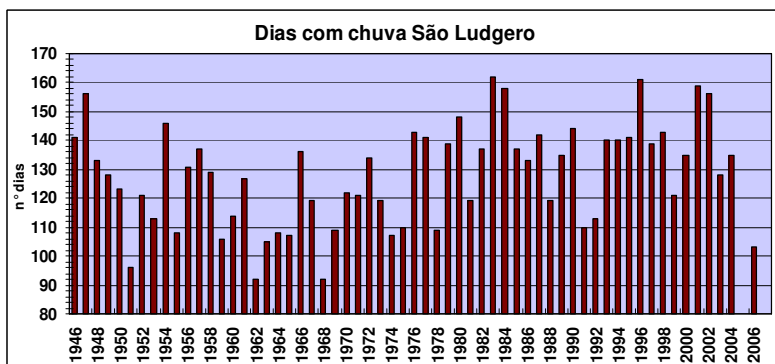


Figura 146 - Distribuição anual dos dias com chuva em São Ludgero.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.6.5 Distribuição Mensal

Em relação à precipitação média mensal, a mínima é junho, com 69,4 mm, e a máxima 186 mm, em fevereiro. Com relação ao número médio de dias com chuva, o mínimo de oito ocorre nos meses de maio, junho e julho, e o máximo de 14, em janeiro e fevereiro, como se observa na figura 147.

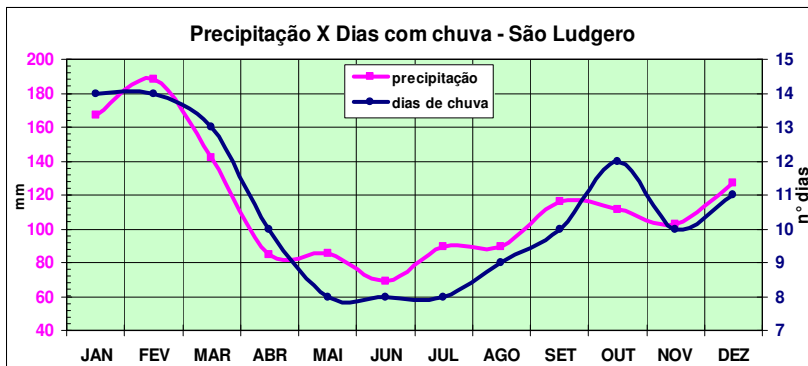


Figura 147 - Distribuição mensal da precipitação e dias com chuva.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.7 TUBARÃO

O município de Tubarão localiza-se na região centro sul da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 138 km de Florianópolis. Está situado em terreno plano, com altitudes variando entre 2 e 569 metros acima do nível do mar. Apresenta área de 300,3 km² e população total de 92.569 habitantes. A Colonização predominante é a portuguesa, e principal fonte de renda, a prestação de serviços. (IBGE, 2007).

5.7.1 Precipitação - Evolução Trimestral Sazonal

A precipitação em Tubarão teve o incremento de 2,4 mm por ano no verão, 0,4 mm por ano no outono, 0,7 mm por ano no inverno e 2,8 mm por ano na primavera. A distribuição trimestral, com a evolução e tendência da chuva, aparece nas figuras 148, 149, 150 e 151.

O verão com maior precipitação foi o de 1974, com 924,6 mm, sendo que 666,4 mm apenas em março. O de menor precipitação foi 1968, com apenas 144,5 mm. A média foi de 468,6 mm, e 1974 suplantou-a em 97%, maior percentual entre as estações pluviométricas no verão. Já em 1968, o total ficou 69% abaixo.

A condição do fenômeno de escala multidecadal no ano de maior precipitação era de fase fria, assim como para o de escala anual que estava sob condição de La Niña. Esta condição, teoricamente, deveria ser de pouca chuva, como ocorreu no ano de 1968.

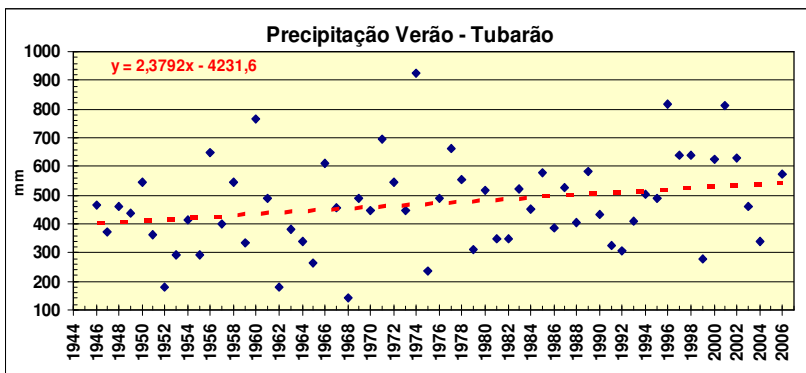


Figura 148 - Distribuição e tendência da precipitação no verão em Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O outono com maior total foi o de 1987, com 466,2 mm, enquanto o de 1963 registrou o menor, 57,3 mm. A média desses 60 anos foi 236,6 mm, ou seja, em 1987 choveu 97% a mais e, em 1963 choveu 74% a menos.

Em 1987, a ODP e ENOS encontravam-se em suas fases quentes, o que acarretou os maiores totais de chuvas. No ano de 1963, com ODP na fase fria e ENOS neutro, houve pouca chuva.

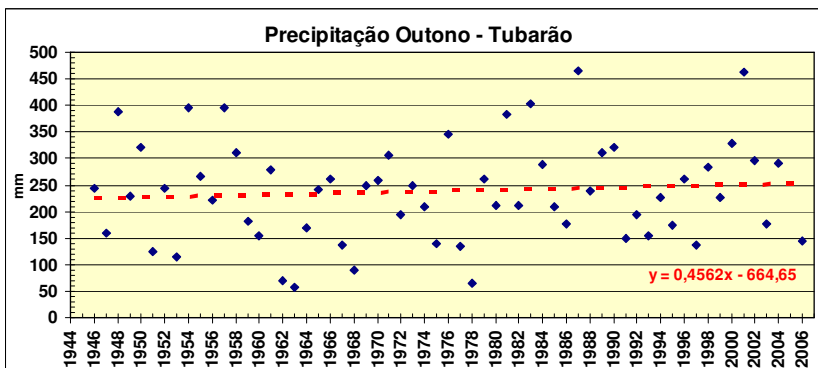


Figura 149 - Distribuição e tendência da precipitação no outono em Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O inverno mais chuvoso foi de 1983, com 698,9 mm, tendo a contribuição de 406 mm, do mês de julho. O ano de 1994, com 108,6 mm, foi o menos chuvoso da série, mas destacamos que em agosto de 1951 não choveu. A média foi de 292,1 mm, de modo que em 1983 choveu 139% acima e, em 1994, 63% abaixo.

Assim como nas outras cinco localidades, o inverno de 1983 foi o mais chuvoso, devido à condição da ODP intensamente quente (+2,1) e ENOS neutro, precedido de dois trimestres de forte El Niño. O ano de 1994, o menos chuvoso, estava na fase fria e sob El Niño.

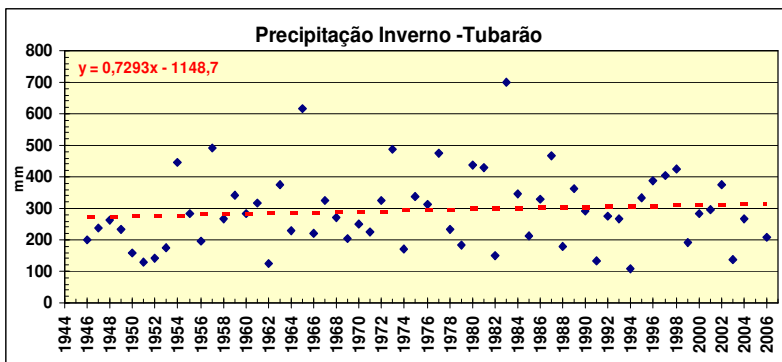


Figura 150 - Distribuição e tendência da precipitação no inverno em Tubarão. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera de 1995 foi a mais chuvosa, com 674,4 mm, e novembro participou com 488,2 mm. O ano de 1971 foi o de menor total de chuva, apenas 73,5 mm. A média foi de 335,2 mm; assim, 1995 atingiu 103% acima e 1971 ficou 78% abaixo da média.

O ano de 1995 esteve sob leve anomalia positiva da ODP e La Niña, enquanto 1951 encontrava-se na fase fria de ODP e neutra do ENOS.

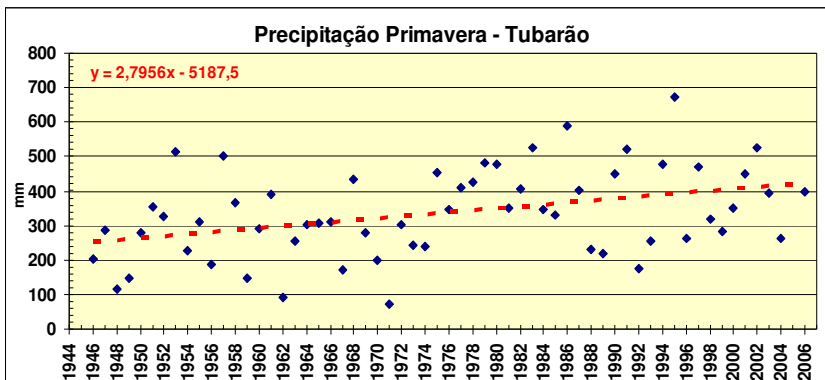


Figura 151 - Distribuição e tendência da precipitação na primavera - Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A distribuição do incremento da chuva na estação em Tubarão foi de 27,3 mm no outono, 43,2 mm no inverno, 142,8 mm no verão e 167,7 mm na primavera, o que representou, respectivamente, um incremento de 12,3%, 16%, 35,8% e 66,4%. Este foi o maior percentual entre todos os trimestres das seis estações pluviométricas estudadas. As informações estão representadas nas figuras 152 e 153.

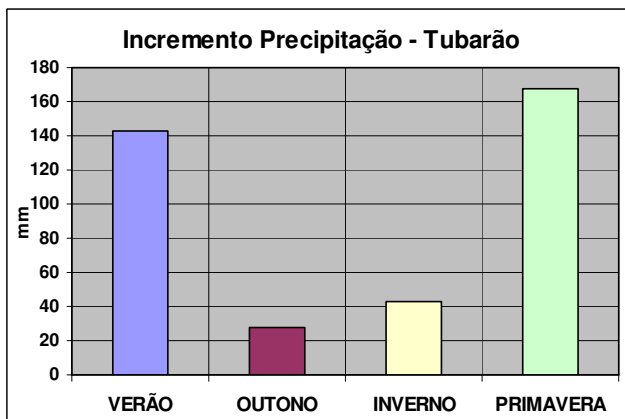


Figura 152 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

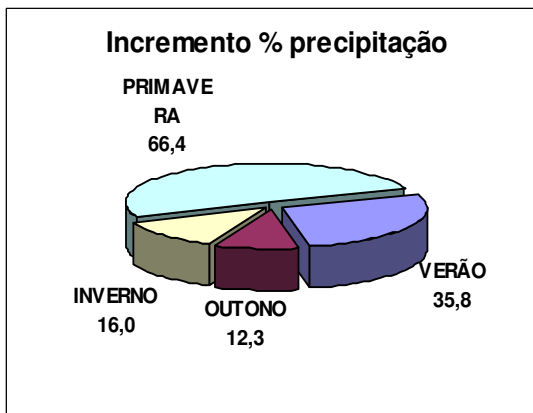


Figura 153 - Incremento sazonal absoluto da precipitação em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.7.2 Dias com Chuva – Evolução Trimestral Sazonal

O número de dias com chuva por trimestre em Tubarão está ilustrado nas figuras 154, 155, 156 e 157. O verão de 1996 apresentou o maior número, 60 dias chuvosos. Os anos de 2003 e 2006 apresentaram o menor número, 24 dias cada. A média foi de 40 dias.

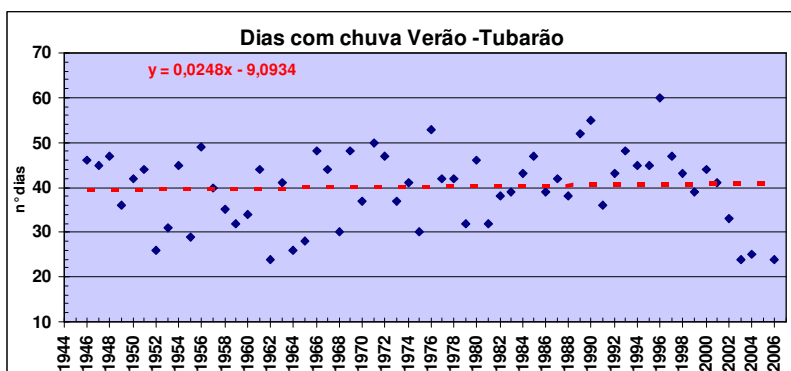


Figura 154 - Distribuição e tendência de dias com chuva no verão em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

No outono de 1989, houve 41 dias de chuva, enquanto em 1963, apenas 9 dias. A média da estação foi de 26 dias.

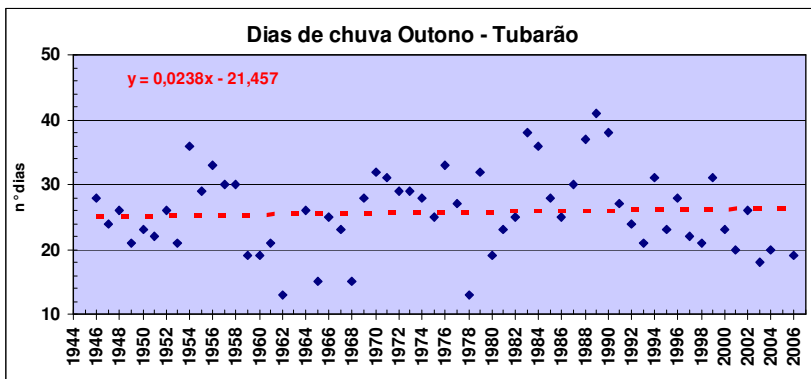


Figura 155 - Distribuição e tendência de dias com chuva no outono - Tubarão. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Os invernos com maior número de dias chuvosos ocorreram em 1953 e 1987, com 40 dias. Já 1991, com 12 dias, foi o de menor frequência diária. A média foi de 27 dias.

