

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**



Identificação dos eventos meteorológicos desencadeadores do desastre na  
Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí, RS, em novembro de 2009.

*Karolina Turcato*

**Orientador:**

*Prof. Msc. Francisco Eliseu Aquino*

Turcato, Karolina

Identificação dos eventos meteorológicos desencadeadores do desastre na Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí, RS, em novembro de 2009. / Karolina Turcato - Porto Alegre : UFRGS, 2010.

[72 f.] il.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2010.

Orientação: Prof. Msc. Francisco Eliseu Aquino

1. Geografia. 2. Desastres. 3. Complexos Convectivos de Mesoescala. 4. Precipitação Pluviométrica. 5. Manoel Viana – RS.  
I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB10/1113

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
GEO 01128 – TRABALHO DE GRADUAÇÃO II**

Identificação dos eventos meteorológicos desencadeadores do desastre na  
Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí, RS, em novembro de 2009.

**Karolina Turcato**

Monografia realizada como  
requisito obrigatório para  
obtenção do título de  
Bacharel em Geografia  
nesta Universidade

Banca Examinadora:

Prof. Roberto Verdum (UFRGS – Depto. de Geografia)

Geógrafo Denilson Ribeiro Viana (INPE - CCST)

**Porto Alegre, dezembro de 2010.**

Imagem de capa:

*Vista aérea da ponte General Osório sobre o rio Ibicuí em Manoel Viana – RS.*

Claudio Darlei

*“Bom mesmo é ir a luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve...”*

*A vida é muita para ser insignificante.”*

Charles Chaplin

Dedico este trabalho ao Isma e  
à minha família.

## AGRADECIMENTOS

---

Primeiramente ao Isma, por ter estado ao meu lado em todos os momentos e por proporcionar condições para que eu pudesse realizar meu sonho. Agradeço também minha família, pelo grande estímulo e torcida pelo meu sucesso profissional, me apoiando e incentivando, mas principalmente, por compreenderem minha ausência ao longo do curso.

Em especial ao prof. Francisco Eliseu Aquino pela orientação, apoio, dedicação, compreensão, pela confiança e entusiasmo.

A todos os professores do Departamento de Geografia que contribuíram na minha formação, em especial aos professores Luís Alberto Basso, Roberto Verdum e Dirce Suertegaray.

Aos meus amigos da UFRGS que proporcionaram ótimos momentos de convívio e aprendizado, especialmente à Marcia Ramos Berreta, Camila Bertoletti Carpenedo, Tiago Collovini, Hugo Philipp e Isaías Ullmann Thoen, e também, não menos importantes, a todos os outros amigos que conquistei ao longo do curso.

Às pessoas com quem estive nos períodos de estágios, na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO e Dep. de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – DRH/SEMA, os quais contribuíram proporcionando um ambiente descontraído no qual foi possível meu desenvolvimento profissional fora do meio acadêmico.

À UFRGS e ao Departamento de Geografia.

## RESUMO

O aumento da frequência e da intensidade de desastres associados a eventos meteorológicos recebem destaque em nosso cotidiano por ocasionarem danos materiais e sociais. Sabe-se que a Região Sul do Brasil também contabiliza prejuízos socioeconômicos em função de desastres. O objetivo deste trabalho é identificar o fenômeno meteorológico responsável pelo desastre no município de Manoel Viana (MV), Rio Grande do Sul, em novembro de 2009. Analisou-se imagens de satélite GOES 10 nos canais visível, infravermelho, vapor d'água e realçada, disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC – INPE) para a identificação dos eventos meteorológicos, e imagens do satélite GOES 12 processadas pelo *Forecast and Tracking of Active Convective Cells*, do CPTEC, para avaliar os estágios evolutivos (desintensificação, estável e intensificação) dos CCM. Identificou-se 15 eventos de CCM em novembro de 2009, os quais foram responsáveis pelos registros de vendaval e precipitação pluviométrica em MV. O comportamento anômalo desses eventos em relação à climatologia (DURKEE E MOTTE, 2009) permitiu verificar que os totais de precipitação pluviométrica estão diretamente associados aos CCM e seus diferentes estágios. Observou-se o predomínio do estágio estável ao longo dos 15 eventos. A análise dos dados de precipitação pluviométrica das estações de MV (1979-2008), Uruguaiana, Jaguari e Cacequi (1961-1990), área de estudo, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) possibilitou identificar a influência dos CCM nos desvios positivos da precipitação pluviométrica de até 522 mm em média. Todas as estações registraram valores acima de 400 mm. O acumulado, novembro/2009, em MV foi de 420 mm. Destaque que os dias 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22 e 23 de novembro/2009 representam 58 % do total de precipitação, 186,5% acima da série de 1979 a 2008 (146,6 mm) e se concentrou entre os dias 14 e 23. Cacequi registrou o maior volume (587,2 mm), seguido de Jaguari (553,4 mm) e Uruguaiana (528,2 mm). A precipitação ocorreu preferencialmente no período da tarde e os maiores valores ocorreram nos três estágios do CCM. Os 15, sucessivos, eventos de CCM justificam o decreto de Situação de Emergência em MV.

**Palavras-chave:** desastres, complexos convectivos de mesoescala, precipitação pluviométrica, Manoel Viana - RS.

## SUMÁRIO

---

<i>Capa</i> .....	<i>i</i>
<i>Folha de rosto</i> .....	<i>ii</i>
<i>Dedicatória</i> .....	<i>iii</i>
<i>Agradecimentos</i> .....	<i>iv</i>
<i>Resumo</i> .....	<i>v</i>
<i>Sumário</i> .....	<i>vi</i>
<i>Lista de figuras</i> .....	<i>viii</i>
<i>Lista de tabelas</i> .....	<i>ix</i>
<i>Lista de gráficos</i> .....	<i>x</i>
<i>Lista de abreviaturas</i> .....	<i>xi</i>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo Geral .....	2
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.2 Justificativa .....	3
1.3 Área de Estudo .....	4
1.3.1 Localização da Área de Estudo.....	4
1.3.2 Caracterização Socioeconômica e Ambiental de MV.....	7
<b>2. CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL</b> .....	<b>10</b>
2.1 Classificação Climática do RS .....	10
2.2 Circulação Atmosférica e a Influência sobre o Clima do RS.....	12
2.3 Características Climáticas do RS .....	16
2.4 Características Climáticas de Manoel Viana.....	17
<b>3. DESASTRES</b> .....	<b>18</b>
3.1 Conceitos relacionados, definição de termos e formas de abordagem .....	18

3.2	Tipologias e Características dos Desastres .....	21
3.3	Desastres no Mundo.....	23
3.4	Desastres no Brasil.....	24
3.5	Desastres no RS.....	26
3.6	Desastres e Mudanças Climáticas.....	27
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
4.1	Material Bibliográfico.....	29
4.2	Obtenção e Tratamento dos Dados Meteorológicos	
	Quantitativos .....	30
4.3.1	Determinação das Normais Climatológicas.....	32
4.3.2	Determinação do Total Acumulado de Precipitação Pluviométrica em 2009.....	32
4.3.3	Determinação das Anomalias de Precipitação Pluviométrica.....	32
4.3.4	Determinação da Precipitação Pluviométrica de Novembro de 2009 .....	33
4.2	Obtenção das Imagens de Satélite .....	33
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>42</b>
5.1	Análise dos Dados de Precipitação Pluviométrica .....	42
5.2	Identificação dos Eventos Meteorológicos.....	46
5.3	Desastres Ocorridos .....	51
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
6.1	Sugestões de trabalhos futuros .....	53
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1	Localização do município de Manoel Viana, RS .....	6
Figura 2	Localização da mancha urbana de MV às margens do rio Ibicuí .....	9
Figura 3	Classificação climática do RS e a localização de MV .....	11
Figura 4	Massas de ar da América do Sul no Verão .....	12
Figura 5	Esquema de circulação atmosférica em baixos níveis na América do Sul.....	15
Figura 6	Classificação dos desastres naturais quanto às suas características.....	22
Figura 7	Distribuição por continente dos desastres naturais ocorridos no globo (1900-2006) .....	23
Figura 8	Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006) .....	25
Figura 9	Distribuição dos desastres naturais no Brasil (1900-2006) .....	26
Figura 10	Mudanças nos índices de precipitação para o período 2090-2099 baseado no cenário SRES A1B.....	28
Figura 11	Frequência anual de desastres naturais para todo o planeta (1900-2006).....	29
Figura 12	Distribuição espacial das Estações Pluviométricas e Fluviométrica na Bacia do rio Ibicuí, na Região Hidrográfica do rio Uruguai – Bacia 7 .....	31
Figura 13	Imagens do Satélite GOES 10 do Setor da América do Sul (a) e Região Sul do Brasil (b).....	34
Figura 14	Processos de identificação dos SC em sucessivas imagens..	40
Figura 15	Estágios de intensificação (a), estabilidade (b) e desintensificação (c) do CCM sobre a região de MV .....	41
Figura 16	Imagens de satélite GOES 10 realçada identificando os eventos de CCM .....	50

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1	Classificação dos desastres naturais quanto à tipologia .....	21
Tabela 2	Limiares de temperatura de topos nebulosos utilizados pelo FORTRACC .....	37
Tabela 3	Principais parâmetros calculados pelo FORTRACC .....	39
Tabela 4	Registro dos eventos meteorológicos e da precipitação pluviométrica na estação de MV .....	46
Tabela 5	Ocorrência de CCM sobre a região de MV (nov/2009) .....	48
Tabela 6	Panorama da Defesa Civil do RS em novembro de 2009 .....	51

## LISTA DE GRÁFICOS

---

Gráfico 1	Normais de Precipitação Pluviométrica das Estações de MV, Uruguaiana, Jaguari e Cacequi (1961-1990).....	42
Gráfico 2	Total Acumulado Mensal de Precipitação Pluviométrica (2009) .....	43
Gráfico 3	Anomalias de Precipitação Pluviométrica Mensal nas Estações de MV, Uruguaiana, Jaguari e Cacequi (2009) .....	44
Gráfico 4	Comparação da Precipitação Pluviométrica em Novembro de 2009 em relação à Normal de MV .....	44
Gráfico 5	Anomalia de precipitação pluviométrica de MV (2009).....	44
Gráfico 6	Precipitação em Novembro de 2009 – MV .....	45
Gráfico 7	Precipitação Pluviométrica das Estações de MV, Uruguaiana, Jaguari e Cacequi (Novembro/2009).....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

AMP	Anticiclone Móvel Polar
ANA	Agência Nacional de Águas
AS	América do Sul
AST	Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul
BH	Bacia Hidrográfica
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
CCST	Centro de Ciências do Sistema Terrestre
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DAS	Divisão de Satélites Ambientais
EM-DAT	<i>Emergency Events Database</i>
ENSO	<i>El Niño</i> – Oscilação do Sul
FORTRACC	<i>Forecast and Tracking of Active Convective Cells</i>
FP	Frente Polar
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
JBN	Jato de Baixo Nível
MV	Manoel Viana
RS	Rio Grande do Sul
SC	Sistemas Convectivos
SE	Situação de Emergência
SF	Sistema Frontal
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

---

A Região Sul do Brasil tem contabilizado grandes prejuízos socioeconômicos em função do rigor com que os desastres vêm ocorrendo, principalmente a partir da década de 70, segundo *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2010). A maioria desses desastres está associada a instabilidades severas, as quais são relacionadas, especialmente, a eventos meteorológicos e hidrológicos derivados da geodinâmica externa da Terra e que causam entre outros: inundações, escorregamentos, vendavais, tornados e períodos de déficit hídrico, caracterizado pelas estiagens.