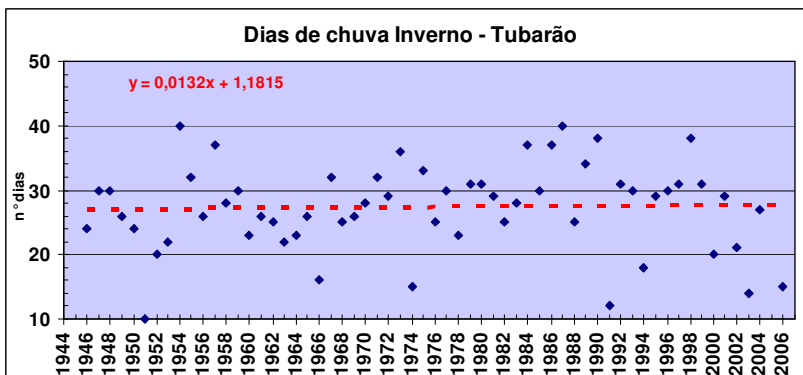


Figura 156 - Distribuição e tendência de dias com chuva no inverno - Tubarão. Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

A primavera de 1987 registrou 48 dias de chuva, e a de 1948 apenas 16 para uma média de 34 dias.

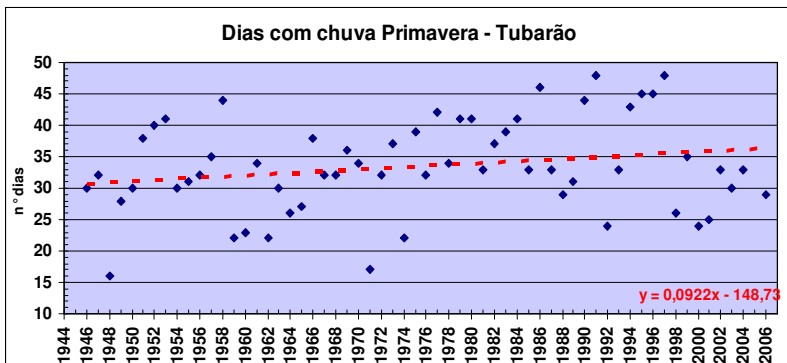


Figura 157 - Distribuição/tendência de dias com chuva primavera - Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O incremento de dias com chuva em Tubarão não foi tão expressivo como foi o aumento na precipitação. No outono, inverno e verão, foi de apenas 1 dia cada; na primavera, houve o adicional de 5 dias. Estes valores representam um incremento de 3,8% para o verão, 5,7% para o outono, 2,9% no inverno e 18% na primavera. As figuras 158 e 159 demonstram tais informações.

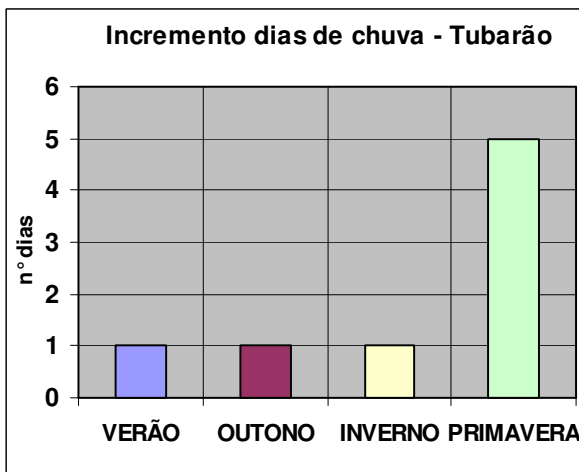


Figura 158 - Incremento sazonal absoluto dos dias com chuva em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

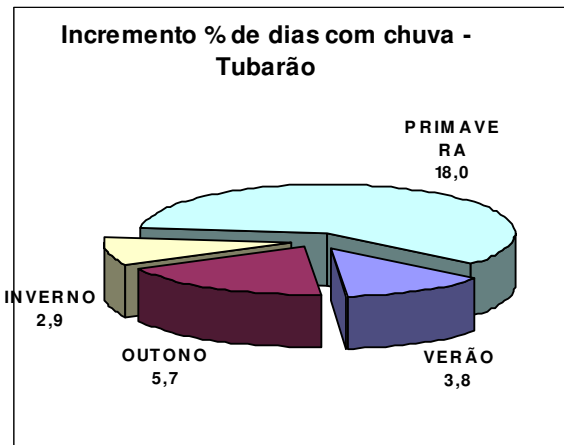


Figura 159 - Incremento sazonal percentual dos dias com chuva em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.7.3 Dias com Chuva Intensa – Evolução Decenal

A figura 160 ilustra o número de dias com chuva maior ou igual a 50 mm por decênio. Observa-se o incremento significativo de chuva intensa no verão no último decênio, com 22 ocorrências, e o gradativo aumento na primavera, com 12 eventos no período dos últimos dez anos estudados.

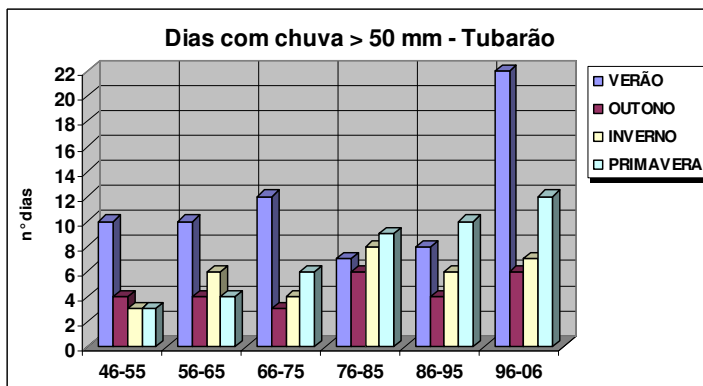


Figura 160 - Distribuição decenal da chuva intensa em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

O número de dias com chuva maior ou igual a 100 mm teve destaque no verão de 1974, com dois casos ocorridos em março, e também no ano de 1953, um na primavera e outro no verão. A figura 161 mostra a distribuição da chuva muito intensa nos decênios.

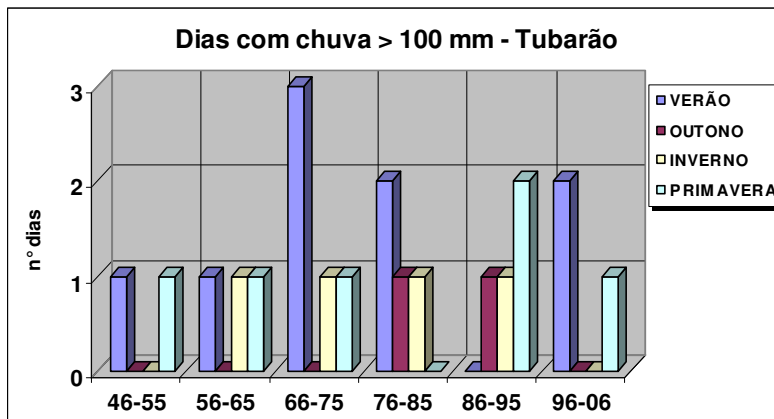


Figura 161 - Distribuição decenal da chuva ≥ 100 mm em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.7.4 Distribuição Anual - Precipitação, Dias com Chuva e Chuva Intensa

A precipitação anual em Tubarão cresceu 6 mm por ano, o que representou 31,3%. O ano com maior precipitação foi 1983, com 2.364 mm na fase quente da ODP e sob efeito de El Niño. O ano com menor precipitação foi 1951, com 903 mm em fase fria da ODP e neutra do ENOS. A média anual foi de 1.387,3 mm para o período estudado.

O número de dias com chuva teve o incremento de 9 dias no período, representando 16%. O ano que apresentou o maior número de dias foi 2001, com 159 dias. Já 1962, teve o menor registro, com 84 dias. A média foi de 126 dias. Os anos de 1997, 2002 e 2006 registraram cinco dias com eventos de chuva intensa. O incremento no período foi de 1,1 dia. As informações estão contidas nas figuras 162, 163, 164, 165 e 166.

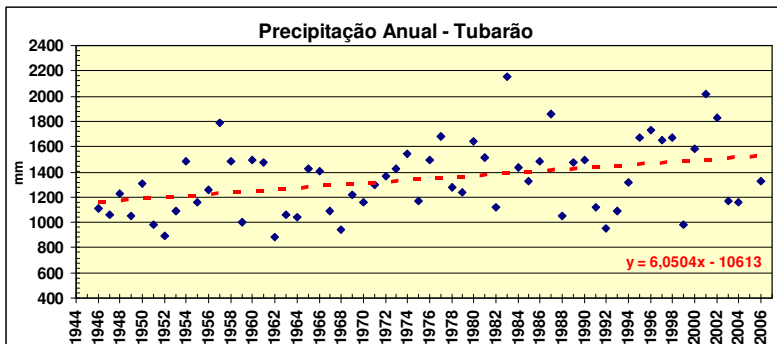


Figura 162 - Distribuição e tendência da precipitação anual em Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

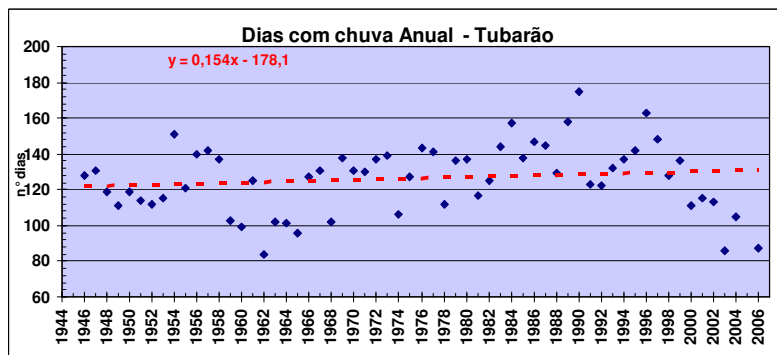


Figura 163 - Distribuição e tendência anual dos dias com chuva em Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

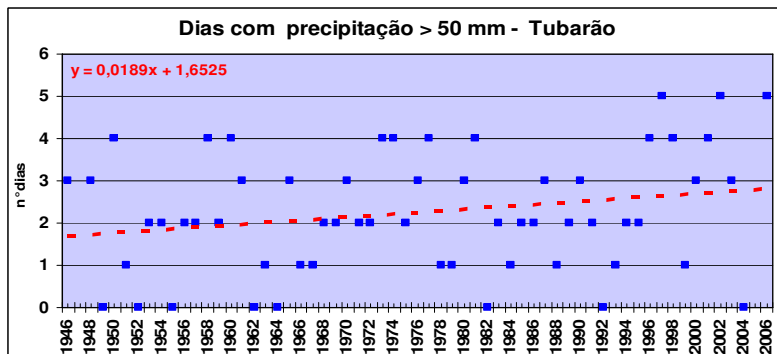


Figura 164 - Distribuição/tendência anual dos dias com chuva intensa - Tubarão.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

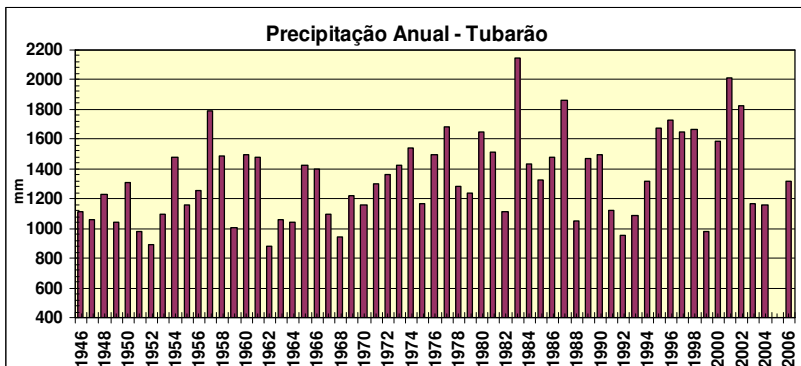


Figura 165 - Distribuição da precipitação anual em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

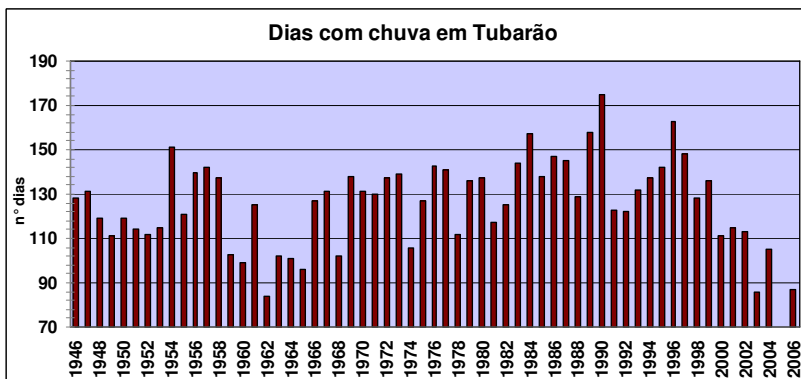


Figura 166 - Distribuição anual dos dias com chuva em Tubarão.

Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.7.5 Distribuição Mensal

A média mensal da quantidade de precipitação e do número de dias com chuva mostra que fevereiro, com 180 mm, é o mês com maior precipitação, enquanto junho, com 70 mm, é o de menor chuva.

O número de dias com chuva em janeiro e fevereiro foi 14, o máximo. Os meses com menor frequência diária, oito dias, foram maio, junho, julho e agosto. A figura 167 ilustra as informações mensais médias.

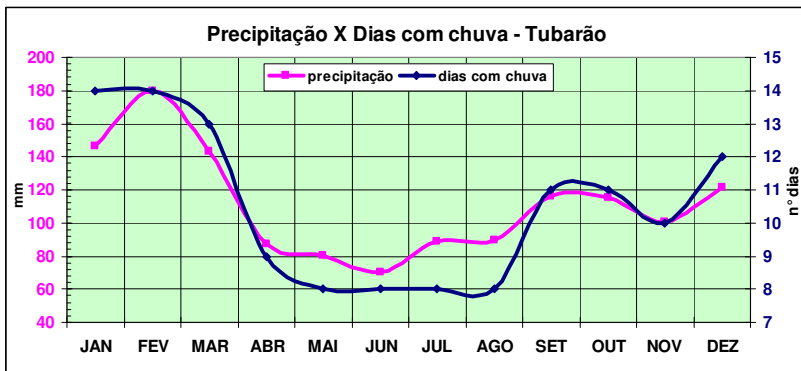


Figura 167 - Distribuição mensal média da precipitação e dias com chuva.
Fonte: ANA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

5.8 DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO/TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NA BHRT

5.8.1 Incremento da precipitação

Para facilitar a comparação dos resultados, as seis localidades foram incluídas em um mesmo gráfico, com seus valores sazonais, que mostram destacadamente os maiores incrementos no verão e na primavera.

O outono e o inverno tiveram um aumento pequeno, se compararmos ao verão e à primavera, conforme mostra a figura 168. Destacamos que, em Orleans, a precipitação decresceu no inverno.

Anitápolis e São Ludgero foram as localidades que tiveram o verão como estação com maior incremento, o que nas demais localidades ocorreu na primavera.