Os desastres estão diretamente vinculados à história do homem e ao seu modo de apropriação e uso dos recursos naturais. Assim, o processo de ocupação desordenado do solo (ocasionado pela crescente urbanização) associado às condições econômicas, sociais e culturais da população indicam que a ação antrópica é um agente potencializador de desastres. Constituindo-se, desta maneira, num fator que tem contribuído significativamente no aumento da intensidade e frequência desses eventos.

Dentro deste contexto, este trabalho pretende identificar os eventos meteorológicos desencadeadores do desastre na Bacia Hidrográfica (BH) do rio Ibicuí – Rio Grande do Sul (RS), especialmente no município de Manoel Viana (MV), em novembro de 2009.

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho foi o estudo dos recursos hídricos e de suas relações com o clima, a partir do qual se observa uma íntima ligação entre fatores hidrológicos e climáticos. Pode-se considerar, portanto, que o fator que exerce a mais forte influência na

hidrologia local é o clima, incluindo principalmente a precipitação pluvial. Essa afeta diretamente o escoamento superficial dos rios especialmente quando são observadas chuvas torrenciais, as quais podem ocasionar desastres como as inundações.

Para tanto, o trabalho está organizado em seis capítulos: no **primeiro capítulo** é apresentado o tema, os objetivos, a justificativa e a área de estudo. No **segundo capítulo** é feita uma breve revisão bibliográfica sobre o clima no RS, abordando os principais sistemas na circulação atmosférica e seus condicionantes. O **terceiro capítulo** mostra uma síntese da literatura sobre desastres, apresentando conceitos básicos e tipologias, suas ocorrências no mundo, no Brasil e no RS, e sua associação com as mudanças globais. No **quarto capítulo** estão especificados os materiais utilizados para elaboração do trabalho e a metodologia adotada. O **quinto capítulo** indica os resultados encontrados a partir da análise e discussões dos dados compilados. Por fim, no **sexto capítulo** estão as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Esse trabalho tem o intuito de fornecer subsídios para uma melhor compreensão de desastres decorrentes eventos meteorológicos. Espera-se, a partir desse estudo da variável precipitação, contribuir para um melhor planejamento da gestão pública e privada de eventos meteorológicos severos.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Identificar os fenômenos atmosféricos desencadeadores do desastre que justifiquem os danos causados ao município de MV – RS em novembro de 2009.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

1. Analisar a precipitação pluviométrica em MV e região, em novembro de 2009;
2. Investigar os eventos meteorológicos, em novembro de 2009, a partir da análise de imagens e dados de satélites meteorológicos e dados de precipitação das estações hidrometeorológicas da BH do rio Ibicuí;
3. Analisar os desastres ocorridos.

## **1.2 Justificativa**

Os desastres associados a eventos meteorológicos têm recebido destaque em nosso cotidiano por ocasionarem grande volume de danos materiais e inúmeras vítimas fatais. O aumento da frequência e da intensidade de desastres, na segunda metade do século passado, mobilizou, não só a comunidade científica, mas também instituições internacionais, como as Nações Unidas, que em 1989, declarou a década de 1990 como a década voltada à prevenção e redução de desastres (RECKZIEGEL, 2007).

Com o intuito de contribuir para a construção do arcabouço de conhecimentos referentes aos desastres, esse trabalho se apoiou em dois fatores importantes relacionados às pesquisas desenvolvidas sobre o tema: o conceito de desastre e as condições climáticas em que ocorrem. Destaca-se que para estabelecer as relações adequadas entre esses dois fatores é importante que se considere outros aspectos, os quais serão aqui elucidados, tendo em vista justificar a execução do trabalho desenvolvido.

Dessa forma, toma-se o conceito simplificado de desastres como sendo o resultado do impacto de um fenômeno extremo ou intenso sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade dos afetados em conviver com o impacto (UNDP, 2004). No entanto, é importante lembrar que por mais que a sociedade se desenvolva, os desastres sempre irão ocorrer, e que os fenômenos extremos fazem parte da geodinâmica terrestre (MARCELINO, 2008). O mesmo autor salienta que os desastres, como um todo, são distinguidos principalmente em função de sua origem, isto é, da natureza do fenômeno que o desencadeou. Portanto, o foco de análise não deveria estar no processo e sim no fenômeno desencadeador do processo.

Acrescenta-se, ainda, dados que corroboram para a manutenção das perspectivas quanto ao aumento da frequência e da intensidade dos desastres. Esses dados foram divulgados no último relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC (2010) e apontam para um aumento das precipitações nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, cuja tendência é que fiquem mais intensas, concentradas e mal distribuídas, o que por consequência influenciaria nas vazões da região.

Soma-se a esses dados, outro elemento, como a localização de municípios da BH do rio Ibicuí, os quais encontram-se na região de recorrência de inundações em áreas ribeirinhas, consequência de cheias, segundo dados da Secretaria de Recursos Hídricos (2006).

Por fim, diante dos acentuados impactos que os desastres causam, a busca por dados de desastres tornou-se uma prioridade, como aponta Marcelino *et al.* (2006). Por outro lado, tão importante quanto os novos dados, até o presente momento, pouco se conhece sobre a consistência dos dados que já existem, visto que estão sendo utilizados pelos tomadores de decisão no gerenciamento das medidas de mitigação e prevenção em desastres. Além disso, a elaboração de pesquisas sobre o tema pode fomentar o início da mudança de postura de entidades frente ao quadro de previsões que se impõe, ou seja, incentivar, em especial, o redirecionamento da atenção que a Defesa Civil dá aos desastres, uma vez que atua, basicamente, durante ou depois de o desastre acontecer, como destaca Calheiros (2007).

Acredita-se, então, que identificar os fenômenos desencadeadores do desastre seja relevante para os municípios da BH do rio Ibicuí, tanto do ponto de vista social quanto econômico. De forma que isso venha subsidiar decisões futuras quanto à prevenção, redução ou minimização dos danos causados por desastre que possa ocorrer novamente aos municípios.

### **1.3 Área de Estudo**

#### **1.3.1 Localização da Área de Estudo**

O município de MV está localizado na Fronteira Oeste do RS, tendo como coordenadas geográficas 29°11'42" S e 29°39'54" S e 55°20'41" W e 55°53'04" W. Seus limites territoriais são com os municípios de Alegrete ao sul, Maçarambá ao norte, Itaqui a oeste e São Francisco de Assis ao leste (Figura 1).

A população total do município é de aproximadamente oito mil habitantes com densidade demográfica de 5,7 hab/km<sup>2</sup>, em que 75,35% desta população reside na área urbana. É o único município cuja sede fica às margens do rio Ibicuí, principal afluente do rio Uruguai. Além disso, está sobre o Aquífero Guarani e por isso seu território constitui-se numa importante área de recarga desse aquífero.

O município de MV, que possui uma área de 1390,7 km<sup>2</sup>, está inserido na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, como também na unidade geomorfológica da Cuesta do Haedo e situa-se na unidade de paisagem Campos Sujos. Esse pode ser caracterizado por uma cobertura vegetal constituída de gramíneas de diferentes portes associadas à vegetação arbustiva de pequeno tamanho. O substrato da unidade de campos sujos é predominantemente de arenito retrabalhado por processos fluviais e eólicos do período quaternário. Os solos são pouco desenvolvidos, embora o pacote deposicional arenoso possa ser espesso (VERDUM *et al.*, 2004). Observa-se o domínio absoluto das coxilhas, cujas formas de colinas suaves de topos convexos traduzem a ação de processos subtropicais úmidos que por último agiram na fisionomia do relevo (ALMEIDA, 1996).

O município, assim como toda a Região Sudoeste Rio-grandense, é marcado por diversas ocorrências de áreas arenosas, sem cobertura vegetal, de acordo com Suertegaray (1998). Segundo a autora, MV está entre os municípios da região com maior presença de areais.

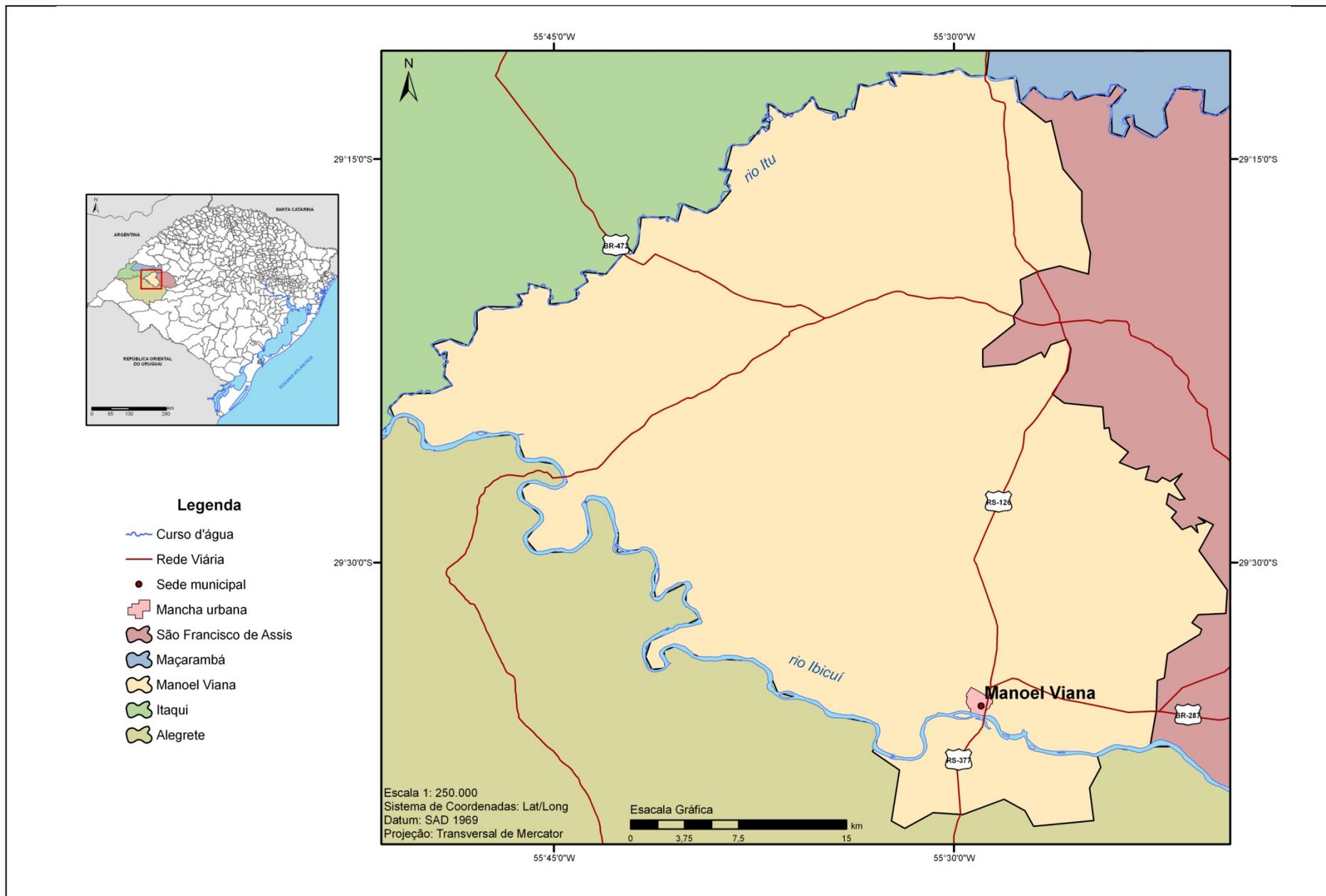


Figura 1 - Localização do município de Manoel Viana, RS.