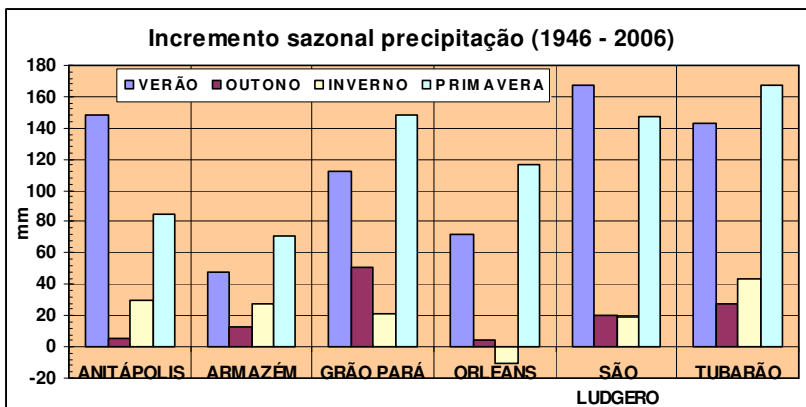


Figura 168 - Incremento sazonal da precipitação nas seis localidades.

Fonte: Rafael Marques (2009).

Os resultados encontrados por Berlatto (2007) no Rio Grande do Sul indicam que o aumento significativo da precipitação ocorreu no 3º trimestre (outono), para o período de 1950 a 2002.

Back (2001), com dados de Urussanga do período de 1924 a 1998, encontrou incremento expressivo no 4º trimestre, aumento menos significativo no 1º e no 3º trimestres, e diminuição no 2º trimestre (outono). Back e Justino (2009) incrementaram a pesquisa de Back (2001), com dados até 2008, e confirmaram o aumento nas proporções anteriores.

Com relação ao incremento anual do valor absoluto de precipitação, os postos meteorológicos podem ser divididos em 3 grupos: com aumento anual inferior a 200 mm - Armazém e Orleans; com aumento superior a 250 mm - Anitápolis; e com aumento superior a 300 mm - Grão Pará, São Ludgero e Tubarão. Dados mostrados na figura 169.

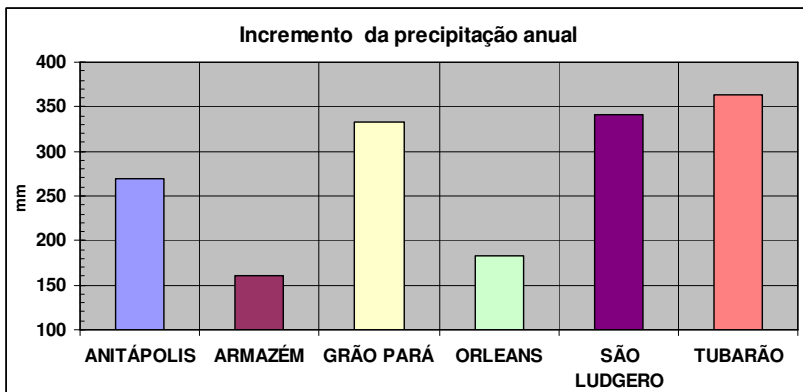


Figura 169 - Incremento anual na precipitação nas seis localidades.
Fonte: Rafael Marques (2009).

O aumento percentual da precipitação divide o universo dos postos em dois grupos: um com incremento menor que vinte por cento (20%) - Anitápolis, Armazém e Orleans; e outro com aumento superior a 20% - Tubarão, Grão Pará e São Ludgero (figura 170).

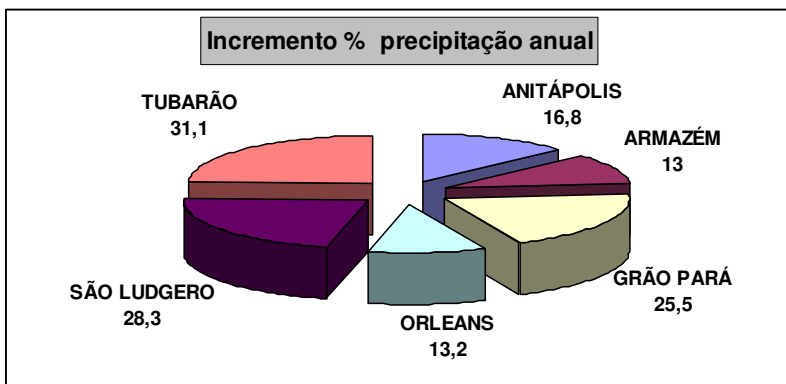


Figura 170 - Incremento percentual da precipitação anual nas seis localidades.
Fonte: Rafael Marques (2009).

Os resultados alcançados neste estudo, relativos ao incremento na precipitação anual, corroboram o estudo de Mendonça (2006), para a região sul do país, e de Berlato et al. (2007), para o Rio Grande do Sul, no período de 1950 a 2002.

Prudêncio et al. (1999), analisando 32 estações pluviométricas no litoral catarinense, com dados de 1961 a 1995, concluíram que houve aumento significativo da chuva em 12 estações, redução em uma e alterações pouco significativas nas demais (ou seja, na maioria). Rojahn da Silva (2001) também identificou tendência semelhante para o litoral catarinense. Victória e Pereira (2002) encontraram no estado locais com incremento e outros com diminuição nos totais pluviométricos. Alves, Braga e Campos (2006) demonstram o incremento anual da precipitação em vários pontos do estado.

Estudos regionais feitos por Back (2001), em Urussanga, com dados de 1924 a 1998, usando a metodologia da análise de regressão e testes de Mann Kendall e de Pettitt, mostram que há tendência significativa no aumento da precipitação total anual, da ordem de 3,4 mm por ano. Back e Justino (2009) refizeram o trabalho de Back (2001), com dados até 2008, e reiteraram os resultados anteriores com relação ao fato de que a precipitação anual em Urussanga, sul de SC, está crescendo, mas em ritmo menor do que até 1998.

5.8.2 Incremento dos dias com chuva

O incremento sazonal dos dias com chuva (valores absolutos) foi uniformemente distribuído em 5 estações pluviométricas na primavera, variando de 6 a 9 dias. Nos demais trimestres, as variações foram grandes e não permitiram a elaboração de grupos similares. Destacamos a ausência de valores para Armazém, pois os dados apresentaram inconsistências. A figura 171 mostra a distribuição dos dias com chuva nas localidades.

O posto de Orleans se destaca com um incremento de cinco a oito dias em todos os trimestres, assim como Grão Pará, com maiores incrementos no verão e primavera, e São Ludgero, na primavera e verão.

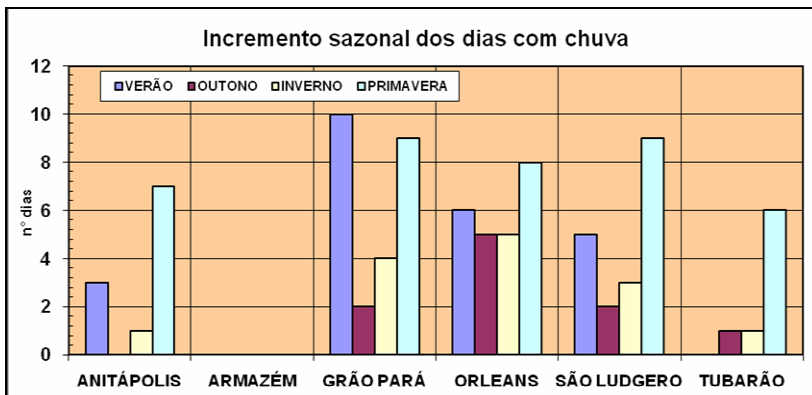


Figura 171 - Incremento sazonal dos dias com chuva nas seis localidades.

Fonte: Rafael Marques (2009).

O incremento anual absoluto nos dias de chuva, mostrado no gráfico 172, destaca Orleans e Grão Pará com 24 e 25 de chuva, acrescida no período de 1946 a 2006.

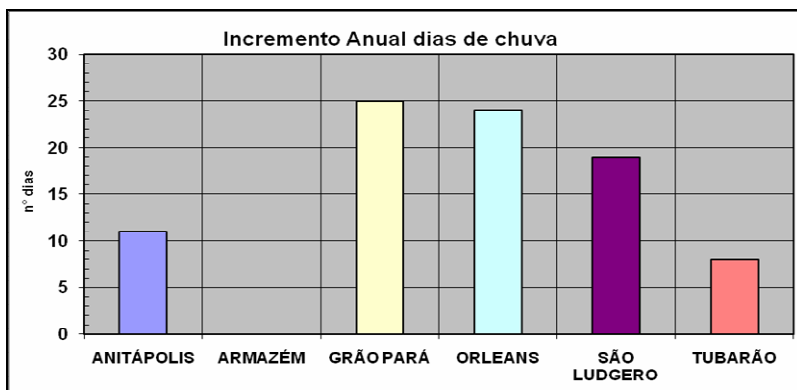


Figura 172 - Incremento anual no número de dias com chuva.

Fonte: Rafael Marques (2009).

A análise percentual do incremento dos dias de chuva demonstra que em São Ludgero o acréscimo de 28,5% foi mais significativo do que em Grão Pará e Orleans, que tiveram valores absolutos maiores, pois foram menos significativos em relação às suas médias históricas. A figura 173 ilustra este incremento.

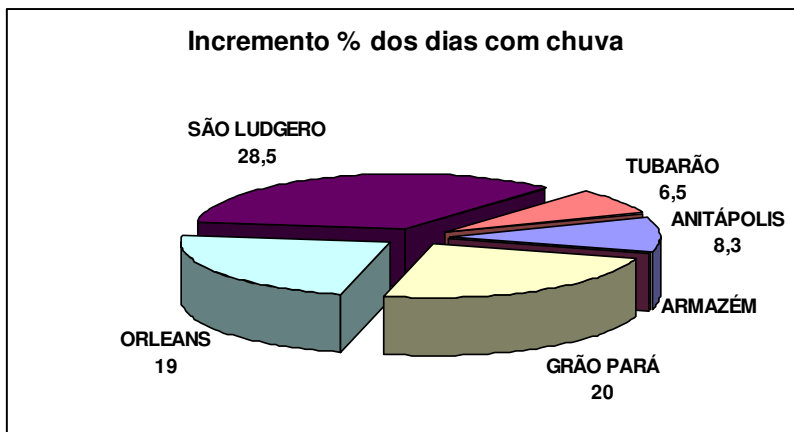


Figura 173 - Incremento percentual dos dias com chuva nas seis localidades.
Fonte: Rafael Marques (2009).

Quando analisamos conjuntamente as duas variáveis (incremento de precipitação e do número de dias com chuva), ou seja, calculamos a correlação entre elas para cada uma das localidades, observamos os seguintes valores:

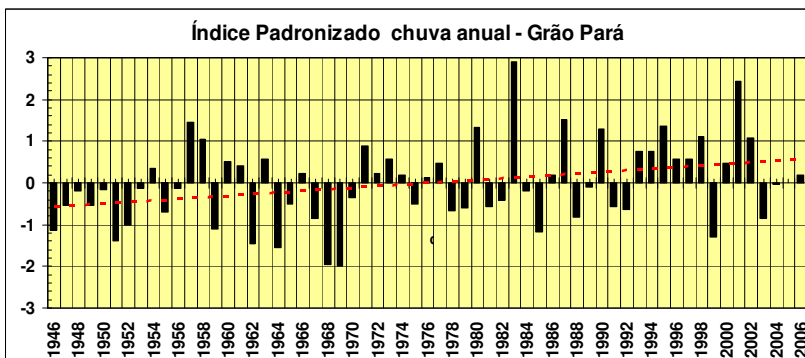
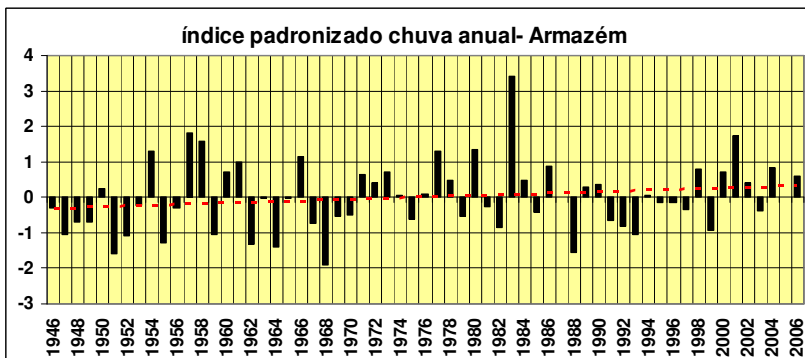
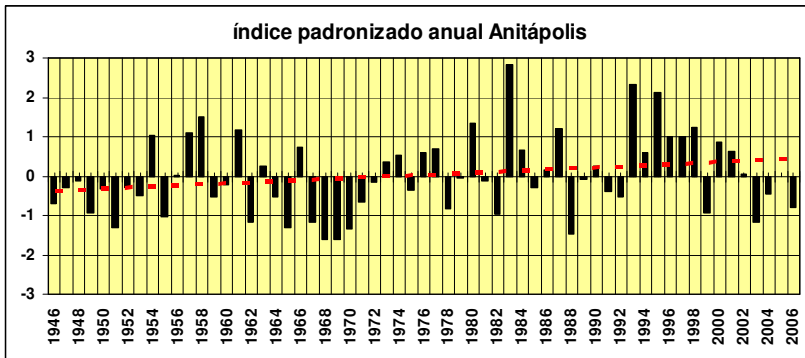
Orleans	0,95
Grão Pará	0,85
São Ludgero	0,76
Anitápolis	0,56
Tubarão	0,55

Estes valores indicam que há coerência entre o incremento de precipitação e do número de dias com chuva, em Orleans de 95%.

5.9 OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO E ÍNDICE PADRONIZADO DE CHUVA ANUAL

Para comparar o Índice de Oscilação Decadal do Pacífico com as informações da precipitação anual na BHRT, elaboramos um gráfico para cada localidade com o Índice Padronizado, pois assim os

parâmetros de diferentes grandezas são comparáveis. Abaixo, os gráficos que ilustram o total de precipitação anual das seis localidades, na figura 174, e o gráfico mostrando a ODP na figura 175, traçados com a linha de tendência.



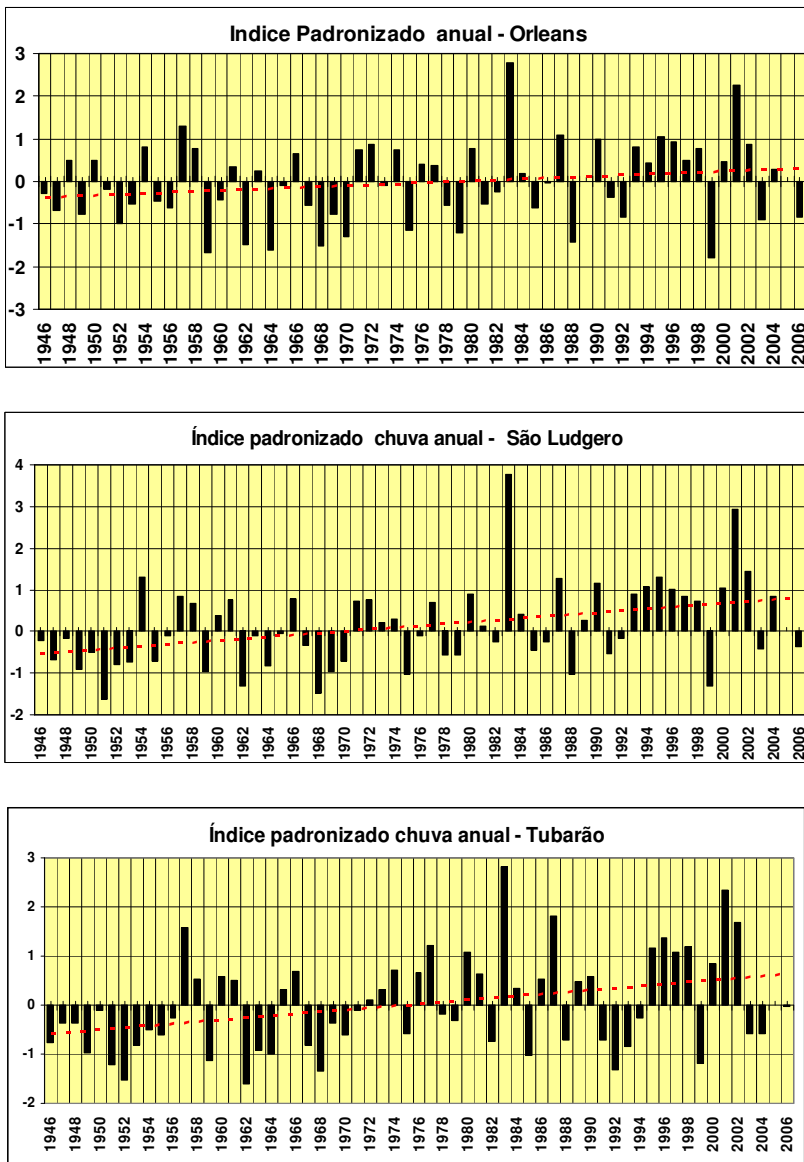


Figura 174 - Índices padronizados da chuva anual nas seis localidades.

Fonte: Rafael Marques (2009).

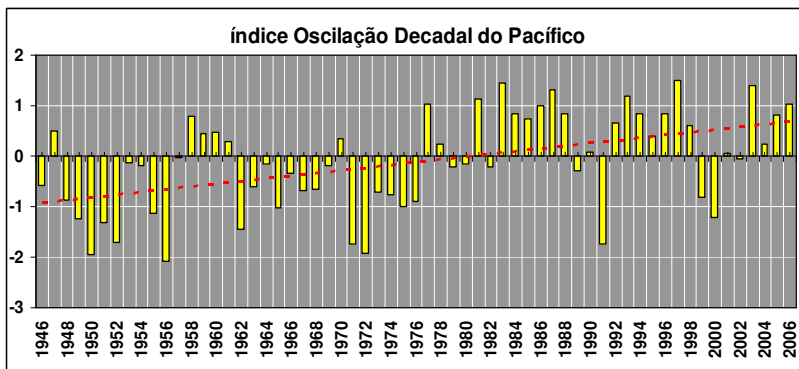


Figura 175 - Índices padronizados da Oscilação Decadal do Pacífico.

Fonte: JISAO-NOAA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Observamos que as anomalias negativas na precipitação ocorreram predominantemente até a metade da década de 1970, enquanto, a partir da segunda metade, prevaleceram as anomalias positivas, fato que coincide com a mudança de fase fria para a fase quente da ODP.

A tendência da precipitação (linha pontilhada vermelha) em todas as localidades teve o mesmo comportamento, acompanhando a tendência da ODP. Situação similar foi encontrada por Clarke, Tucci e Collischonn (2003), estudando a Bacia do Rio da Paraguai. Berlato et al. (2007) também encontraram esta relação em várias localidades gaúchas, assim como Molion (2008) cita casos e explica o funcionamento desta conexão. Diniz et al. (2009) encontram relação entre ODP e Temperatura Máxima, no Rio Grande do Sul.

Os resultados desse trabalho, bem como dos acima citados para outras regiões do país, principalmente no sul, demonstram a influência das oscilações da temperatura no Pacífico na variabilidade da precipitação. Essa influência sobressai quando analisamos os resultados obtidos por Back (2001) na estação meteorológica de Urussanga, localizada na bacia hidrográfica do rio homônimo, ao sul da BHRTCL.

A Estação de Urussanga tem uma série histórica iniciada em 1924, o que permite compararmos com outra fase quente da ODP, além das duas (fria/quente) citadas neste estudo. A figura 176 ilustra o índice padronizado da chuva anual em Urussanga.

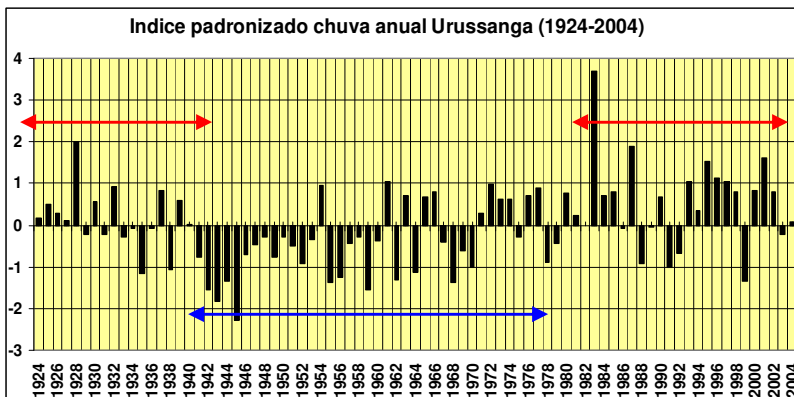


Figura 176 - Índices padronizados da chuva anual em Urussanga.
Fonte: Epagri. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Os índices anuais da Oscilação Decadal do Pacífico estão na figura 177, onde as fases quentes estão indicadas pelas setas vermelhas e a fase fria pela seta azul.

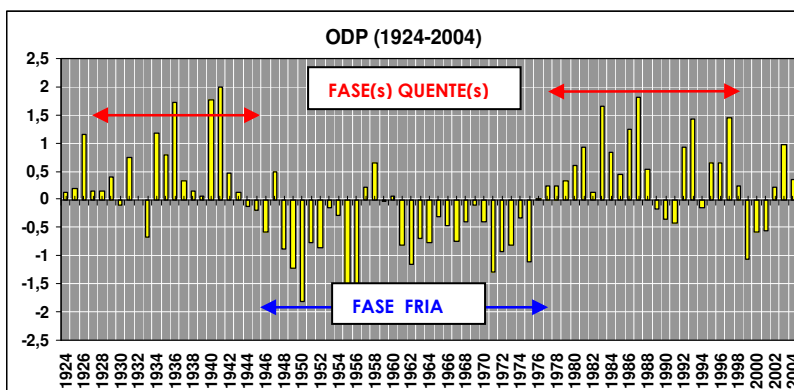


Figura 177 - Índices da ODP de 1924 a 2004.
Fonte: JISAO-NOAA. Adaptado por Rafael Marques (2009).

Constatamos que os índices padronizados da precipitação anual para Urussanga tiveram uma relação com a fase quente da ODP, de 1924 até 1943, assim como nas outras duas fases subsequentes. Sugerimos que também as estações da BHRTCL devem ter seguido a mesma tendência, demonstrada para as duas últimas fases da ODP (1947-1976 e 1977-1998), reforçando assim a correlação entre a

precipitação na região sul de SC e as anomalias de temperatura do Oceano Pacífico norte. Desse modo, apesar das tendências apontarem para um aumento da precipitação, devemos esperar uma nova fase fria de ODP e, conseqüentemente, períodos de precipitações menos abundantes para os próximos anos. A tendência pode ser observada nos primeiros anos da fase fria de ODP (2003-2005), pelo registro de fortes estiagens em algumas regiões do Estado.

6 EXPERIMENTO QUALITATIVO DA PRECIPITAÇÃO EM TUBARÃO

O químico inglês Robert Argus Smith é considerado o pioneiro na discussão do assunto e criador da expressão chuva ácida, com a publicação, em 1872, do livro “Os Inícios de uma Climatologia Química”, onde analisou a chuva em Manchester e relacionou o pH da chuva com a combustão de carvão.

No Brasil, Ribeiro Filho (1979) foi um dos pesquisadores que deu início aos estudos sobre acidez da chuva na Bahia. Cowling (1982) apresenta um resumo dos principais estudos sobre chuva ácida e seus efeitos, no Brasil. O estudo da chuva ácida na floresta da Tijuca, por Brown (1983), Ferreira e Moreira (1984) analisou a composição da água da chuva em quatro pontos de Salvador.

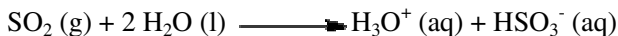
Em Santa Catarina, os estudos foram iniciados por Lisboa e Sant’anna (1990), analisando a chuva em Tubarão, e continuados por Lisboa, Costa e Waltortt (1992), que analisaram a qualidade da água de chuva no campus da UFSC, em Florianópolis.

Mirlean, Vanz e Baisch (1999) estudaram a acidificação da chuva em Rio Grande (RS); Da Cunha e Dalmago (2000), o pH da chuva em Passo Fundo (RS); Zamparoni et al. (2005) fizeram monitoramento da chuva ácida em Cuiabá (MT); Tresmondi, Tomaz e Krusche (2005) analisaram a chuva em Paulínea (SP); Migliavacca et al. (2005) abordaram o tema na região de Candiota (RS) e Martins (2008) avaliou as águas de chuva em Florianópolis, Criciúma, Tubarão e São Martinho (SC).

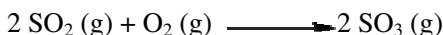
Destacamos o trabalho de Maurici A. Monteiro, que em 1997, apresentou a dissertação “Avaliação das condições atmosféricas no entorno do complexo termelétrico Jorge Lacerda para controle da qualidade do ar.” Este autor analisou as concentrações de poluentes aéreos, através dos dados de monitoramento de dióxido de enxofre (SO₂) e material particulado, relacionando-as com os sistemas atmosféricos. Os dados são referentes ao período de 1987 a 1994.

A chuva ácida é causada pela presença de gases, principalmente óxidos ácidos de enxofre e nitrogênio solúveis em água, que saem das chaminés industriais, da descarga dos motores a combustão interna (automóveis, caminhões e motocicletas) e de usinas termelétricas. Misturados à umidade presente no ar, hidrolisam-se, formando ácidos que caem sobre a terra por meio da chuva. O dióxido de enxofre (SO₂) é originado como subproduto da queima de combustíveis fósseis, como

derivados de petróleo e carvão. Ele pode se combinar diretamente com água, formando um ácido fraco, chamado ácido sulfuroso, H_2SO_3 . Senão, vejamos:



Além disso, na presença de material particulado e aerossóis do ar, o dióxido de enxofre pode reagir diretamente com o oxigênio atmosférico, e formar trióxido de enxofre, que, por sua vez, produz ácido sulfúrico e água:



A água neutra tem pH 7. A chuva torna-se naturalmente ácida pela dissolução do dióxido de carbono da atmosfera. O dióxido de carbono reage reversivelmente com a água para formar um ácido fraco: o ácido carbônico. No equilíbrio, o pH dessa solução é 5,6; assim a água da chuva é naturalmente acidificada pelo dióxido de carbono. Qualquer chuva com pH abaixo de 5,6 é considerada ácida, o que acaba alterando o equilíbrio químico do solo.

Francisco (2003) identifica alguns problemas causados pela chuva ácida ao meio ambiente:

Uma das consequências diretas é a diminuição do cálcio disponível, um elemento metálico fundamental para as plantas. O cálcio contido no solo está intercalado entre as camadas de silicatos das argilas. As argilas apresentam uma propriedade química chamada 'troca iônica'. Neste processo, os ácidos 'empurram' íons de hidrogênio às argilas, que acabam liberando os íons de cálcio que existem naturalmente no solo. Quando combinado desta nova forma, o cálcio se torna pouco útil para a planta, que passa a ter muita dificuldade em absorvê-lo. Quando o ácido presente é o ácido sulfúrico, isto se torna ainda mais grave, pois há a formação de sulfato de cálcio (CaSO_4), um sal que não se dissolve na água, e que, portanto, as plantas não conseguem consumir.

Outros reveses provocados pela chuva ácida são os danos nas edificações (residenciais, industriais, patrimônios históricos) e a acidificação de águas superficiais (lagos, lagoas, rios) e subterrâneas

(lençol freático, aquíferos). Entretanto, os males para a saúde dos seres vivos parecem configurar-se entre os mais significativos e sobre os quais poucos estudos foram realizados.

Na avaliação do Prof. Paulo Saldiva¹, a poluição do ar já deixou de ser apenas um problema ambiental e passou para a esfera da saúde pública. “A má qualidade do ar comprovadamente reduz a expectativa de vida, aumenta a mortalidade, leva ao abortamento e eleva os riscos de doenças cardíacas e de câncer”, afirma o patologista. (Newsletter FMUSP, 11/2006).

Citando, o Atlas de Energia Elétrica no Brasil (EPE, 2002),

a queima de carvão em indústrias e termelétricas causa graves impactos socioambientais, em face da emissão de material particulado e de gases poluentes, dentre os quais se destacam o dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). Além de prejudiciais à saúde humana, esses gases são os principais responsáveis pela formação da chamada chuva ácida, que provoca a acidificação do solo e da água e, conseqüentemente, alterações na biodiversidade, entre outros impactos negativos, como a corrosão de estruturas metálicas.

As usinas termelétricas movidas a carvão instaladas no Brasil utilizam tecnologias que não minimizam a emanação de poluentes atmosféricos gasosos. Destacamos que, nos Estados Unidos, o plano *Clean Air Act* está em execução para minimização da poluição, sendo aplicado pela agência ambiental EPA. A União Européia (UE) aplica o programa *Clean Air for Europe* (CAFE). Ambos os programas poderiam servir de modelo para discutirmos a elaboração de políticas ambientais no Brasil, em virtude da recém opção pela expansão da matriz termelétrica.

As tecnologias disponíveis para produção de energia termelétrica são mostradas na figura 178, abaixo:

¹ Paulo Hilário Nascimento Saldiva, médico patologista, professor titular e chefe do Departamento de Patologia e dos laboratórios de diagnóstico da Faculdade de Medicina da USP e pesquisador do Departamento de Saúde Ambiental da Universidade Harvard (EUA).