### 1.3.2 Caracterização Socioeconômica e Ambiental de MV

O município de MV está localizado no sudoeste do RS, cuja ocupação está diretamente ligada a formação histórico-política da região.

Apresentando, inicialmente, o caráter fronteiriço das colônias espanholas da Bacia do Prata, a região compreendia uma vasta área de terras devolutas, as quais permaneceram despovoadas entre os séculos XVI e XVII. Porém, a partir do século XVIII, o gado espalhado nos campos, em função da destruição das Reduções Jesuíticas, despertou o interesse da Corroa Portuguesa. Foram, então, doadas sesmarias, denominadas Sesmaria do Ibicuí, principalmente aos militares, tendo como objetivo mudar a orientação do povoamento e, assim, garantir a expansão do território e a consolidação do domínio português na região. Segundo Suertegaray (2001), estas sesmarias deram origem às estâncias de criação e, conseqüentemente, ao latifúndio pecuarista característica marcante na estrutura fundiária da região.

O surgimento dos primeiros núcleos urbanos, cujo caráter era político militar fortemente influenciado pelo domínio português, tiveram uma evolução política em diferentes períodos. Assim, na segunda metade do século XIX foi criado o município de São Francisco de Assis que possuía o distrito de Passo Novo do Ibicuí, primeiro nome do atual município de MV, criado pelo ato 387 de 31 de agosto de 1880 pelo Intendente Francisco Pereira Viana. O povoado conservou este nome até a promulgação do Decreto-Lei nº 7.589, de 29 de novembro de 1939, quando foi elevado a categoria de vila, passando a ser chamada de Vila de MV em homenagem aos serviços prestados pelo intendente de mesmo nome, no período de 1908 a 1916 (PREFEITURA DE MV, 2010).

O povoado tinha poucas famílias até meados de 1945, quando teve início a construção da ponte General Osório sobre o rio Ibicuí. Escolheu-se essa localidade como sendo a mais adequada para assentamento dos animais em trânsito, bem como para repouso dos viajantes, cavaleiros e carreteiros, face ao intercâmbio comercial entre as Regiões das Missões e da Fronteira.

A ponte foi inaugurada em 1950 e passou a representar um marco para o desenvolvimento da localidade, pois se constituiu num elo de ligação

rodoviário de vários municípios, o que favoreceu um considerável crescimento da população. Essa foi atraída pelas condições geográficas, com solos férteis banhados por grandes bacias hidrográficas como Ibicuí, Itu, Miracatu, Piraju e Taquari. A partir de então, começam a se estabelecer, no local, agricultores, pecuaristas, comerciantes, além da instalação de indústrias (PREFEITURA DE MV, 2010).

Em 20 de março de 1992, o município de MV obteve sua emancipação de São Francisco de Assis através da Lei nº 9.542. Segundo o *site* da Federação das Associações dos Municípios do RS (FAMURS, 2010), o município apresenta um desenvolvimento socioeconômico médio, pois o IDESE<sup>1</sup> calculado pela Fundação de Economia e Estatística - FEE foi de 0,686 para o ano de 2006.

Nesta região, de acordo com dados disponíveis no Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul (SEPLAG, 2010), historicamente predomina a grande propriedade, entre 60% e 90% da área total dos municípios são compostas por propriedades acima de 500 hectares. Essas têm como principais atividades produtivas a pecuária extensiva, o cultivo de arroz irrigado, milho, sorgo e trigo, e, mais recentemente, apresenta produção de soja e monocultura do eucalipto (PREFEITURA DE MV, 2010).

O rio Ibicuí esse desempenha função econômica fundamental para MV (Figura 2), pois suas águas são canalizadas para a agricultura, com destaque para a lavoura arrozeira. O município usufrui deste rio também para dessedentação animal, para as atividades de pesca e extração de areia, garantindo trabalho a um grande número de pessoas (RAMOS, 2009).

O setor do turismo também se beneficia com a localização do município, pois nas margens do rio existem recantos tranquilos como a Praia do Silêncio, de onde se vêem espetáculos como o nascer e pôr-do-sol sobre os arcos da ponte General Osório. A Praia e Camping Rainha do Sol (Figura 2) é considerada uma das mais belas praias de água doce do Rio Grande do Sul.

---

<sup>1</sup> O Índice de Desenvolvimento Socioeconômico para Rio Grande do Sul (IDESE), apresentado pela Fundação de Economia e Estatística (FEE), é um índice sintético, inspirado no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que abrange um conjunto amplo de indicadores sociais e econômicos classificados em quatro blocos temáticos: educação; renda; saneamento e domicílios; e saúde. Ele tem por objetivo mensurar e acompanhar o nível de desenvolvimento do Estado, de seus municípios e dos Coredes, informando a sociedade e orientando os governos (municipais e estadual) nas suas políticas socioeconômicas. O IDESE varia de zero a um e, assim como o IDH, permite que se classifique o Estado, os municípios ou os Coredes em três níveis de desenvolvimento: baixo (índices até 0,499), médio (entre 0,500 e 0,799) ou alto (maiores ou iguais a 0,800).

No complexo turístico existe uma infraestrutura completa para atendimento ao turista. A época de maior frequência dos banhistas é de dezembro a março. Como outra opção, a região oferece o turismo rural com hospedagem em diversas fazendas coloniais, algumas espalhadas às margens do rio Ibicuí (MOSS e MOSS, 2009).



Figura 2 – Localização da mancha urbana de MV às margens do rio Ibicuí. A – Localização da Praia e Camping Rainha do Sol.  
Fonte: Projeto Brasil das Águas, 2007.

## **CAPÍTULO 2**

### **CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL**

---

A caracterização climática de uma determinada região exige a consideração dos diferentes sistemas de circulação atmosférica e de seus principais elementos climáticos (precipitação, temperatura, por exemplo), associado ao estudo das características da superfície: hipsometria, topografia, solos, corpos da água, cobertura vegetal, entre outros (STRAHLER e STRAHLER, 2002).

#### **2.1 Classificação Climática do RS**

As primeiras estações meteorológicas no RS datam de 1912. Mas foi a partir do estudo do clima feito por Araújo (1930) que surgiu o primeiro intento de sistematização e que dividiu o Estado em oito regiões climáticas: Campanha, Serra do Sudeste, Litoral, Depressão Central, Vale do Uruguai, Missões, Planalto e Serra do Nordeste. Machado, em 1950, atualizou as regiões climáticas de Araújo, subdividindo o Vale do Uruguai em Alto e Baixo Uruguai e a região do Litoral em Litoral Norte e Litoral Sul. Embora estas duas sistematizações tenham sido um grande passo para o conhecimento do clima do RS, não o classifica e, por conseguinte, dificulta a correlação com as outras regiões do Brasil.

Então, Mota (1951), classificou o clima do RS a partir de trabalhos e Köppen e verificou a ocorrência de duas variações específicas:

*Cfa* – clima subtropical, úmido sem estação seca; a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês menos quente varia de 3 a 18°C, e

*Cfb* – clima temperado em que a temperatura do mês mais quente é inferior a 22°C.

As variações específicas *Cfa* e *Cfb* podem ser divididas em subtipos individualizados pela isoterma anual de 18°C. Moreno (1961) dividiu o clima do Estado nos seguintes subtipos:

*Cfa* – onde a isoterma anual é superior a 18°C, e

*Cfb* – onde a isoterma anual inferior a 18°C.

Cada subtipo é dividido em função de diferenças topográficas e continentalidade.

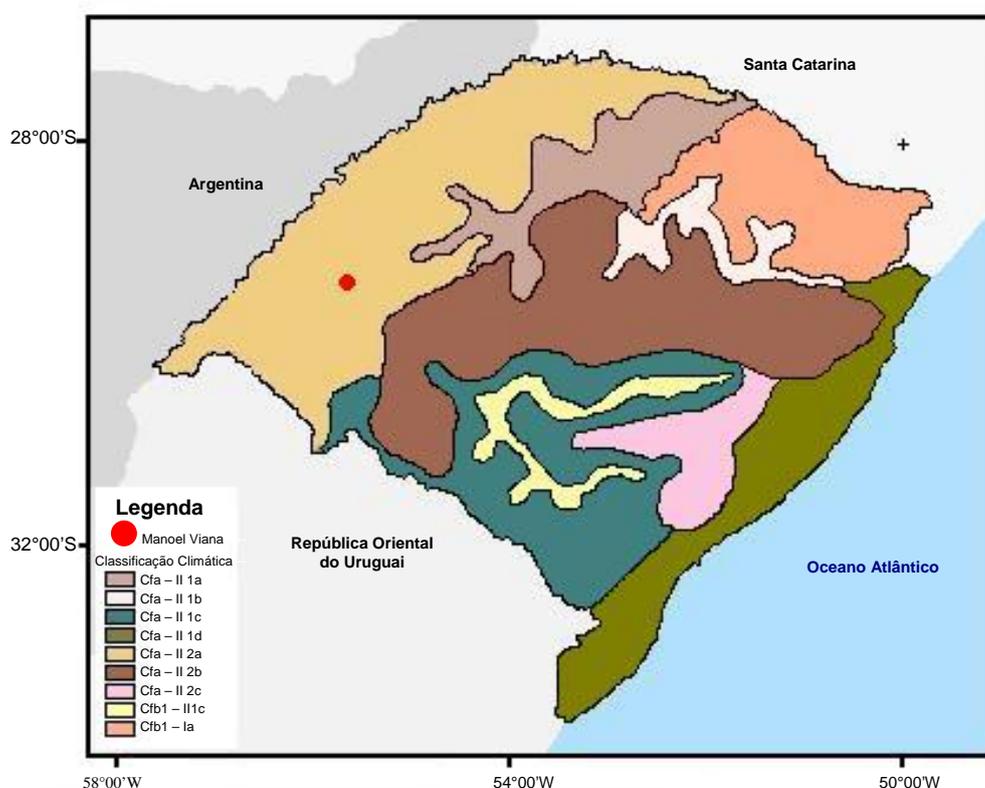


Figura 3 – Classificação climática do RS e a localização de Manoel Viana. Fonte: Adaptado de Moreno (1961).

Assim, segundo a classificação climática proposta por Moreno (1961) também baseada em Köppen, o RS está subdividido em duas áreas morfoclimáticas: aquelas mais altas do planalto juntamente com a “Serra do Sudeste” são classificadas como *Cfb* e o restante do estado é classificado como *Cfa* (Figura 3).

## 2.2 Circulação Atmosférica e a Influência sob o Clima do RS

Por estar localizado entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" S e os meridianos 49°42'41" e 57°40'57" W, segundo Nimer (1990), o RS está inserido numa zona de transição climática onde há a alternância de massas de ar Tropical Marítima (*Tm*) – associada ao Anticiclone do Atlântico Sul, massas de ar Tropical Continental (*Tc*) – associadas à Baixa do Chaco, e massas de ar Polar Marítima (*Pm*) – associada aos anticiclones migratórios (FIGURA 4).

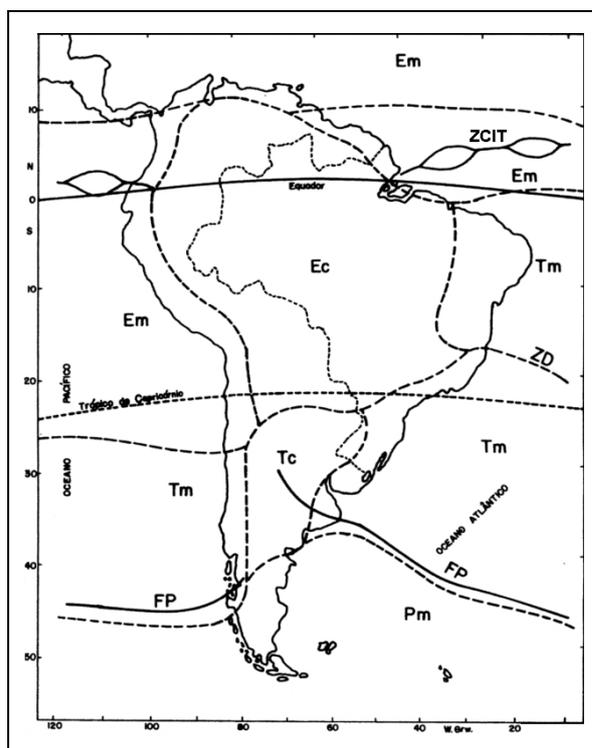


Figura 4: Massas de ar da América do Sul no Verão.