TABELA 8.2		Síntese do estado da arte de tecnologias de combustão eficiente do carvão			
Tecnologia	Situação	Eficiência de conversão (%)	Custo de capital (US\$/kWe)	Redução nas emissões %	
				SO _x	NO _x
Combustão Pulverizada	Comercial	38-47	1300-1500	-	-
Comb. em Leito Fluid. I*	Com./Dem.	34-37	1450-1700	90-95	60
Comb. em Leito Fluid. II**	Com./Dem.	37-39	1450-1700	90-95	60
Comb. em Leito Fluid. III***	Demonstrado	42-45	1450-1700	98-99	70
Gaseificação Integrada (GI)	Demonstrado	45-48	1450-1700	92-99	98-99
Célula de Combustível GI	P&D	40-60	1700-1900	85-95	92
Combustão Direta (Turbina)	P&D	35-45	1200	85-95	70-80
Combustão Direta (Diesel)	P&D	35-40	500-1000	80	50

Fonte: AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. Energy technologies for the 21st Century. Paris, 1997. Disponível em: www.iaea.org/techno/index.htm.

(*) Pressão atmosférica
 (**) Circulação (vapores sub e supercríticos)
 (***) Pressurização (vapores sub e supercríticos)

Figura 178 - Processo de combustão do carvão.

Fonte: EPE (2002).

Destacamos que as unidades instaladas na região utilizam a combustão pulverizada (Enerconsult), que não promove redução nas emissões de SO_x e NO_x.

6.1 RESULTADOS

Foram realizadas 32 campanhas de amostragem de chuva no período de novembro/2006 a dezembro/2007, realizadas em 30 dias. As amostragens foram distribuídas em: quatro dias - novembro/2006; um dia - dezembro/2006; três dias - janeiro, fevereiro e julho/2007; dois dias - abril, maio, junho, agosto e outubro/2007 e um dia - setembro, novembro e dezembro/2007.

Do total de 207 amostras de chuva coletadas na cidade de Tubarão, os valores do pH da precipitação em 85% delas apresentaram-se ácidos, ou seja, com pH menor que 5,6; enquanto, em 12,6%, os valores foram menores que 4, ou seja, bastante ácidos, como ilustrado na figura 179.

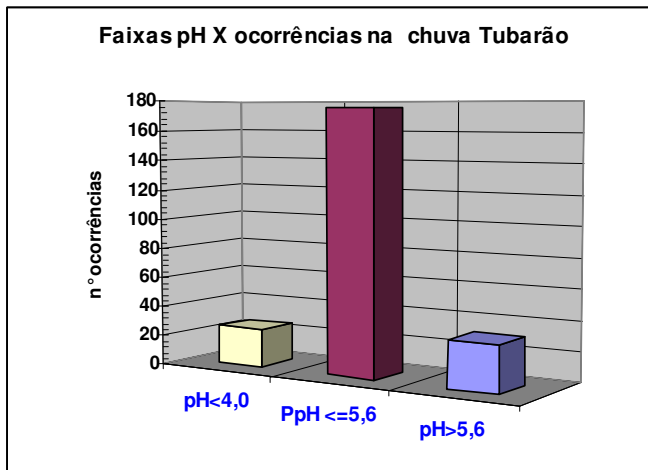


Figura 179 - Distribuição do pH.

Fonte: Rafael Marques (2008).

O pH médio da precipitação foi 4,76, e o mínimo foi pH 3,06. A distribuição nos devidos intervalos de tempo está na tabela 10. As leituras realizadas nos primeiros cinco minutos, na maioria das vezes, tiveram valor um pouco maior que a subsequente, provavelmente em função da poeira existente na atmosfera, composta geralmente por cátions de cálcio.

Tabela 10 - Resultados do pH.

Análise	5'	10'	15'	20'	30'	40'	60'	90'	120'	média
pH médio	5,01	4,75	4,82	4,71	4,80	4,77	4,69	4,65	4,61	4,76
pH máx.	7,31	5,78	6,54	6,20	6,38	6,36	6,36	5,98	5,94	7,31
pH min.	3,33	3,58	3,41	3,29	3,06	3,71	3,21	3,41	3,58	3,06

Fonte: Rafael Marques (2008).

Os resultados de pH da água de chuva que encontramos neste trabalho são comparáveis aos obtidos por Lisboa (1990) e Martins (2008), que obtiveram valores um pouco maiores de pH 3,00 e na maioria dos casos com valores inferiores a 5,65, caracterizado a acidez da precipitação.

Apesar de não analisar os ânions e cátions componentes da precipitação em Tubarão, citamos o estudo realizado na cidade de Rio Grande (RS) pela geógrafa Suzane Silva de Sá (2005). Ao analisar pH e íons componentes da precipitação, ela encontrou a forte influência de

sódio e cloreto de origem marinha, que alcalinizaram as emissões antrópicas (ácidas) da cidade, pois detectou, na média, um pH próximo de 5,6.

6.2 CASOS EXTREMOS

Para representar eventos que tiveram medidas de pH diametralmente opostas, escolhemos as análises realizadas dias 18 de fevereiro e 25 de dezembro de 2007 para demonstrar as condições atmosféricas reinantes. Com as imagens de satélite e cartas sinóticas do dia e dos dois dias anteriores, juntamente com a ilustração da análise rítmica de cada um dos meses, procuramos identificar as condições atmosféricas relacionadas com cada um dos eventos, desde a forte acidez da água da chuva do dia 25/12 até a quase neutralidade do dia 18/02.

6.2.1 Evento do dia 25 dezembro 2007

Os dias 23, 24 e 25 de dezembro de 2007 estavam sob domínio da massa tropical continental. As temperaturas máximas estiveram entre 30 e 32°C, a pressão atmosférica diminuiu de 1.011 para 1.008 hPa - caracterizando uma baixa pressão sobre o sul de SC -, houve um leve aumento na umidade relativa e chuva de 12 mm. O vento em superfície nas sessenta e cinco horas anteriores predominou de norte (N), nordeste (NE) e lé-s-nordeste (ENE), com intensidades máximas em torno de 20Km/h (5,6 m/s).

O pH variou de 3,06 a 3,88. Esta amostragem foi a que registrou menor valor absoluto de pH entre as analisadas.

As condições atmosféricas reinantes até as 18 horas, quando começou a chover, correspondem às observações de Monteiro (1997, p. 68) quando, referindo-se à análise de altos índices horários de dióxido de enxofre, descreve:

[...] tempo bom com pouca nebulosidade média e alta, frentes frias ao sul da área, entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul, anticiclone ao norte da área. Em consequência os ventos eram do quadrante norte com intensidades médias de 3 a 5 m/s [...]. As condições eram, portanto, de situações pré-frontais.

Continuando as observações de Monteiro (1997, p. 69):

A estabilidade do ar é intensificada quando a aproximação de uma frente ou linha de instabilidade, ambas caracterizadas por baixa pressão atmosférica. Nestas condições parte do ar quente pré-frontal ascende na rampa frontal e retorna à superfície ainda mais aquecido, aumentando desta forma a estabilidade. Esta situação dificulta a dispersão dos poluentes resultando, por conseguinte, em altos índices horários de concentração.

As condições atmosféricas descritas acima no primeiro evento extremo estão ilustradas nas imagens de satélite na figura 180, as cartas sinóticas, na figura 181 e a análise rítmica do mês de dezembro, na figura 182. As imagens de satélite e cartas sinóticas são dos dias 23, 24 e 25 de dezembro.

A imagem de satélite do dia 23 mostra a região centro sul da América do Sul sob influência da MTC, sem formação de nuvens. As imagens seguintes ilustram a frente fria sobre o Uruguai e Região Sul de Santa Catarina.

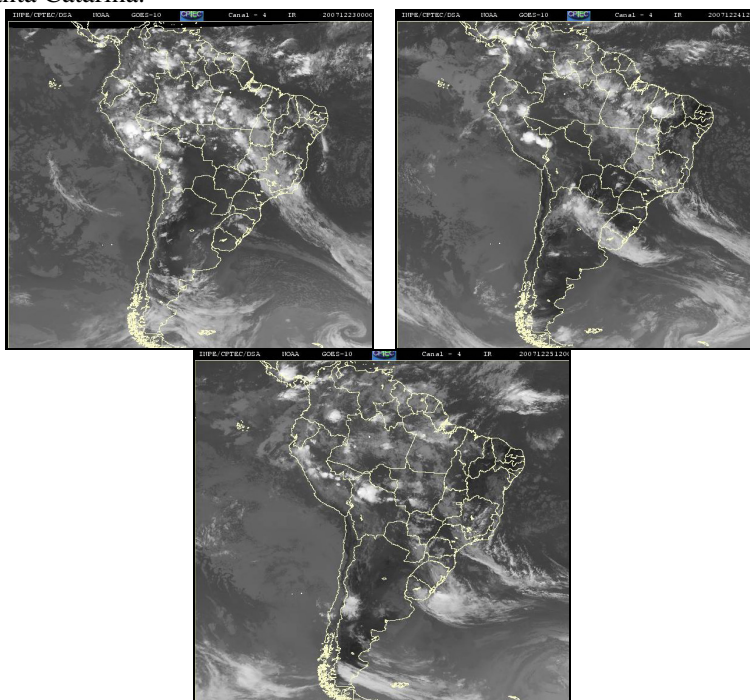


Figura 180 - Imagens satélite dos dias 23, 24 e 25 dezembro 2007.
Fonte: CPTEC/INPE (2008).

As cartas sinóticas evidenciam a linha de instabilidade e a baixa pressão sobre a região, assim como o posicionamento do anticiclone do Atlântico Sul, promotor dos ventos do quadrante nordeste.

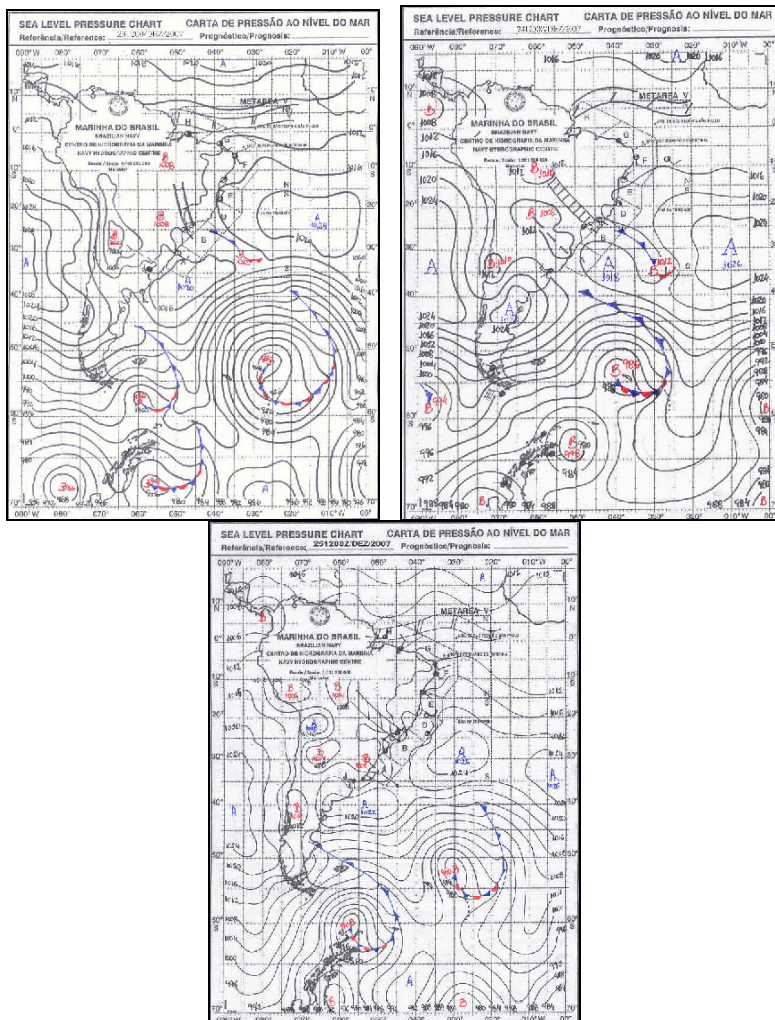


Figura 181 - Cartas sinóticas dos dias 23, 24 e 25 de dezembro de 2007.
Fonte: Marinha do Brasil (2008).

Observa-se, no gráfico rítmico (figura 169), que nos dias que antecederam a coleta e análise da amostra, dominou a MTC quente e e

seca, promotora de estabilidade atmosférica. Esta condição é observada na mínima alteração ocorrida nos parâmetros atmosféricos (temperatura, umidade e pressão), mostrando que a atmosfera apresentava-se estável, e intensificando-a com o sistema pré-frontal.

A não dispersão dos poluentes concentrou-os na região que gerou a forte chuva ácida no dia 25.

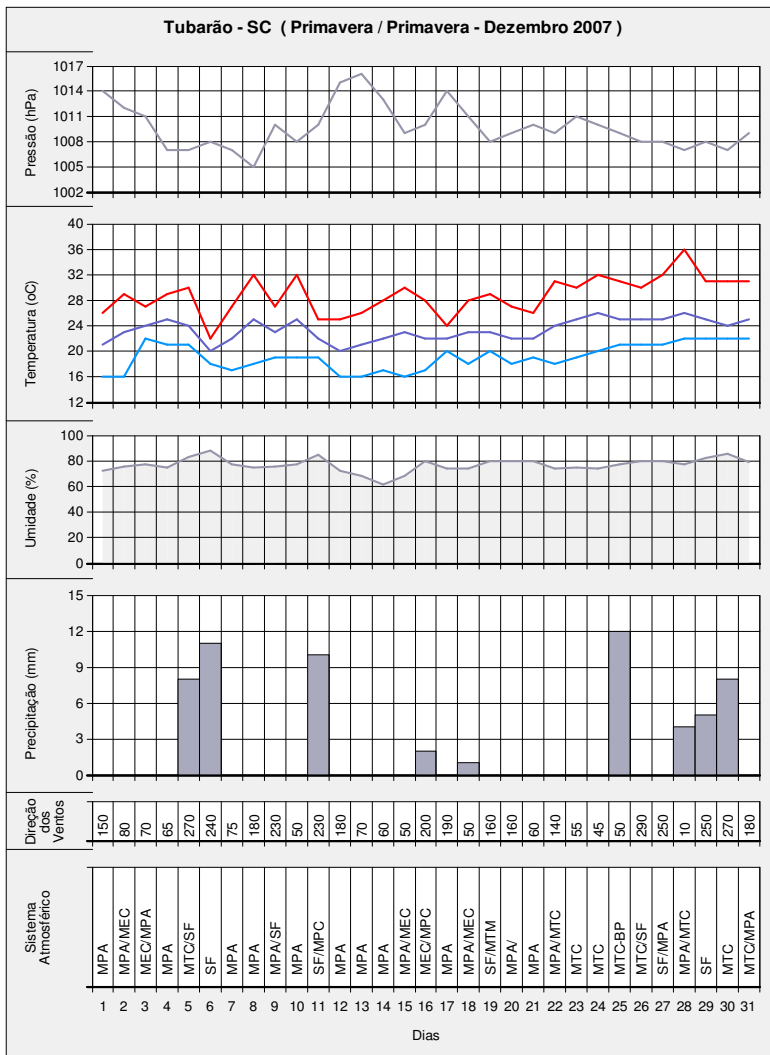


Figura 182 - Análise rítmica para Tubarão em dezembro de 2007.