ZCIT = Zona de Convergência Intertropical; Em = Equatorial Marítima; Tm = Tropical Marítima; Ec = Equatorial Continental; Tc = Tropical Continental; Pm = Polar Marítima; FP = Frente Polar; ZD = Zona de Descontinuidade.

Fonte: Modificado de Tubelis e Nascimento, 1980.

Há dois principais centros de ação que influenciam na configuração do clima sul-rio-grandense: o Anticiclone Móvel Polar (AMP) e o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (AST), segundo Nimer (1977).

O AMP, com deslocamento preferencial de SW-NE, pode ser caracterizado por massas de ar frio originadas nas altas latitudes (massa Polar Marítima  $-Pm$ ) que proporciona, após a passagem das frentes frias, tempo estável para a região.

Em função da localização latitudinal, o RS sofre interferências tanto dos sistemas atmosféricos de baixas como de médias e altas latitudes. O encontro desses sistemas atmosféricos, com diferentes características de temperatura e umidade, origina uma descontinuidade (ou depressão) atmosférica denominada como Frente Polar (FP), a qual consiste no principal determinante do regime de precipitação do RS, principalmente no inverno, ocasionando bruscas variações nas condições meteorológicas (MONTEIRO, 1963). Segundo Cunha (1997), em média, entre cinco e sete sistemas frontais atingem mensalmente o estado. A atuação de frentes frias (associadas às altas pressões em superfície e as baixas temperaturas) é predominante no RS, entre os meses de abril a setembro, provocando tempo bom e declínio da temperatura após sua passagem. Nos demais meses, as entradas de frentes frias são enfraquecidas pela maior atuação da massa de ar tropical oriunda do AST.

O AST está localizado no setor central do Atlântico Sul e tem deslocamento sazonal pequeno, predominando no verão sob a influência da massa  $Tm$ . Essa massa de ar pode ser caracterizada como sendo uma parcela de ar com elevados valores de temperatura e umidade na superfície, porém, sofre persistente subsidência causada pelo AST, a qual origina tempo estável com temperaturas amenas principalmente nas áreas próximas ao litoral (Nimer, 1989). Assim, a maior intensidade de precipitação no verão fica restrita a costa leste, no Litoral Norte, pois a umidade absorvida no oceano, aliada a corrente marítima quente, consegue atingir maiores altitudes da Serra do Nordeste, gerando instabilidade e precipitação.

Outro sistema atmosférico que influencia na dinâmica climática do RS, principalmente nos meses quentes, é a massa  $cT$  que se desloca de NW, oriunda da depressão térmica continental denominada Baixa do Chaco, ocasionando fortes elevações da temperatura, além do fenômeno das ondas de calor. Segundo Ferreira (2007), esta baixa é extremamente dinâmica, deslocando-se da região Peru-Acre-Rondônia durante os meses de inverno e nos meses de verão, desloca-se para a região do Chaco argentino. A

vorticidade ciclônica destes ventos proporciona geralmente bom tempo, devido à origem continental, e abaixo destas baixas, existe quase sempre, uma célula anticiclônica que impede a ascendência de correntes convectivas a níveis superiores. Esta baixa se intera com a frente polar e gera alterações no tempo climático de todo o país, causando na Região Sul verões que apresentam poucas chuvas ou verão “seco”.

Também se destacam os aglomerados organizados de nuvens convectivas, denominados Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que se formam sobre o Paraguai e deslocam-se para o sul do Brasil, ocasionando chuvas fortes no oeste do RS, particularmente durante a primavera (CUNHA, 1997).

Os CCM caracterizam-se como uma junção de células convectivas individuais (nuvens *Cumulunimbus*), cobertos por uma extensa camada de nuvens *Cirrus*, com formato quase circular e um rápido crescimento entre seis e doze horas. Ocorrem, sobretudo, na metade quente do ano, e produzem grande variedade de fenômenos meteorológicos adversos, tais como tornados, granizo, fortes rajadas de vento, enchentes, inundações e tempestades elétricas (MADDOX, 1980). A distribuição da precipitação observada no verão e nas estações de transição sugere que os CCM sejam um dos mecanismos responsáveis pelos acumulados registrados em toda a Região Sul, neste período. No RS, destaca-se a região noroeste, onde os acumulados de precipitação são significativos nessas estações. Viana *et al.* (2009) analisaram a precipitação associada aos CCM entre outubro e dezembro de 2003 no RS, e concluíram que aproximadamente dois terços do volume de chuvas registrado foi oriundo dos eventos.

O transporte de calor e umidade das latitudes baixas para os subtrópicos representam o fator primordial para a formação e desenvolvimento dos CCM. Marengo *et al.* (2004) apontaram que uma das características das circulações na América do Sul é a composição durante o verão de um Jato de Baixo Nível (JBN), mostrando o aumento do transporte meridional de umidade em baixos níveis, oriundo do Equador. Os JBN ocorrem ao longo do ano, trazendo massas de ar úmidas da Amazônia para o sul do Brasil e norte da Argentina (FIGURA 5), porém são mais frequentes no verão, sendo seu ciclo mais intenso durante a madrugada, entre as 06:00 e 12:00 UTC.

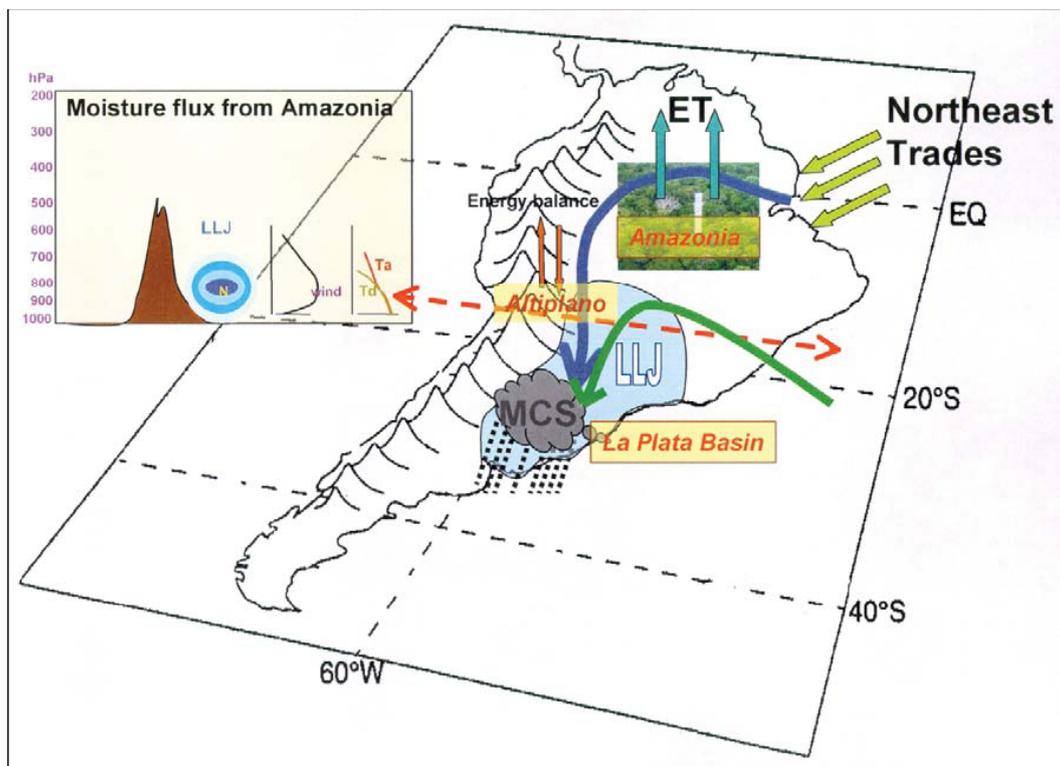


Figura 5 – Esquema de circulação atmosférica em baixos níveis na América do Sul. Fonte: Adaptado de Marengo *et al.* (2004).

O RS, pela sua posição geográfica, sofre a influência de um forte gradiente norte-sul de temperatura no inverno. Esse fato, associado ao transporte de momento angular dos trópicos para latitudes subtropicais, forma uma região de ventos fortes, entre 10 e 12 km de altura, denominada corrente de jato subtropical (CUNHA, 1997). Segundo o mesmo autor, a corrente de jato subtropical orientada de noroeste para sudeste impede o deslocamento dos sistemas frontais para nordeste, além de intensificar os que chegam à região, pela forte atividade convectiva. Esse é o responsável pelas cheias no sul do Brasil, durante eventos quentes do fenômeno *El Niño* – Oscilação do Sul (ENSO), em função do bloqueio no escoamento da atmosfera.

O regime de chuva no RS é determinado principalmente pela passagem de frentes frias pelo Estado. Durante os eventos quentes do fenômeno ENSO (*El Niño*) a fonte de calor no Oceano Pacífico gera bloqueios que mantêm as frentes frias sobre o estado, causando enchentes. O episódio frio do Fenômeno

ENSO (*La Niña*) gera resposta inversa na atmosfera, ocasionando períodos de seca no sul do Brasil (CUNHA, 1997).

Também deve ser considerada a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que corresponde a uma faixa de nebulosidade convectiva orientada de NW/SE resultante da intensificação do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quente e úmido da Amazônia e do Atlântico Sul na porção central do Brasil (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). A ZCAS está diretamente associada à precipitação na região SE no período de outubro a março (CUNHA, 1997).

### **2.3 Características Climáticas do RS**

As estações do ano no estado são bem caracterizadas, com verão quente, inverno frio e outono mais frio que a primavera (CUNHA, 1997). No entanto, a distribuição geográfica das temperaturas anuais no RS está condicionada à latitude, maritimidade, continentalidade e ao relevo. A combinação desses fatores climáticos faz do RS um estado com uma grande amplitude térmica anual que oscila entre 16 e 20°C e os valores médios situam-se entre 20 e 24°C no verão e 12 e 16°C no inverno (NIMER, 1990).

Em relação às precipitações, a distribuição média é equilibrada nas quatro estações, do ano (24% no verão; 25% no outono; 25% no inverno e 26% na primavera), apresentando, porém, deficiência hídrica nos meses do verão (BERLATO, 1992).

A média anual de precipitação (1945 - 2004) fica em torno de 1613 mm, variando entre 1391 mm (Santa Vitória do Palmar) a 1940 mm (São Luiz Gonzaga). Os totais anuais são maiores na metade norte, ficando acima de 1600 mm, e são inferiores a 1600 mm na metade sul (VIANA, 2006).

Cabe, citar a predominância dos ventos no estado, sendo o de sudeste (SE), como de primeira direção, e nordeste (NE), como segunda direção (CUNHA, 1997).

## 2.5 Características Climáticas de Manoel Viana

De acordo com o Plano Ambiental<sup>1</sup> de MV pode ser considerado ameno, conforme apontam as normais climatológicas, com uma precipitação bem distribuída ao longo dos meses, em que a precipitação oscila entre 1400 a 1700 mm anuais, porém podem ocorrer chuvas torrenciais.

O balanço hídrico anual entre precipitação e evaporação é positivo em 192 mm, ou seja, não possui déficit de umidade sendo, portanto, propício para agricultura. As taxas de umidade relativa do ar são normalmente superiores a 65%, alcançando níveis mais elevados entre os meses de maio e julho, acima de 80% (PREFEITURA DE MANOEL VIANA, 2009).

O clima da região é propício a ocorrência de eventuais geadas, principalmente nos meses de junho, julho e agosto (PREFEITURA DE MANOEL VIANA, 2009).

Foi registrado vento médio anual de 5,0 m/s a 50 m de altura e 6,5 m/s a 100 m de altura, podendo haver recorrência de 50 anos de ventos extremos de 42 m/s a 30 m de altura e 46 m/s a 50 m de altura, conforme aponta o Plano Ambiental do município.

---

<sup>1</sup> PREFEITURA DE MANOEL VIANA. Departamento de Meio Ambiente. Secretaria de Agricultura, Meio Ambiente, Indústria e Comércio. **Plano Ambiental de Manoel Viana**. Manoel Viana, 2009. 1 v.

## CAPÍTULO 3

### DESASTRES

---

Neste item busca-se esclarecer alguns conceitos relacionados ao tema deste trabalho, definindo termos e apresentando suas principais formas de abordagem, bem como tipologias. Também, é apresentado um panorama geral da ocorrência de desastres pelo mundo e no Brasil, e sua associação com as mudanças climáticas.

#### **3.1 Conceitos relacionados, definição de termos e formas de abordagem**

Wilches-Chaux (1993) coloca que a *United Nations Disaster Relief Office* (UNDRO) define desastre como um evento identificável no tempo e no espaço e que afeta o funcionamento normal de uma comunidade, com perdas de vida e danos de grande magnitude, que impedem o desenvolvimento das atividades essenciais e normais da comunidade afetada. O autor também destaca que há pesquisadores que incluem o número de vítimas fatais e o valor das perdas materiais na definição dos desastres.

Castro (1998), no Glossário de Defesa Civil, define desastre como sendo “o resultado de eventos adversos, ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”. Segundo o autor, os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. Dessa forma, a intensidade de um desastre depende da

interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema afetado.

Cristo (2002) salienta ainda que, apesar da ampla utilização de conceituações propostas pela comunidade científica, não se pode esquecer que no Brasil a conceituação oficial a respeito de termos relacionados ao estudo de áreas de risco, perigos e desastres é proposta pelo Ministério da Integração Nacional e apresentada no Plano Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2000), no qual são definidos os seguintes termos: Desastre, Risco, Dano, Vulnerabilidade, Ameaça e Segurança.

Os desastres, de acordo com o Glossário de Defesa Civil (CASTRO, 1998), podem ser classificados com relação à intensidade, à evolução e à origem. A classificação dos desastres quanto à intensidade, em termos relativos, baseia-se na relação entre a necessidade de recursos para o restabelecimento da situação de normalidade e a disponibilidade desses recursos na área afetada pelo desastre, sendo divididos em quatro níveis.

Cabe destacar que, em qualquer intensidade que ocorra, o desastre sempre provoca danos materiais e sociais. Apesar de desastres de pouca intensidade causarem menor quantidade de danos materiais, que podem ser facilmente superáveis, os danos sociais independente da intensidade, sempre são importantes e dificilmente superáveis, sendo mais graves ainda quando houver vítimas fatais.

Outra questão que deve ser ressaltada é que, embora muitos pesquisadores utilizem os termos acidente e desastre com diversas conotações, em sua definição oficial, o acidente está relacionado com a intensidade do desastre.

Quanto à evolução, os desastres são classificados pelo Departamento Nacional de Defesa Civil (CASTRO, 1998) em: desastres súbitos ou de evolução aguda, desastres graduais ou de evolução crônica e desastres por somação de efeitos parciais.

Os desastres súbitos ou de evolução aguda caracterizam-se pela rápida velocidade com que o processo evolui e, normalmente, pela violência dos eventos adversos causadores dos mesmos. Podem ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo

facilmente previsíveis. No Brasil, os desastres de natureza cíclica e de caráter sazonal são os mais comuns.

Os desastres graduais de evolução crônica, ao contrário dos súbitos, caracterizam-se por evoluírem através de etapas de agravamento progressivo. No Brasil, o desastre mais importante, deste tipo, é a seca do Nordeste, que possui essa característica de agravamento progressivo.

Os desastres por somação de efeitos parciais caracterizam-se pela soma de numerosos acidentes semelhantes, cujos danos, ao término de um determinado período, definem um desastre muito importante. No Brasil, os desastres por somação de efeitos parciais, são os que provocam os maiores danos anuais, com destaque para os acidentes de trânsito e os acidentes de trabalho.

Com relação à origem, os desastres são classificados em: naturais, humanos e mistos. Desastres Naturais são aqueles provocados por fenômenos da natureza e produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana, como é o caso dos desastres atmosféricos, geomorfológicos, etc. Os Desastres Humanos são aqueles provocados por ações ou omissões humanas, relacionando-se com o próprio homem enquanto agente, sendo normalmente consequência de ações desajustadas geradoras de desequilíbrios socioeconômicos de profundas alterações de ambiente natural, como é caso dos desastres tecnológicos. Os Desastres Mistos ocorrem quando as ações ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar e/ou agravar desastres naturais (CASTRO, 1998).

Talvez um exemplo mais apropriado de desastre misto seja o processo de arenização que está ocorrendo na região sudoeste do RS. As causas estão associadas principalmente ao tipo de solo, ao regime de chuva e a atividades agropastoris. No entanto, nessa abordagem, a diferença está basicamente no nível de intervenção humana. Entretanto, se considerarmos somente este critério, a grande maioria dos desastres conhecidos como naturais, seriam de fato desastres mistos (MARCELINO, 2008).

Os danos causados por um desastre são classificados pela Defesa Civil em três grupos (CASTRO, 1998): danos humanos, materiais e ambientais. Os danos humanos são dimensionados em função do número de pessoas desalojadas, desabrigadas, desaparecidas, feridas e mortas. Os danos

materiais são dimensionados em função do número de edificações, instalações e outros bens danificados e destruídos e do valor estimado para a reconstrução ou recuperação dos mesmos. Os danos ambientais, por serem de difícil reversão, contribuem de forma importante para o agravamento dos desastres e são medidos quantitativamente em função do volume de recursos financeiros necessários à reabilitação do meio ambiente.

### 3.2 Tipologias e Características dos Desastres

Diversas propostas de classificação de desastres são apresentadas na literatura especializada. Neste trabalho, serão utilizadas duas propostas básicas apresentadas por Tobin e Montz (1997).

A primeira, quanto à tipologia, tem como premissa o evento geofísico que desencadeou o desastre natural (Tabela 1). Estes eventos fazem parte da geodinâmica externa (meteorológicos e hidrológicos) e interna (geológicos) da Terra.

Tabela 1 – Classificação dos desastres quanto à tipologia.

<b>Categoria</b>	<b>Tipos de Desastres</b>
Meteorológicos	Furacões, Ciclones
	Vendaval
	Granizo
	Tornados
	Nevascas
	Geadas
	Ondas de Frio
	Ondas de Calor
Hidrológicos	Inundações
	Seca/Estiagem
	Incêndio Florestal
Geológicos	Terremotos
	Vulcanismo
	Tsunami
	Escorregamentos
	Subsistências

Fonte: Adaptado de Tobin e Montz (1997).

A segunda classificação tem o objetivo de diferenciar os desastres em relação as suas características comportamentais (FIGURA 6). Tendo como referência os fenômenos que ocorrem na Região Sul do Brasil, Marcelino (2008) aponta na Figura 6, que as inundações apresentam características bem distintas das estiagens, assim como o tornado do Furacão. Com respeito à frequência, as inundações ocorrem praticamente em todos os meses do ano, enquanto que as estiagens estão vinculadas à determinada estação ou período do ano. A duração e a extensão das estiagens são bem maiores do que as inundações, em compensação a formação e a dissipação é bem mais lenta. Além disso, enquanto as estiagens cobrem grandes áreas de forma difusa, as inundações estão limitadas às terras planas que margeiam os rios.

Já os tornados e furacões se assemelham em relação à frequência e ao comportamento, ou seja, além de relativamente raros, também são aleatórios, o que dificulta na previsibilidade. Mas em termos de extensão, os danos dos tornados são extremamente concentrados e intensos, restritos a largura e comprimento do rastro. No caso dos furacões, seu raio de destruição, apesar de menor intensidade, atinge centenas de quilômetros e bem mais difuso do que os tornados. E, quanto à velocidade, os tornados deslocam-se mais rápido do que os furacões.

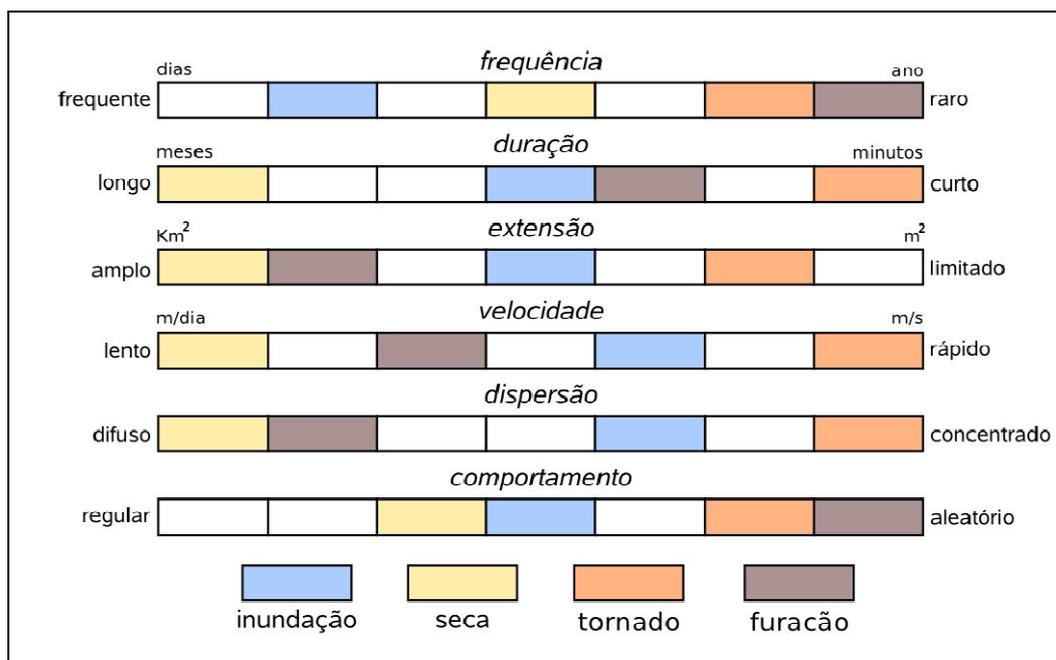


Figura 6 – Classificação dos desastres quanto às suas características.  
Fonte: Adaptado de Marcelino (2008)

Assim, enquanto uma visa detectar as semelhanças entre os fenômenos, categorizando-os, a outra visa diferenciá-los dentro de uma mesma categoria. E essas são informações imprescindíveis numa gestão de risco, o que leva a poupar tempo, dinheiro e, principalmente, vidas.

### 3.3 Desastres no Mundo

Tendo em vista que os fenômenos que desencadeiam os desastres podem ocorrer em diversas partes do globo, qualquer continente ou país pode sofrer com os prejuízos causados por esses eventos. Entretanto, algumas regiões são mais afetadas em função da magnitude e frequência dos fenômenos e da vulnerabilidade do sistema social.