Fonte: Rafael Marques (2009).

6.2.2 Evento do dia 18 de fevereiro de 2007

A chuva ocorrida no dia 18 de fevereiro apresentou pH médio de 5,57, ou seja, normal. A massa de ar tropical continental predominou nos dois dias anteriores. A temperatura máxima baixou de 35° para 25°C, a pressão atmosférica, de 1.002 foi a 1.009 hPa, a umidade relativa média subiu de 60 para 90% e choveu 4,4 mm. O vento nas cinquenta e oito horas (58h) anteriores predominou de sudeste. O pH variou de 5,17 a 5,95.

Monteiro (1997, p. 70), fazendo a análise de baixos índices de poluentes no entorno do CTJL, relata:

As condições sinóticas que predominaram nestas situações foram: frente fria sobre os estados de SC e PR, anticiclone polar localizado ao sul da área ... tempo nublado com chuvas esparsas...

Continuando, Monteiro (1997, p. 73) descreve:

A massa de ar mais instável, portanto a que induz à dispersão de poluição e que atua no verão sobre a Região Sul, é a Equatorial Continental. Sua atuação e evidenciada quando uma frente sobre o oceano Atlântico ao longo da região sul ligando esta com outras baixas sobre o oeste amazônico.

Nos dois casos extremos, as condições analisadas neste experimento coadunam com os estudos de Maureci Monteiro (1997), demonstrando que extremos do pH ocorreram em condições atmosféricas semelhantes a situações de alta concentração de poluentes emitidos pelo CTJL.

As figuras 183, 184 e 185 ilustram, respectivamente, as imagens de satélite, cartas sinóticas e gráfico com análise rítmica em Tubarão.

As imagens de satélite ilustram o posicionamento do anticiclone Polar, inicialmente a sul-sudeste da Região Sul de Santa Catarina, e em deslocamento para leste. Tal condição foi geradora do vento sudeste que predominou na região nos dias anteriores e no dia 18.

A imagem do dia 18 mostra o corredor de nuvens ligando a frente fria sobre o oceano com a Amazônia.

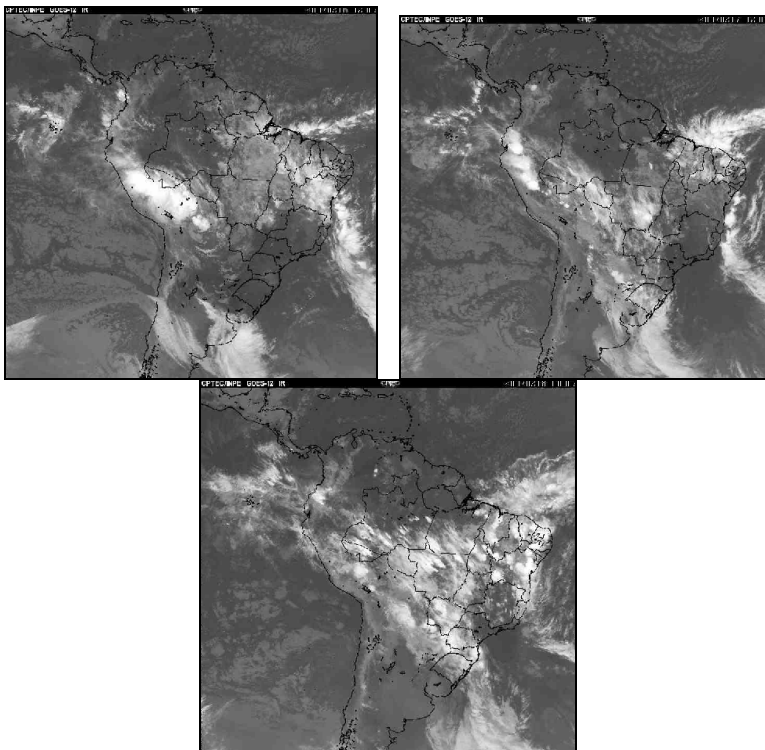


Figura 183 - Imagens de satélite dos dias 16,17 e 18 de fevereiro de 2007.
Fonte: CPTEC/INPE (2008).

As cartas sinóticas confirmam o posicionamento da massa polar sobre o oceano, geradora do vento sudeste. Ilustram também o deslocamento da frente fria sobre o oceano, ligada a outros sistemas de baixa pressão no interior do continente.

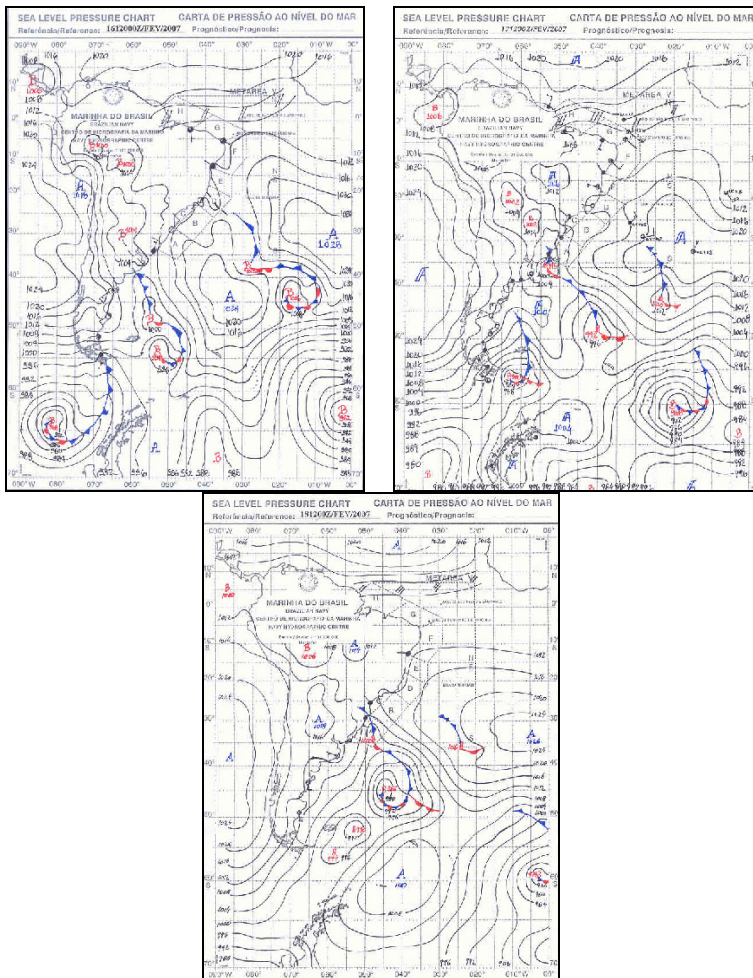


Figura 184 - Cartas sinóticas de superfície dos dias 16, 17 e 18 de fevereiro de 2007.

Fonte: Marinha do Brasil (2008).

O gráfico rítmico mostra que nos dias anteriores à amostragem, o sul de Santa Catarina estava sob o domínio da MEC, condição que promoveu a elevação da temperatura e baixa da pressão atmosférica.

As significativas alterações dos parâmetros atmosféricos (temperatura e pressão), nos dias anteriores à coleta, demonstram o movimento das massas de ar que geraram instabilidade atmosférica, condição que facilitou a dispersão dos poluentes.

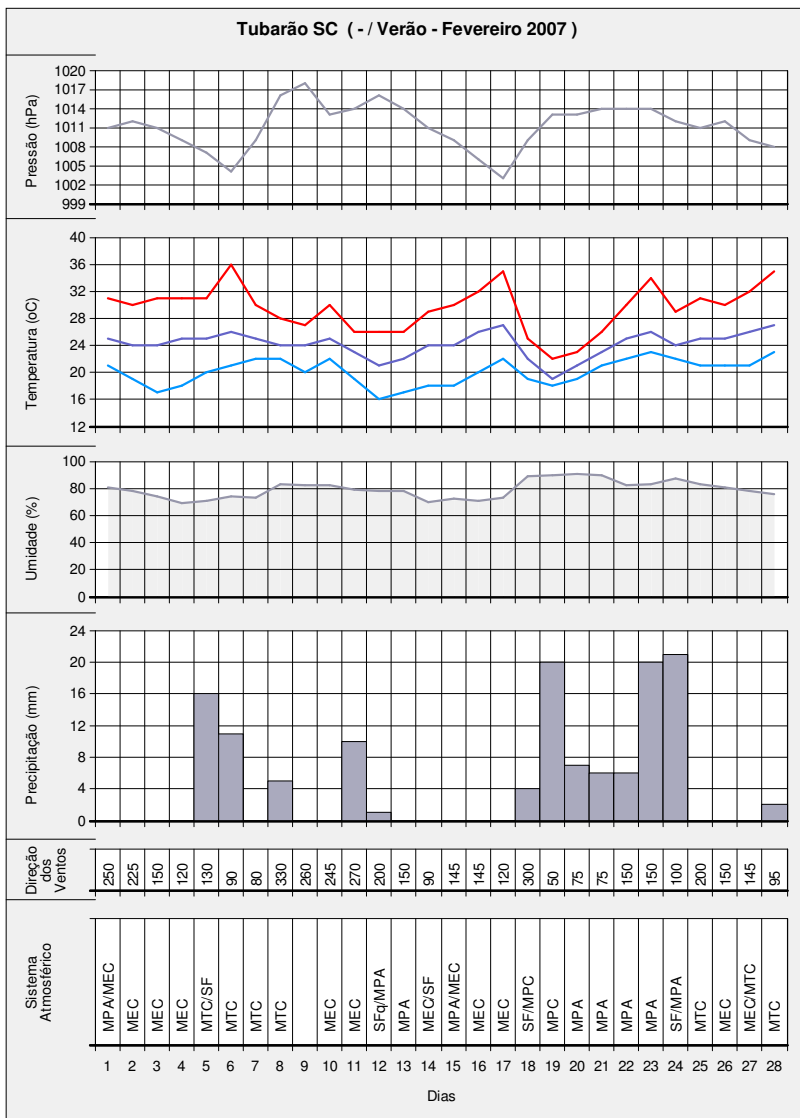


Figura 185 - Análise rítmica para Tubarão, do dia 18 de fevereiro de 2007.

Fonte: Rafael Marques (2009).

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão teve um incremento anual nas seis estações pluviométricas estudadas, assim como também no número de dias com chuva.

Destacamos que os aumentos mais expressivos em relação à média histórica ocorreram em Tubarão (33,3%), São Ludgero (28,3%) e Grão Pará (25,5%). Já os demais postos tiveram incremento menos significativos; são eles Anitápolis (16,8%), Orleans (13%) e Armazém (13%).

Expressivamente superior foi o aumento da precipitação ocorrida no 1º e 4º trimestres (verão e primavera) nas seis (6) estações, destacando que em São Ludgero e Anitápolis o trimestre representando o verão teve o maior aumento. Nos demais pontos, prevaleceu o trimestre descrito como primavera.

Tratando dos dois trimestres intermediários, os incrementos foram significativamente inferiores aos dos outros trimestres. Em Orleans, no inverno, a precipitação teve uma pequena diminuição.

Para compreensão dos motivos que levaram ao aumento da precipitação pluviométrica na Bacia do Rio Tubarão, sugerimos duas prováveis condicionantes:

- A) Uso e mudança na cobertura da terra;
- B) Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Como os incrementos significativos na precipitação aconteceram nos trimestres em que a insolação aumenta, sugerimos que a chuva adicional está sendo alimentada pela atividade convectiva. Tal condição promove a intensa evaporação. E esta umidade, em contato com um maior número de núcleos de condensação alimentados pela poluição e alterações no uso do solo, condensa na forma de nuvens, e retorna sob a forma de chuva.

No início da primavera, o aumento da precipitação também está associado aos CCMs, que se deslocam de oeste para leste sobre a região.

Outro fator contribuinte com o aumento da chuva nos primeiros meses do ano é o paulatino aquecimento do oceano, que tem maior evaporação carregada pela circulação marítima ao continente.

O menor incremento da precipitação na localidade de Armazém, em relação às outras localidades, especialmente no verão e primavera, sugerimos que se dê em função de sua localização a sotavento do litoral. Os ventos predominam de nordeste na estação e variações de leste na

circulação marítima. Como a estação está localizada ao pé do morro com 300 metros de altitude e muito próxima a uma cadeia de morros com 700 metros, que fazem parte do final da Serra do Mar, acaba por sofrer o efeito catabático. Ainda, outro fator que pode ter colaborado é a inexistência de dias com chuva maior ou igual a 100 mm nos dois últimos decênios, condição que atingiu as demais localidades.

Em relação ao número de dias com chuva, destacamos a ausência de incremento em Tubarão no verão, contrastando com o expressivo aumento da precipitação total. Tal situação pode ser explicada pelo incremento acentuado da ocorrência de dias com chuva intensa - maior que 50 mm - no último decênio, na localidade.

A constatação da ocorrência de chuva ácida em Tubarão demonstra a existência de aerossóis ácidos, provavelmente óxidos de nitrogênio e enxofre (poluição).

E, coincidentemente, Tubarão é a localidade com maior incremento de chuva entre as seis estudadas, podendo contribuir o fato de abranger a maior população, o maior número de veículos e de ser instalada próxima a atividades que utilizam carvão como combustível.

A acidez dessa chuva pode ser de várias fontes: dos escapamentos dos veículos automotores, da usina termelétrica movida a carvão, das olarias, da marinha, das atividades industriais e das agropastoris em geral.

A quantificação das emissões promovidas pela usina termelétrica mostra a expressiva contribuição do complexo produtor de energia.

Os índices mensais da ODP foram tornados índices anuais e comparados com a chuva na bacia. Durante o período dos 60 anos analisados, a ODP apresentou duas fases: de 1946 até 1975/76 esteve na fase fria, quando coincide com o menor volume da precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão; e, a partir de 1976 até a mudança de século e milênio, predominou a fase quente, que coincide com o período de aumento da chuva.

Para corroborar as coincidências com a ODP, os dados da estação de Urussanga, com série mais longa, também confirmam que na fase quente anterior a 1946, houve aumento da precipitação.

Compartilhamos a reflexão sobre as possíveis causas com Molion (2008), que propõe que a redução dos totais pluviométricos ocorridos na fase fria da ODP é motivada pela diminuição da convergência do fluxo de umidade proveniente do Pacífico para o sul da América do Sul.