O continente que apresentou o maior número de registros foi o asiático, com 3.699 registros, seguido pelo americano, com 2.416 registros, conforme consta no banco global de dados de desastres do EM-DAT (2010), período 1900-2006 (FIGURA 7).

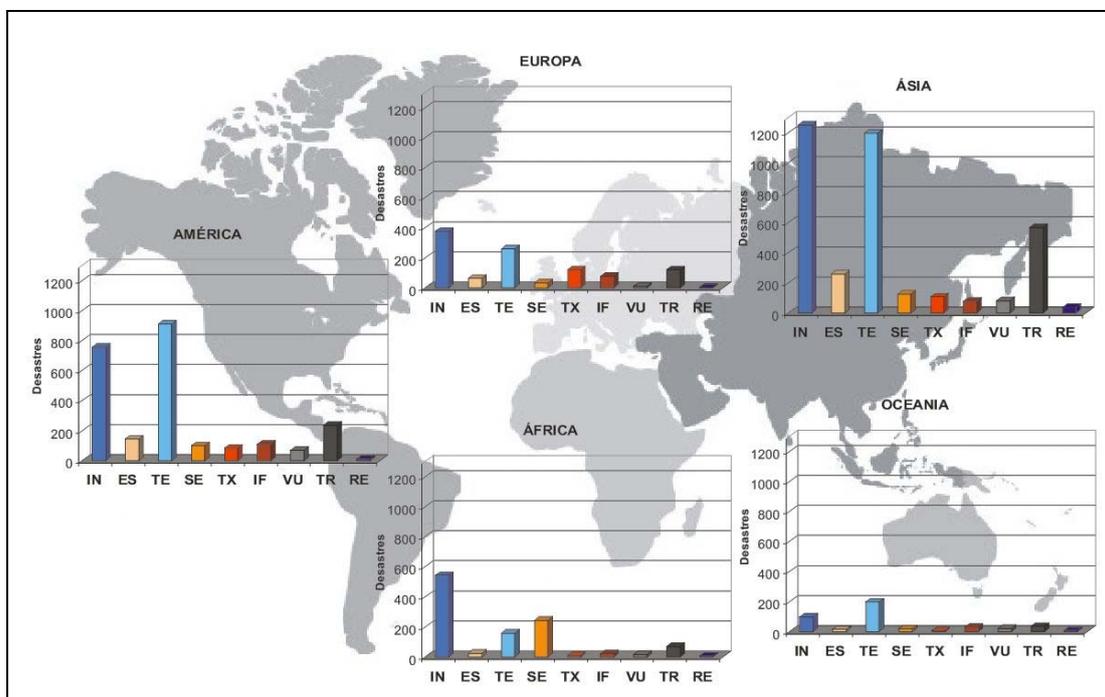


Figura 7 – Distribuição por continente dos desastres ocorridos (1900-2006).  
 Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE - Tempestade, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal, VU – Vulcanismo, TR – Terremoto e RE – Ressaca.  
 Fonte: Adaptado de Marcelino (2008).

Destaca-se que, em todo o mundo, os tipos de desastres que mais ocorreram foram as inundações (35%) e as tempestades (31%), que é a soma dos eventos associados a furacões, tornados e vendavais. Portanto, aproximadamente 66% dos desastres ocorridos no mundo estão vinculados às instabilidades atmosféricas severas.

Convém citar que a grande maioria dos desastres (mais de 70%) ocorreu em países em desenvolvimento. Estes dados refletem as próprias condições sócio-econômicas desses países, como o adensamento populacional em áreas de risco, a falta de planejamento urbano, os baixos investimentos na saúde e educação, entre outros fatores, que aumentam consideravelmente a vulnerabilidade das comunidades expostas aos perigos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

### **3.4 Desastres no Brasil**

Com base nos dados fornecidos pelo EM-DAT (2010) para o período 1900-2006, ocorreram 150 registros de desastres no período. Do total ocorrido, 84% foram computados a partir dos anos 70, demonstrando um aumento considerável de desastres nas últimas décadas. Como consequência, foram contabilizadas 8.183 vítimas fatais e um prejuízo de aproximadamente 10 bilhões de dólares (MARCELINO, 2008).

A maioria dos desastres no Brasil (mais de 80%) está associada às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos. Os tipos de desastres mais frequentes foram as inundações (Figura 8), representadas pelas graduais e bruscas, com 59% dos registros, seguidas pelos escorregamentos (14%). Com exceção das inundações graduais, esses fenômenos são súbitos e violentos, responsáveis por grande mortandade e destruição.

Com relação à distribuição espacial, mais de 60% dos casos ocorreram nas regiões Sudeste e Sul (Figura 9). Marcelino (2008) destaca que no Brasil,

essa distribuição está mais associada às características geoambientais do que as sócio-econômicas. Isso porque nessas regiões as instabilidades atmosféricas são freqüentes em função da passagem de frentes frias no inverno, da ocorrência de Complexos Convectivos de Mesoescala na primavera e da formação dos sistemas convectivos no verão, que desencadeiam as chuvas intensas e concentradas para essa estação (SANT'ANNA NETO, 1995; SILVA DIAS, 1996; NASCIMENTO, 2005).

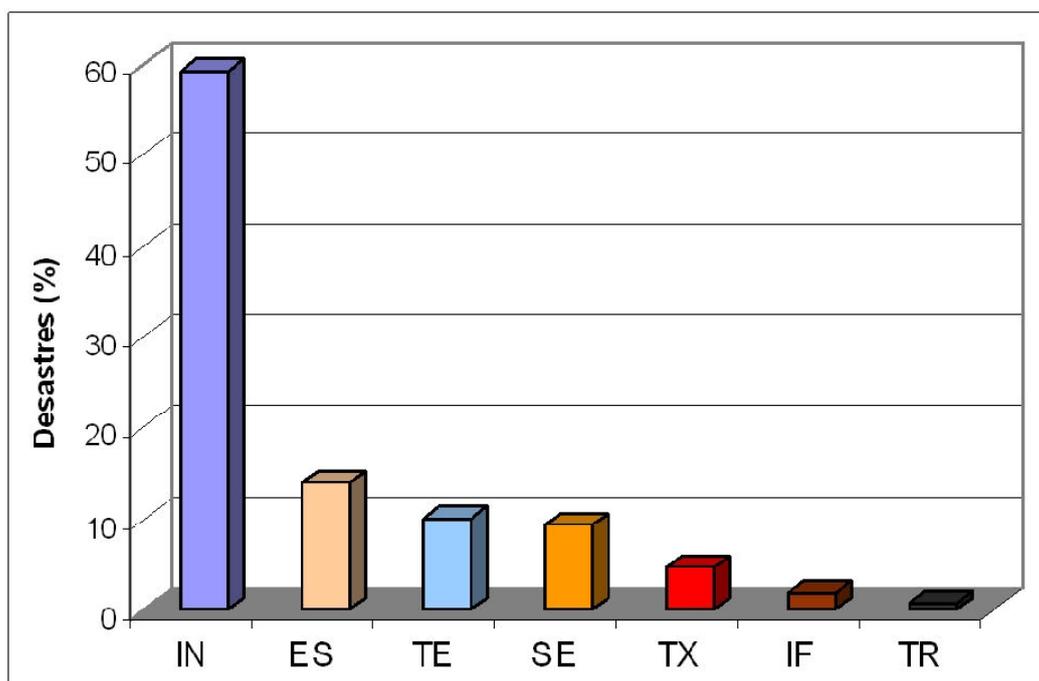


Figura 8 – Tipos de desastres ocorridos no Brasil (1900-2006).  
Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE – Tempestades,  
SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal e TR –  
Terremoto. Fonte: Adaptado de Marcelino (2008).

Ressalta-se que são computados no banco EM-DAT, somente os desastres considerados de grande severidade, que resulta em dezenas de mortos e centenas de desabrigados, levando geralmente os estados e países a buscarem auxílio externo (MARCELINO *et al.*, 2006; EM-DAT, 2010). Assim, o número de desastres ocorridos no Brasil é bem mais elevado do que os contabilizados no banco EM-DAT.

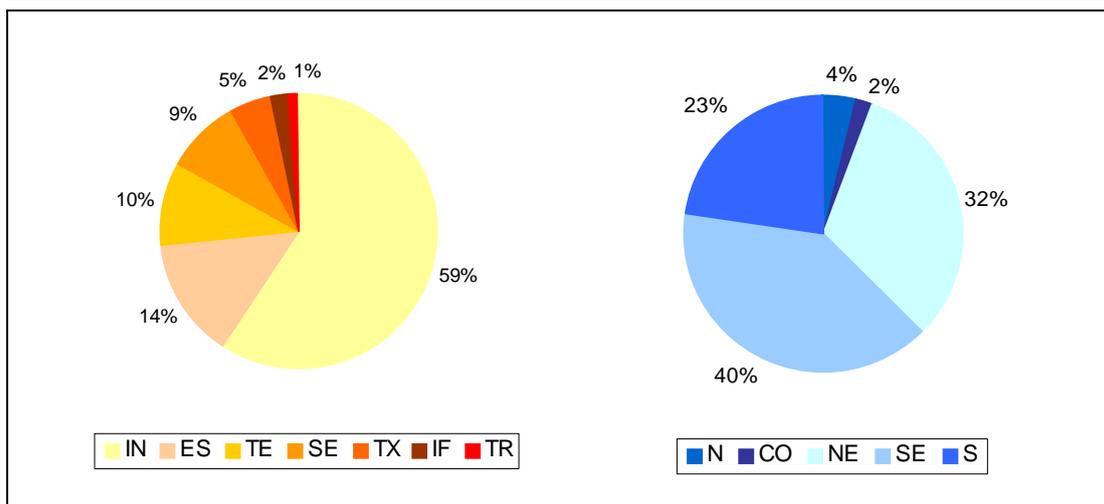


Figura 9 – Distribuição dos desastres no Brasil (1900-2006). Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE – Tempestades, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal, TR – Terremoto, N – Norte, CO – Centro Oeste, NE – Nordeste, SE – Sudeste, S – Sul. Fonte: Adaptado de Marcelino (2008)

### 3.5 Desastres no RS

Embora esteja sendo atingido freqüentemente pela ocorrência de desastres associados a processos de dinâmica superficial e atmosférica, que tem como conseqüência perdas sociais e materiais significativas o RS dispõe de poucos estudos regionais que identifiquem as áreas de risco e os processos mais comuns causadores de desastres. Entretanto, o aumento da freqüência e da intensidade das catástrofes, acompanhadas de perdas de vida humana e danos econômicos incalculáveis associados faz com que as atuais relações sociedade/natureza sejam questionadas.

Destaca-se, segundo Reckzielgel (2007), que no período de 1980 a 2005, foram registradas 7.080 ocorrências de desastres naturais em municípios do RS. Foram homologados, pelo governo estadual, 4.035 decretos de Situação de Emergência e 158 de Estado de Calamidade Pública. Das 7.080 registros de eventos adversos em municípios do estado, 2.196 estão associados à dinâmica fluvial, sendo 1.258 enchentes, 925 enxurradas e 13 erosões de margem; 4.812 estão associados à dinâmica atmosférica, sendo 1.344 vendavais, 264 precipitações de granizo, 357 vendavais acompanhados

de precipitação de granizo, 6 tornados, 5 furacões e 2.836 estiagens; e 72 eventos estão associados à dinâmica de encosta, 72 deslizamentos.

Os eventos de estiagem foram os que atingiram maior número de municípios, com 2.836 ocorrências, seguidos pelos vendavais, com 1.344 ocorrências e pelas enchentes, com 1.258 ocorrências. O furacão e os tornados foram os eventos que atingiram menor número de municípios, com 5 e 6 ocorrências, respectivamente, no período estudado (RECKZIEGEL, 2007).