O aumento dos agentes poluidores do ar, promovidos pelo aumento da frota de veículos automotores, aumento da atividade

agropecuária e industrial e o incremento da queima de carvão contribuem para as alterações climáticas regionais.

A ocupação do solo pode ser afetada pelo aumento da população, seja com a expansão urbana, através de edificações para moradia, comércio, indústria, veículos e ruas, assim como também pela expansão das atividades agropastoris nas áreas rurais, processos produtivos que interferem no ciclo hidrológico em cada localidade da BHRTCL.

Sendo o ciclo hidrológico um componente ativo no clima, as alterações em suas fases - escoamento, evaporação, transpiração, precipitação e infiltração - mudam a relação água-terra-ar, o que influencia os regimes climáticos.

O somatório das alterações em cada uma das localidades esculpe o perfil das alterações gerais. Tais processos modificam a condição climática regional, que interage com alterações/variabilidades climáticas naturais e antrópicas, em escalas maiores, até globais, produzindo, por exemplo, incremento do regime pluviométrico como o mostrado neste estudo.

A região continua sem uma rede de estações hidrometeorológicas funcionando telemétricas, condição que possibilitaria uma modelagem e um sistema de alerta.

Soma-se como preocupante - em caso de inundação da bacia - o fato de que, na maioria dos municípios (as exceções são apenas São Ludgero e Orleans), não existe tratamento de esgoto e a chance de epidemias é acentuada, considerando que se trata de um universo aproximado de 372.000 habitantes. (IBGE, 2007).

Sugerimos que as relações da ODP sejam mais detalhadamente estudadas, com técnicas estatísticas mais elaboradas, assim como as correlações da ODP com a chuva local, considerando um lapso de tempo (devassagem de meses) para efetivação da conexão. Para melhor compreensão da dinâmica atmosférica geradora da chuva na região, estudos com as condições do Oceano Atlântico permitirão levantar novas relações.

Ansiamos que a compreensão da dinâmica climática da chuva regional, de extrema importância sócio-econômica para toda a BHRTCL, subsidie com informações uma melhor articulação de políticas públicas orientadas para a ordenação da ocupação e recuperação do território. Essas informações devem chegar aos usuários da água, nas diversas atividades, para que estejam cientes das variabilidades da precipitação, da ocorrência de inundações e estiagens e da situação das áreas sujeitas às inundações recorrentes. Isso para que tais áreas não sejam ocupadas, evitando os riscos de eventos pluviais

extremos, entre outros fenômenos climáticos, como vendavais, tornados e estiagens.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Hidro Web**: sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 24 out. 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Atlas de energia elétrica no Brasil**: carvão mineral. cap. 9, 2008. Disponível em: <www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_capa_sumario.pdf>. Acesso em: 24 maio 2009.
- ALVES, Rita; BRAGA, Hugo J.; CAMPOS, Claudia G.C. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no estado de SC. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 19, n. 3, nov. 2006. Disponível em: <http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/portal/clima/publicacoesClima/1.Ciram_RAC_2006.pdf>. Acesso em: jan. 2007.
- AMBRIZI, Tércio; MARENGO, José A.; SOARES, Wagner R. Jatos de baixos níveis ao longo dos Andes. In: CAVALCANTI, Iracema F. de A. et al. (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 179-180.
- AMBRIZI, T. et al. **2007: cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI**: projeções de clima usando três modelos regionais. Relatório 3, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade, Brasília, 2007.
- AMORIM, Margarete C. de C. Trindade; TEODORO, Pacelli H.M. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 3-4, p. 25-35, 2008.
- ASHWORTH, J.R. The influence of smoke and hot gases from factory chimneys on Rainfall. **Quaternaly Journal Royal Meteorological Society**. v. 55, p. 341-350, 1929. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/116316045/>>. Acesso em: 10 nov. 2008.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Bertrand, 2003.

AZEVEDO, Luiz Carlos de. **Análise da precipitação pluviométrica na bacia do Rio Iguçu-Paraná**. Maringá. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, 2006.

AZEVEDO, Pedro V. de; SILVA, Gildarte B. da; SANTOS, Carlos A. Costa dos. Tendência dos índices climáticos na região centro-oeste do estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2006.

BACK, Álvaro José. Análise da tendência temporal nos dados de chuva de Urussanga-SC. Canela. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 3., 2009. **Anais...**, 2009.

_____. **Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, Boletim Técnico, n. 12, 2002.

_____. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

BAIARD, Colin. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BALDO, M. C. et al. Análise de precipitação pluvial do Estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do oceano Pacífico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p. 283-293, 2000.

BARBIERI, D.W.; MARCELINO, I.P.V.O.; SAUSEN, T. M. Anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil: análise de consistência. V SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E I SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. Santa Maria, 5., p. 3891-3903, 2008. **Anais...**, Santa Maria, 2008.

Disponível em:

<<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/>>. Acesso em: ago. 2009.

BARDINI, Rogério. Chuva ácida em Tubarão. **Agirazul**, Porto Alegre, n. 7, p. 15, 1994.

_____. **Perspectivas de planejamento para o caso do município de Tubarão(SC)**: gestão de drenagem e controle de inundações. Manaus.

Monografia no curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental na Universidade Federal do Amazonas, 2006.

BELLI FILHO, Paulo et al. **Suinocultura**. Florianópolis. Dossiê do Objetivo 2 do Projeto Tecnologias Sociais para Gestão da Água. UFSC, EPAGRI e EMBRAPA. v. 2, p. 43. 2007.

Disponível em:

<http://www.qualiaqua.ens.ufsc.br/images/Dossie_2_subs.pdf>. Acesso em: nov. 2009.

BERLATO, Moacir A. et al. Tendência observada da precipitação pluvial anual e estacional do estado do Rio Grande do Sul e relação com a temperatura da superfície do mar do oceano Pacífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju, **Anais...**, Aracaju, 2007.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Nina**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 111-113, 1995.

BERTONI, J. C.; TUCCI, Carlos. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C.E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

BIERAS, Adriana Rosa et al. Estudos climáticos como subsídio à política municipal de desenvolvimento do município de Tatuí (SP). **Revista Estudos Geográficos - UNESP**, Tatuí, v. 2, p. 115-132, 2006.

BIGARELLA, José J.; SUGUIO, Kenitiro. **Ambientes fluviais**. Florianópolis: UFSC, 1990.

BIGARELLA, José João; BIGARELLA, Íris E.K.; JOST, Hardy. International Symposium on the Quaternary. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 33, p.200-206, 1975.

BORSATO, Vitor da Assunção. **A dinâmica atmosférica e a gênese das chuvas na Bacia Rio Paraná no período de 1980-2003**. Maringá.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual de Maringá, 2006.

BORSATO, V.A.; BORSATO F.H.; SOUSA, E.E. Análise rítmica e a variabilidade t mpora-espacial: teoria e metodologia em climatologia. SIMP SIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 6., 2004. **Anais...**, Aracajú, 2004. CD-ROM.

BORTOLUZZI, Ismael P. **Estudos sobre as intera es entre a água e o material em suspensão, na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar-SC/Brasil**. Santiago de Compostela. Tese (Doutorado) - Universidade de Santiago de Compostela, 2003.

BRITTO, Fabiane P. **Distribui o espa o-temporal da precipita o pluvial no estado do Rio Grande do SUL**. Disserta o (Mestrado em geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

BROWN, I.F. et al. Comportamento de Na, K, Ca, SO e pH em águas fluviais da floresta da Tijuca. Reunião Anual da SBPC, Belém, Pará, 1983.

CAMPOS, Claudia C. **Impactos do clima no Brasil**. Florianópolis: Epagri-Ciram. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br/portal/>>. Acesso em: 15 ago. 2008.

CAMPOS, Claudia G.C.; BRAGA, Hugo J.; ALVES, Rita. Mudan as climáticas atuais e seus impactos no estado de SC. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 19, n. 3, 2006.

CARVALHO JR; Valdenor N. dos. Deposi o atmosférica e composi o química da água da chuva. Fortaleza. **Revista Tecnológica**. v. 25, n. 2, p.61-71, 2004. Disponível em: <<http://www.unifor.br/notitia/file/740.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

CAVALCANTI, Iracema F.A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CHANGNON, Stanley A.; HUFF A. Floyd. The urban-related nocturnal rainfall anomaly at St. Louis. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 25, p. 1985-1995, 1986.

CENTRO DE ECOLOGIA. **Carvão de meio-ambiente**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Divisão de satélites e sistemas ambientais**. São Bernardo do Campo, 2008. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>>. Acesso em: 26 jan. 2008.

CLARKE, Robin T.; SILVA, Benedito C. da. Análise estatística de chuvas intensas na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.19, n. 3, p. 265-272, 2004.

CLARKE, R.T.; TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. Variabilidade Temporal no Regime Hidrológico da Bacia do Rio Paraguai, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n. 1, p. 201-211, 2003. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v8/v8n1/variabilidade.pdf>>. Acesso em: mar. 2008.

COALIZÃO RIOS VIVOS. Palestra efetuada na UFMS em 22/10/2004. **Coalizão Rios Vivos**. Disponível em: <www.riosvivos.org.br>. Acesso em: 10 set. 2006.

COLTRI, Priscila P. Variabilidade dos principais elementos climáticos e urbanização na região de Piracicaba. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, São Paulo, v. 1, p. 197-2008, 2007.

COMITÊ BACIA DO RIO TUBARÃO E COMPLEXO LAGUNAR. **Bacia hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar – pela sustentabilidade hídrica**. Tubarão: Copiart, 2008.

CONTI, José Bueno. **Clima e meio ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.

COTTON, William R.; PIELKE S., Roger A. **Human impacts on weather and climate**. New York: Cambridge, 2007.

COWLING, E.B. Acid precipitation in historical perspective. **Environmental Science Technology**, Washington D.C, v. 16, n. 2, p. 110-123, 1982. Disponível em:

<<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es00096a002>>. Acesso em: out. 2007.

CUNHA, Gilberto R. da; DALMAGO, Genei A. Informações sobre pH de águas de chuva em Passo Fundo, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 8, n. 2 p. 325-329, 2000. Disponível em: <www.sbagro.org.br>. Acesso em: 10 out. 2006.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA - DETRAN. **Estatísticas**. Florianópolis. Disponível em: <<http://www.detrannet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/geral.asp>>. Acesso em: 9 mar. 2009.

DIAS, Maria Assunção F. da Silva; ROZANTE, José Roberto; MACHADO, Luiz Augusto T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 181-194.

DJURIC, Dusan. **Weather analysis**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, cap. 1. 1994. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/AULA02/AULA02.HTML>>. Acesso em: 25 nov. 2007.

DNIT. Programa de Ampliação da capacidade rodoviária do corredor São Paulo-Curitiba-Florianópolis-Osório. **Relatório para concorrência**, v.1, Tomo I, 2001.

_____. Programa de Ampliação da capacidade rodoviária do corredor São Paulo-Curitiba-Florianópolis-Osório. **Memória justificativa do projeto executivo de engenharia**, v. 3.1, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano nacional de energia 2030- carvão mineral**. Reuniões Temáticas. Brasília. Ministério das Minas e Energia, 2006. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20070625_5.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2008.

ENERCONSULT S.A. **Usina Termelétrica Jorge Lacerda II**. Disponível em: <<http://www.enerconsult.com.br/pt/servicos/ProjectPage.asp?s=0000%0>>

233%CURM_BOX&p=/pt/servicos/ProjectPage.asp&i=218&tsc=14&it h=>. Acesso em: 11 fev. 2008.

FERREIRA, Nelson J.; VIANA, Denilson V.; CONFORTE, Jorge C. Aspectos climatológicos da precipitação na região sul do Brasil: contribuição sazonal e trimestres secos e chuvosos. **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA**, 3., Canela. **Anais...**, Canela, RS, 2009.

FRANCISCO, Regina H. Porto. Meio ambiente e chuva ácida. **Revista Eletrônica de Ciências do Instituto de Química de São Carlos- USP**, São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.iqsc.usp.br>>. Acesso em: 12 out. 2006.

GAO, XueJie et al. Land use effects on climate in China as simulated by a regional climate model. **Science in China Series D: Earths Science**, v. 50, n. 4, p. 620-628, 2007.

GRIMM, Alice M. Variabilidade Interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI et al. **Tempo e clima no Brasil**: São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 353-374.

GRIMM, Alice M.; RANGEL, Marcelo A.; D'ALMEIDA, Cassiano. Estudo de tendências na série de temperaturas de Curitiba através de teste múltiplo. **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. Rio de Janeiro, 2006. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.cbmet.com/cbm-files/20-54070226cbbbe18d5603d74d1c6d2422>. Acesso em: 15 abr. 2007.

GRIMM A.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate. American Meteorological Society**, v. 11, p. 2863-2880, 1998. Disponível em <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520>>. Acesso em: abr. 2007.

HAAG, Henrique Paulo. **Chuvas ácidas**. Campinas: Fundação Cargill, 1985.

HARTMAN, Luiz Carlos. Impactos ambientais ocasionados pela chuva ácida. **Revista da Universidade Cruzeiro do Sul**, São Paulo, n. 12, p. 149-161, 2005.

HAYLOCK, Peterson et al. Trends in total and extreme south American Rainfall in 1960–2000 and Links with sea surface temperature. Washington, **Journal of Climate**, v. 19, p. 1491-1512, 2006.

HENN, Alan. **Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos - condição de partida**. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Ambiental, Florianópolis: UFSC, 2005.

HERRMANN, M.L. de Paula (Org.). **Atlas de desastres do estado de Satã Catarina**. Florianópolis: Governo do Estado, 2006.

HERRMANN, M. L. de Paula; KOBAYAMA, Masato; MARCELINO, Emerson V. Inundação gradual. In: HERRMANN, M.L. de Paula (Org.). **Atlas de desastres do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Governo do estado, 2006. cap. 4, p. 89.

HERRMANN, Maria Lúcia de P. **Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOSC, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População. Censos demográficos**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em: 25 jul. 2009.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO-AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESPÍRITO SANTO - IEMA. **Relatório da qualidade do ar na região da grande Vitória - ano de 2003**. Cariacica, 2004. Disponível em: <www.iema.es.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2006.

ISSLER; Roberto S.; FERNANDES, Edgard & FREIRE, Francisco de A. Geologia. In: Santa Catarina. GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro do Sul, 1986.

JESUS, Emanuel F. Reis de. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climática. **Revista científica Sientibus da Universidade Federal de Feira de Santana - BA**, Feira de Santana, n. 14, p. 143-153, 1996.

KAYANO, Mary T., ANDREOLI, Rita V. Variabilidade decenal e multidecenal. Iracema F. de A. et al. (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 374-383.

KLEIN, Roberto M., PASTORE, Ulisses & COURA NETO, A. B. Vegetação. In: Santa Catarina. GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro do Sul, 1986.