No ano de 2005, foi registrado o maior número de municípios atingidos por desastres, com 591 ocorrências, seguido pelos anos de 1997 e 2002, com 573 e 536 ocorrências, respectivamente. Os anos com menor número de municípios atingidos foram 1985, 1980 e 1995, com 58, 72 e 106 ocorrências, respectivamente (RECKZIEGEL, 2007).

Acredita-se que esse aumento da intensidade dos impactos provocados por desastres faz parte de uma cadeia de interações recíprocas estabelecidas entre as atividades socioeconômicas e o ambiente natural, sendo que o aumento da vulnerabilidade está intimamente relacionado com o crescente processo de marginalização social e um ambiente natural deteriorado (RECKZIEGEL, 2007).

### **3.6 Desastres e Mudanças Climáticas**

O crescimento populacional, a segregação sócio-espacial (aumento das favelas e bolsões de pobreza), acumulação de capital em áreas de risco (ocupação da zona costeira), o avanço das telecomunicações (registro e disseminação de informações) e as mudanças climáticas globais podem ser citados como os principais fatores responsáveis pelo aumento dos desastres em todo o mundo (MARCELINO *et al.*, 2006).

No entanto, as mudanças climáticas em decorrência do aquecimento global têm ganhado destaque pela comunidade científica principalmente a partir da publicação do 4º Relatório do IPCC (2007). Esse relatório menciona que no Brasil os desastres de origem atmosférica tendem a continuar aumentando, com destaque para as tempestades e os eventos de precipitações intensas sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil e o

agravamento da seca no nordeste e avanço sobre as regiões norte e centroeste.

Na Figura 10, em azul estão representadas as áreas onde os índices de precipitação estarão acima da média (até 20%) no final do século XXI. Em amarelo as áreas que estarão com deficiência de precipitação. Enquanto que, em branco são as áreas que estarão com índices na média ou próximo.

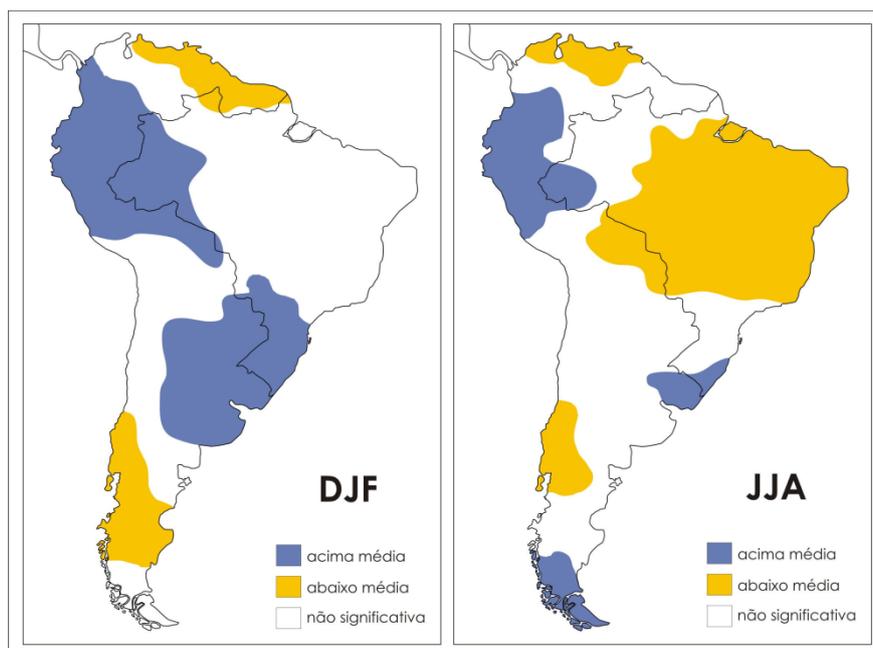


Figura 10 – Mudanças nos índices de precipitação (em porcentagem) para o período 2090-2099 baseado no cenário SRES A1B. As siglas DJF e JJA correspondem aos meses de verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e inverno (Junho, Julho e Agosto), respectivamente. Fonte: adaptada de IPCC (2007).

Nota-se que a tendência é que aumentem ainda mais os desastres causados pelas tempestades no sul e sudeste do Brasil, nos meses de verão (DJF), e as secas no norte, nordeste e centro-oeste nos meses de inverno (JJA), como já demonstram os dados coletados até então. Esses dados corroboram e complementam as informações do EM-DAT (2010), em que a média de desastres ocorridos na década de 70 foi de 90 eventos por ano, saltando para mais de 260 eventos na década de 90. Estes números refletem diretamente a elevação na frequência e intensidade dos desastres causados pelas tempestades severas, como mostrado pela linha azul na Figura 11.

O aumento da precipitação nas regiões Sul e Sudeste não aponta necessariamente para uma boa distribuição anual das chuvas. Pelo contrário, a tendência é que as precipitações ficarão ainda mais intensas e concentradas, ou seja, chuvas muito fortes e em poucos dias, como já vindo sendo observado (MARENGO, 2006).

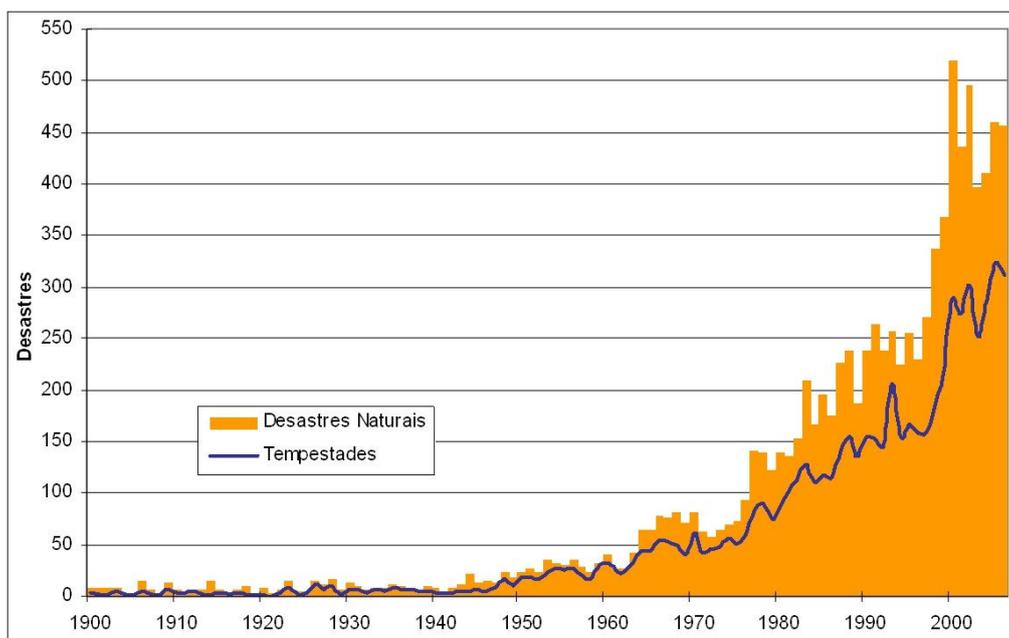


Figura 11 – Frequência anual de desastres para todo o planeta (1900-2006). Fonte: Adaptado de Marcelino (2008).

Em virtude do aumento das precipitações intensas, somado aos desmatamentos de encostas, a ocupação das planícies de inundação, ao assoreamento dos rios e a impermeabilização urbana (asfaltamento de ruas, construções, etc.), as inundações bruscas em áreas urbanizadas se tornarão um dos principais problemas ambientais que a região Sul e Sudeste do Brasil terão que enfrentar para as próximas décadas, tendo em vista que as inundações bruscas (enxurradas) ocorrem associadas a elevados índices de precipitação ( $> 25$  mm/h), e são altamente perigosas e destrutivas (MARCELINO *et al*, 2004).

## **CAPÍTULO 4**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

---

Este capítulo é dedicado à demonstração da procedência das bases conceituais a partir do material bibliográfico reunido, bem como, dos dados quantitativos e qualitativos. Também é feita a descrição dos procedimentos metodológicos no tratamento dos dados obtidos.

Cabe destacar que para o tratamento dos dados foi utilizando a planilha eletrônica *Microsoft Office Excel 2003*, cujos resultados são apresentados na forma de gráficos e tabelas no corpo do trabalho, seguidos das respectivas análises. Para os dados de espacialização foi usado o *Arc GIS 9.2* na elaboração de mapas temáticos.

#### **4.1 Material Bibliográfico**

O presente trabalho iniciou com a compilação de informações referentes à inundação ocorrida em novembro de 2009 no município de MV, RS. Informações como Decreto de Situação de Emergência e primeiras reportagens foram obtidas no *site* da Defesa Civil e no *site* da Prefeitura de MV.

Posteriormente, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre o tema “desastres naturais e conceitos relacionados”, a partir do qual se identificou a importância da análise do fenômeno meteorológico na compreensão de desastres naturais.

Então, reuniu-se o material bibliográfico sobre fatores que influenciam o clima do RS com o intuito de entender da classificação climática do RS e, por

consequência, compreender o clima da região onde está situado o município de MV.

#### **4.2 Obtenção e Tratamento dos Dados Meteorológicos Quantitativos**

Concomitantemente a análise das imagens de satélite determinou-se, a as normais climatológicas, o total acumulado de 2009 e as anomalias de precipitação pluviométrica de cada estação selecionada. Além disso, determinou-se a distribuição da precipitação pluviométrica ao longo do mês de novembro de 2009.

Para tanto, selecionou-se estações meteorológicas com base na distribuição espacial da Rede Hidrometeorológica da Agência Nacional de Água (ANA) na BH do rio Ibicuí, na Região Hidrográfica do rio Uruguai – Bacia 7 (FIGURA 12). As estações foram selecionadas tendo em vista a disponibilidade de dados meteorológicos para um período de 30 anos (1961-1990), seguindo recomendações da Regulação Técnica da Organização Meteorológica Mundial (WMO), no ano de 2006. Optou-se pela estação pluviométrica de MV, Plano Alto, em Uruguiana, Jaguari e Cacequi por estas obedecerem, também, a distância máxima recomendada pela WMO de 100 a 150 km entre as estações climatológicas. Considerou-se, ainda, a influência do relevo com o intuito de representar as características pluviais condicionadas pelo mesmo (Paiva, 2003).

Após a seleção das estações pluviométricas obteve-se a série histórica de cada uma delas, contendo dados horários de precipitação pluviométrica (em formato *.txt*) desde o ano de instalação da estação até o ano de 2005. Esses dados são fornecidos pelo portal *HidroWeb*, no *site* da ANA, o qual oferece um banco de dados com todas as informações coletadas pela rede hidrometeorológica. No entanto, é importante informar que os dados de precipitação pluviométrica do ano de 2009 para as estações de Plano Alto, Jaguari e Cacequi foram obtidos a partir de solicitação, por e-mail, à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, sede de Porto Alegre, RS.