LAGO, Paulo Fernando. **Calamidade**: a enchente do rio Tubarão – 1974. Florianópolis: UFSC, 2002.

LANDSBERG, Helmuth. **The climate of towns: man's role in changing the face of the earth**. Chicago: University of Chicago Press, 1956. p. 584-603.

LISBOA, Henrique de M. **Controle da poluição atmosférica**. Montreal, 2007. (Engenharia Ambiental e Sanitária - UFSC).

LISBOA, H.M.; COSTA, R.H.R.; WALTORTT. Análise da qualidade das águas de chuva no campus universitário da UFSC no período de maio de 1991 a janeiro de 1992. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1992. **Anais...**, São Paulo, 1992. p. 26-38.

LISBOA, H.M.; SANT'ANNA, F. Análise da qualidade das águas de chuva de Tubarão- SC. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6., 1990. **Anais...**, Salvador, 1990.

MACHADO, César do Canto. **Tubarão 1974. Fatos e relatos da grande enchente**. Tubarão: Unisul, 2005.

MACHADO, Luiz A.; HOFFMANN, Ronaldo. **Impactos ambientais da geração de energia elétrica no Rio Grande do Sul**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...**, Ouro Preto, 2003.

MALHEIROS, Ziole Z. A poluição atmosférica das grandes cidades enfocada através da educação ambiental. **Revista Eletrônica da Universidade Federal de Rio Grande**, Curitiba, v. 9, 2002. Disponível em: <www.unisinos.br>. Acesso em: 12 out. 2006.

MANTUA, Nathan J. et al. Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, p. 1069-1079, 1997. Disponível em: <<http://www.atmos.washington.edu/~mantua/abst.PDO.html>>. Acesso em: 17 maio 2007.

MARCELINO, Emerson V.; GOERL, Roberto F. Inundação brusca. In: HERRMANN, M.L. de Paula (Org.). **Atlas de desastres do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Governo do estado, 2006. cap. 5, p. 93.

MARCELINO, Isabela P.V. de O. **Análise de episódios de tornado em Santa Catarina**: caracterização e mineração de dados. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

MARENGO, José A; AMBRIZI, T; SOARES, Wagner R. Jatos de baixos níveis ao longo dos Andes. In: CAVALCANTI, Iracema F.A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 169-180.

MARENGO, José A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARENGO, José et al. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para século XXI**: projeções de clima usando três modelos regionais. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.grec.iag.usp.br/outros/ambrizzi/relatorio5.pdf>>. Acesso em: set. 2008.

_____. **Impactos da mudança de clima associados ao desmatamento da Floresta Amazônica**. Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia. Projeto LBA, 2007. Disponível em: <<http://lba.inpa.gov.br/lba/?p=jatos&t=0>>. Acesso em: 2 abr. 2008.

MARINHA DO BRASIL. **Cartas sinóticas**. Serviço Meteorológico Marinho. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Acesso em: 4 abr. 2009.

MARQUES, Rafael. Identificação de um Tornado em Tubarão, sul de SC, em 16/02/2008. ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8., Alto Caparaó, **Anais...**, Florianópolis, 2008.

_____. Tempestade em Tubarão/Sul de SC, em 24/03/2007. ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2., Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2007.

_____. Análise da passagem de um Sistema Frontal no Sul de Santa Catarina em Agosto de 2005. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2006.

MARTINS, Renata F. **Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo Hysplit**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

_____. **Qualidade da água da chuva no litoral de Santa Catarina**. Anais da 5ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC. Florianópolis. 10/2005. Disponível em: <www.ens.ufsc.br>. Acesso em: 10 out. 2006.

McTAGGART-COWAN, Ron et al. Analysis of Hurricane Catarina (2004). **Revista da Sociedade Americana de Meteorologia**, Washington, v. 134, p. 3029-3053, 2006.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. **Climatologia, noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina do Texto, 2007.

MENDONÇA, Magaly; MONTEIRO, Maureci A. Dinâmica Atmosférica no estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, Maria Lúcia de P. **Atlas de desastres naturais de Santa Catarina**. Florianópolis: IOSC, 2007. p. 5-9.

_____. **Clima, riscos e desastres em Santa Catarina**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2006. **Anais....**, Rondonópolis, 2006.

_____. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, n. 2, p. 71-86, 2006.

MIGLIAVACCA, Daniela M. et al. Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil – estudo preliminar. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000300002>. Acesso em jun. 2007.

MIRANDA, Cláudio D. **Avaliação de estratégias para sustentabilidade da suinocultura**. Tese (Doutorado) - Engenharia Ambiental da UFSC, Florianópolis, 2005.

MIRLEAN, Nicolai; VANZ, Argeu; BAISCH, Paulo. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, 10 out. 2000. Disponível em: <www.quim.ig.usp.br>. Acesso em: 12 out. 2006.

MOLION, Luiz C. Baldicero. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 3-4, p. 7-24, 2008.

_____. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 3-4, p. 117-128, 2008.

_____. Aquecimento global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, São José dos Campos, ano 3, n. 1, 2005.

MONTEIRO, Carlos A. de Figueiredo. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

_____. **O estudo geográfico do clima**. Florianópolis, 1999. (Cadernos Geográficos, v. 1, n. 1 - Publicado pelo Departamento de Geociências – CFH/UFSC).

_____. **Análise rítmica em climatologia**: climatologia, São Paulo, USP/Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1971.

_____. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. Série Teses e Monografias, São Paulo, USP, n. 1, 1969.

_____. O clima da região sul. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia Regional do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, v. 32, n. 58, p. 169-179, 1963.

MONTEIRO, Maureci Amantino. **Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

_____. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

_____. **Avaliação das condições atmosféricas no entorno do complexo termelétrico Jorge Lacerda para controle da qualidade do ar**. Dissertação (Mestrado em geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

MONTEIRO, Maureci A.; FURTADO, Sandra M. de A. Poluição atmosférica: o caso do complexo termelétrico Jorge Lacerda. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 13, n. 26, p. 75-95, 1998.

MULLER, José. **II Fórum Ecológico**. Tubarão. Palestra, 2005.

Disponível em:

<http://www.strallos.com.br/eco/index.php?act=show_noticia&id=52>.

Acesso em: Nov. 2009.

NERI, Jonas et al. Análise da precipitação pluvial do Estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do oceano Pacífico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 283-293, 2000.

NERI, Jonas T.; MARTINS, Maria de Lourdes O.F.; ICHIBA, Sueli H. Variabilidade da Precipitação pluviométrica de Santa Catarina. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002. **Anais...**, Foz do Iguaçu, 2002.

NERILO, Nerilton; MEDEIROS, Pércles A.; CORDERO, Ademar. **Chuvvas intensas no estado de Santa Catarina**. Blumenau: FURB, 2002.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis. Epagri, 2002. CD ROM.

PASQUALETTO, Antonio. **Análise da acidez da chuva no município de Goiânia - GO**. Universidade Católica de Goiânia. Disponível em: <www.ucg.br>. Acesso em: 10 set. 2006.

PERDOMO, Carlos C.; LIMA, Gustavo J.M.M. de; NONES, Kátia. Produção de suínos e meio ambiente. SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 2001. **Anais...**, Gramado, 2001. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0104_perdomo.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2009.

PERLIN, Nataly; ALPERT, Pinhas. Effects of land-use modification on potential increase of convection: a numerical mesoscale study over south Israel. **Journal of Geophysical Research**, v. 106, n. 19, 2001.

PETERSON, T.C. et al. Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. **World Meteorological Organization**, Geneve, 2001. Disponível em: <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list_27_indices.shtml>. Acesso em: 3 maio 2007.

PRUDÊNCIO, R.S.; GEREMIAS, R.; VEADO, R.W.V. Análise do ritmo pluviométrico do litoral catarinense. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRO-METEOROLOGIA, 1999, Florianópolis/Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. **Anais...**, Florianópolis, p. 1055-1063, 1999. CD ROM.

QUAAS, J. et al. Exploiting the weekly cycle as observed over Europe to analyse aerosol indirect effects in two climate models. **European Geoscience Union: Atmospheric, chemistry and physics**, Zurich, n. 2, p. 8493-8501, 2009. Disponível em: <<http://www.atmos-chem-phys.net/9/8493/2009/acp-9-8493-2009.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2010.

REIS DE JESUS, Emanuel Fernando. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climática. **Revista Sitientibus**, Feira de Santana, n. 14, p. 143-153, 1996.

RIBEIRO, FILHO. Comportamento do sódio, cálcio, potássio e magnésio nas precipitações atmosféricas na Bacia de Paraguaçu-Bahia. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 16-17, 1979.

ROJHAN DA SILVA, Iuri. **Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - INPE, 2001.

ROSA, Rogério de O.; HERRMANN, M. Lúcia de P. Geomorfologia. In: SANTA CATARINA. GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro do Sul, 1986.

SACKS, William J. et al. Efects of global irrigation on the near-surface climate. **Journal Climate e Dynamics**, v. 33, n. 2-3, p. 159-175, 2008. Disponível em: <www.springerlink.com/content/e67152715018p8vg>. Acesso em: 12 maio 2009.

SÁ, Suzane Silva de. **Caracterização geoquímica das precipitações atmosféricas do município de Rio Grande-RS**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Geociências, Fundação Universidade Federal de Rio Grande, FURG, 2005.

SALATI, Enéas et al. Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study. **Water Resources Res.**, v. 15, p. 1250-1258, 1979.

SALDIVIA, Paulo H. Nascimento. **Newsletter FMUSP**. São Paulo, 2006. Disponível em: <www.fm.usp.br>. Acesso em: 7 abr. 2007.

SALLES, Colombo Machado. **A região costeira meridional de Santa Catarina**. Tubarão: Editora Unisul, 2005.

SANTA CATARINA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2007-2008**. 2009. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_2008/Sintese_2008.pdf>. Acesso em: 20 out. 2009.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Plano estadual de recursos hídricos de Santa Catarina**: Tomo IX: RH9 - Sul Catarinense. Florianópolis, 2008.

_____. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 1995**. 1996. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintes95.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2007.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável - SDS. **Panorama dos recursos hídricos de Santa Catarina**. Florianópolis, 2007.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1997.

_____. **Síntese informativa sobre a agricultura catarinense 1984-1991**. Florianópolis, 1992. v.2.

_____. Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. Sub-chefia estatística, geografia e informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

_____. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola de Santa Catarina - CEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis, 1976. v.1.

SANT'ANNA NETO, João L. Ritmo climático e doenças respiratórias: interação e paradoxos. **Revista Brasileira de Climatologia**. ABClima, São Paulo, v. 3-4, p.65-82, 2008.

_____. **História da climatologia no Brasil**. Cadernos Geográficos/UFSC. CFH. Departamento de Geociências. Florianópolis, n. 7, 2004.

_____. Avaliação das mudanças no regime das chuvas do Estado de São Paulo durante um século (1888 - 1993). **Revista Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, p. 915-921, 1999.

_____. **As chuvas no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1995.

_____. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 1990.

SANT'ANNA NETO, João L. et al. **Public police, mitigation and adaptation to climate change in South America**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados - USP, 2009.

SANTOS, Carlos A. Costa dos. **Estimativas e tendência de índices de detecção de mudanças climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - UFCG, Campina Grande, 2006.

SANTOS, Carlos A.C. dos et al. Tendência dos índices de precipitação no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SANUSI, A.; WORTHAM, M.M.; MIRABEL, P. Chemical composition of rainwater in eastern France. **Atmospheric Environment**, v. 30, n. 1, p. 59-71, 1996.

STEINKE, Ercília T. **Considerações sobre a variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

TARIFA, José R. **Sucessão de tipo de tempo e o balanço hídrico no Extremo Oeste de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 1972.

_____. **Os fluxos polares e a chuvas da primavera-verão no Estado de São Paulo: uma análise quantitativa do processo genético**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

TEIXEIRA, Elba C.; FELTES, Sabrina; SANTANNA, Eduardo R. Ramos. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 244-248, 2008.

TENAN, Luiz. **Inundações do vale do Tubarão**. Rio de Janeiro. Relatório do Ministério da Agricultura - Superintendência Nacional de Abastecimento. Convênio SUNAB/USAID, 1974.

TOMAZ, E.; KRUSCHE, A.V. Avaliação de pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínea - SP. **Revista de Engenharia**

Ambiental da Unipinhal, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 70-87, 2005.
Disponível em: <www.unipinhal.edu.br>. Acesso em: 10 set. 2006.

TRACTEBEL ENERGIA S.A. **Complexo termelétrico Jorge Lacerda**. 2009. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br/>>. Acesso em: 9 maio 2009.

TRESMONDI, Ana C.C. de Lima; TOMAZ, Edson; KRUSCHE, Alex V. Avaliação de pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínea - SP. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 70-84, 2005. Disponível em: <www.unipinhal.edu.br/ojs/>. Acesso em: dez. 2007.

TUBELIS, Antonio. **Meteorologia descritiva**. São Paulo: Nobel, 1980.

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. **Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar**. Tubarão, 1998. Elaborado pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Tubarão. Disponível em: <www.comitetubarao.unisul.br>. Acesso em: 21 jun. 2006.

VETORETI, Amadio. **História de Tubarão**: das origens ao século XX. Prefeitura Municipal de Tubarão, 1992. p. 247-248.

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

VICTÓRIA, Flávio R.B.; PEREIRA, Luis S.; VICTÓRIA Renato L.B. Mudanças climáticas: sinais de efeitos locais e falta de lógica global. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007. **Anais...**, São Paulo, 2007.

VICTÓRIA, Flávio R.B.; PEREIRA, Luis S. Is the rainfall regime changing in the western region of SC State, south Brazil. **Inter Regional Conference Envirowater**. Burkina Faso, p. 66-73, 2002. Disponível em: <http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/porta/lima/publicacoesClima/8.InterRegionalConference_2002.pdf>. Acesso em: dez. 2007.

WALLACE, John M.; HOBBS, Peter V. **Atmospheric science**. 2. ed. London: Elsevier, 2006.

ZAMPARONI, Cleusa A.G.P. et al. Ensaios preliminares para o monitoramento da acidez da chuva em Cuiabá-MS. **Caminhos de Geografia - revista on line**. Universidade Federal de Uberlândia, n. 21, p. 225-236, 2006.

ZAVATTINI, João A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul**. São Paulo. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D.S. ENSO-like interdecadal variability: 1900-1993. **Journal Climate**, v. 10, p. 1004-1020, 1997.

ZIMERMANN, Cláudio C.; ORTH, Dora M.; VIEIRA, Sálvio J. Valoração do uso da água no trecho da bacia do Rio Tubarão (Rio Braço do Norte) nos municípios de São Ludgero e Braço do Norte – Sul de SC. Artigo publicado no **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário** (COBRAC, 2002) - UFSC - Florianópolis, 10/2002.