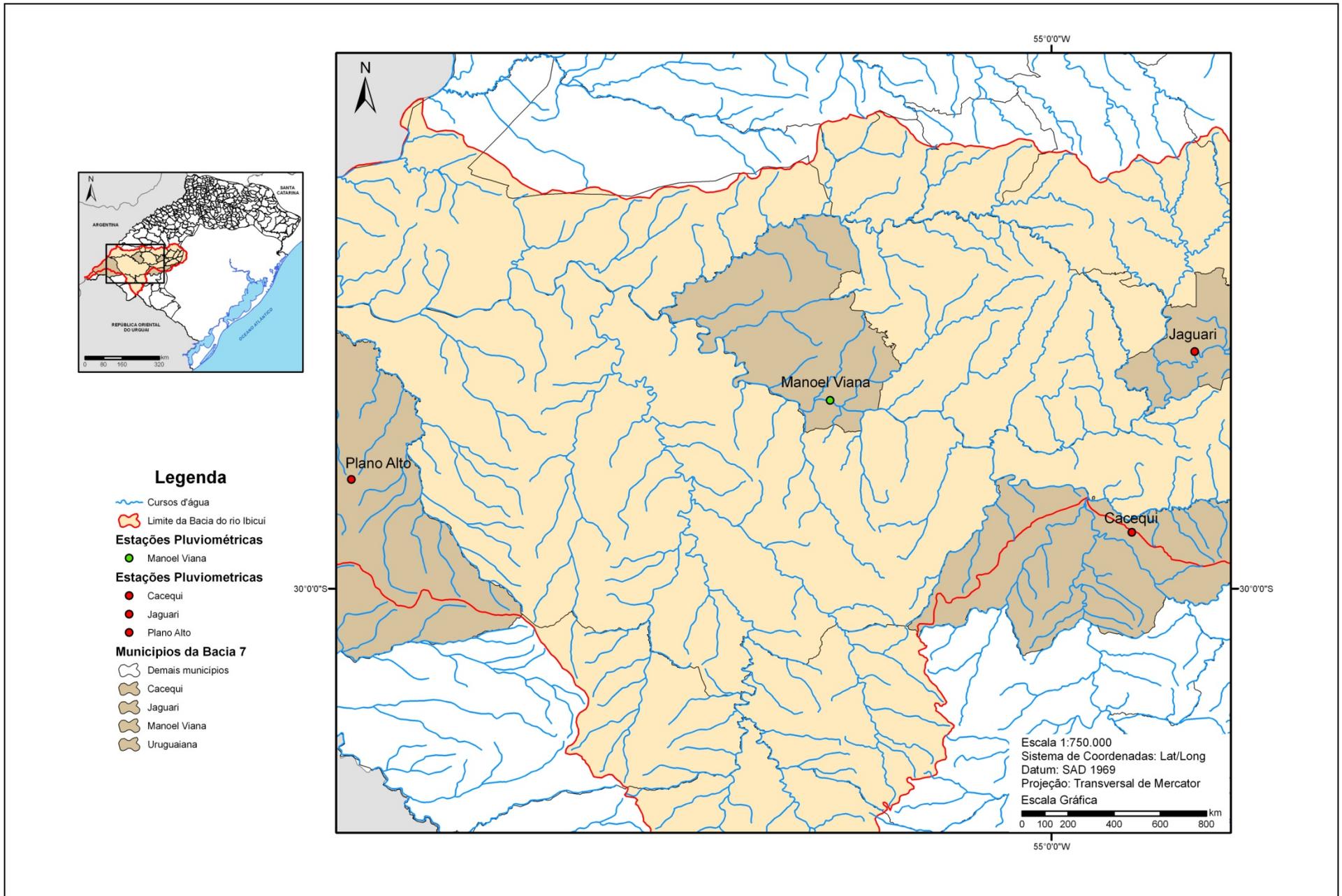


Figura 12 – Distribuição espacial das Estações Pluviométricas e Fluviométrica na Bacia do rio Ibicuí, na Região Hidrográfica do rio Uruguai – Bacia 7.

Com relação à estação de MV, em função da indisponibilidade de dados meteorológicos para um período de 30 anos (1961-1990), como recomenda a OMS, utilizou-se o período de 1979-2008 para estabelecer a normal climatológica dessa estação. Os dados de precipitação pluviométrica do ano de 2009 foram obtidos na plataforma de Dados Hidrológicos em Tempo Real no *site* da ANA, cujos dados são coletados por um sistema de Telemetria nas estações automáticas, com a utilização de Plataformas de Coletas de Dados – PCDs na qual suas transmissões são efetuadas pelos satélites brasileiros (SCD e CBERS), utilizando-se da estrutura do INPE, em Cuiabá e em Cachoeira Paulista.

#### 4.2.1 Determinação das Normais Climatológicas

Para o estudo do comportamento do regime de precipitação na região do município de MV foram utilizados dados de precipitação pluviométrica ocorridas no período entre 1961 e 1990 das estações de Plano Alto, Jaguari e Cacequi no cálculo das normais climatológicas. Para MV utilizou-se o período de 1979 a 2008.

Do somatório das médias dos acumulados mensais dividido pelos 30 anos, obtendo-se a Normal Climatológica.

#### 4.2.2 Determinação do Total Acumulado de Precipitação Pluviométrica nos meses de 2009

A partir da soma do valor diário de precipitação pluviométrica obteve-se o total acumulado para cada mês do ano de 2009.

#### 4.2.3 Determinação das Anomalias de Precipitação Pluviométrica

Para o cálculo das anomalias das quatro estações utilizou-se o total de precipitação pluviométrica acumulada de cada mês para o ano de 2009, menos o valor da Normal Climatológica.

#### 4.2.4 Determinação da Precipitação Pluviométrica de Novembro de 2009

Para as estações de MV, Jaguari e Cacequi foram elaborados gráficos com os dados diários obtidos, sem a necessidade de fazer cálculos.

### 4.3 Obtenção das Imagens de Satélite

As imagens de satélite GOES 10 realçadas, utilizadas para identificar o fenômeno atmosférico responsável pelos registros de precipitação pluviométrica na estação de MV, foram obtidas no Banco de Imagens do site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC – INPE).

Para melhor visualização das condições de desenvolvimento do fenômeno atmosférico observou-se sequências horárias de imagens nos canais (diferentes bandas de comprimento de ondas eletromagnéticas) do visível, infravermelho, vapor d'água e realçada. Essas sequências foram constituídas por imagens com intervalo de quinze minutos entre cada uma delas, tendo início as zero hora e fim as vinte e três horas e trinta minutos de cada dia do mês de novembro de 2009, totalizando 11.520 imagens analisadas do setor América do Sul (AS). Para melhor identificar o fenômeno sobre RS utilizou-se as imagens do setor Sul do Brasil (FIGURA 13).

Para a classificação visual do sistema adotou-se o modelo conceitual de Maddox (1980), baseado nas características físicas dos topos nebulosos. Para tanto, optou-se por utilizar as imagens realçadas de baixa resolução, com projeção retangular do setor América do Sul e Sul do satélite GOES 10, nas quais é possível identificar o limiar de temperatura dos topos nebulosos ( $-32^{\circ}\text{C}$  e  $-52^{\circ}\text{C}$ ). Segundo o autor, o limiar de  $-32^{\circ}\text{C}$ , a partir de estimativas de precipitação por satélite, corresponde à nebulosidade alta, geralmente em torno

de 6.000 m. Esse limiar denota o início do acúmulo de precipitação, porém essa região não garante a existência de áreas de precipitação ativas. Já o limiar de  $-52^{\circ}\text{C}$  praticamente assegura que o sistema está ativo e com queda de precipitação em superfície (VIANA, 2006).

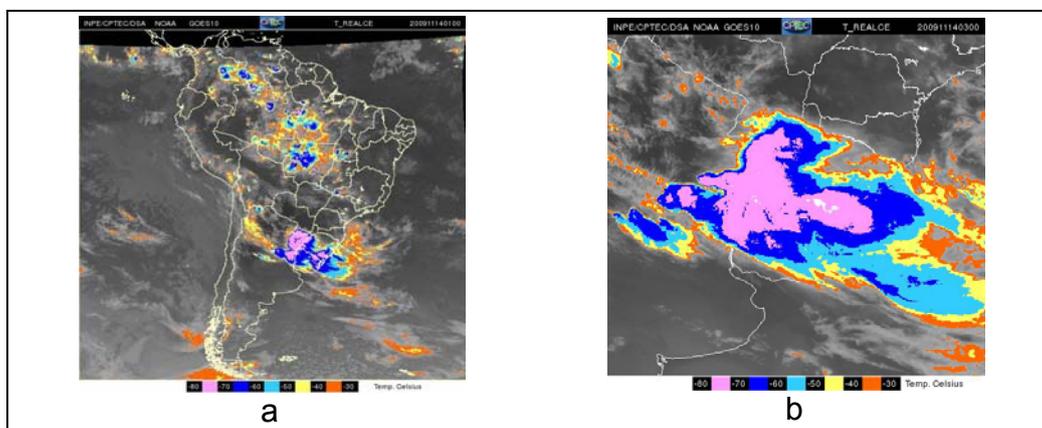


Figura 13 – Imagens do Satélite GOES 10 realçada da América do Sul (a) e Região Sul do Brasil (b). Fonte: CPTEC – INPE (2010).

A partir da análise das imagens processadas pelo FORTRACC (*Forecast and Tracking of Active Convective Cells*) promoveu-se um maior detalhamento ao estudo. Relacionou-se a observação das imagens horárias com os dados horários de precipitação pluviométrica sendo possível a identificação do estágio do CCM que atuava sobre a região estuda nas horas em que os registros de precipitação ocorreram.

Para a identificação do estágio de ocorrência do CCM utilizou-se o modelo hipotético formulado por Maddox (1980) que descreve quatro estágios para o ciclo de vida dos CCM (VIANA, 2006). São eles:

- a) Gênese: o início do CCM se dá quando um número de tempestades individuais se desenvolve em uma região onde as condições são favoráveis para convecção (movimento ascendente na baixa troposfera em uma coluna de ar condicionalmente instável). Efeitos de pequena escala, como topografia e fontes de calor localizadas podem exercer importante papel no estágio inicial de desenvolvimento. A liberação de calor latente e o aquecimento por compressão no meio podem se combinar para produzir uma região de aquecimento anômalo (escala

Meso- $\beta$ ), de modo que eventos extremos (tornados, granizo e fortes rajadas de vento) ocorrem nesta fase. Em níveis médios, o entranhamento de ar potencialmente mais frio do ambiente produz evaporação e conseqüentemente ventos descendentes, originando rajadas de ar frio na camada limite superficial.

b) Estágio de Desenvolvimento: o meio, em larga-escala começa a responder à presença de uma região quente anômala e uma camada em níveis médios (750-400 hPa) se desenvolve. Continua um forte influxo nos níveis baixos de ar úmido e instável e o sistema cresce rapidamente. Os elementos mais convectivos ocorrem ao longo da zona de convergência. Em resposta ao aquecimento produzido pela tempestade, ar na média troposfera converge para o sistema, onde é incorporado numa região de movimento ascendente em mesoescala. Eventualmente esta região pode se tornar saturada e exibir uma estrutura de núcleo quente.

c) Estágio Maduro: elementos de convecção intensa continuam a se formar na região onde o influxo em níveis baixos fornece combustível para essas condições instáveis. Nesta etapa, tempestades severas podem ainda ocorrer, entretanto o tipo principal de condição do tempo passa a ser fortes chuvas localizadas, pois os elementos convectivos ocorrem em um ambiente úmido com fraco cisalhamento vertical, sendo assim bastante eficientes quanto à precipitação. As características dominantes do sistema maduro parecem ser a grande extensão do fluxo de massa ascendente na média troposfera e a grande área de precipitação.

d) Estágio de Dissipação: esse estágio é marcado por uma rápida mudança na estrutura do sistema, pois elementos de intensa convecção não mais se desenvolvem. O suprimento de combustível para o sistema foi interrompido ou modificado, de maneira que o sistema não apresenta mais a estrutura em mesoescala organizada, tornando-se mais caótico nas imagens.

Cabe aqui comentar sobre o FORTRACC, o qual foi desenvolvido pela equipe da Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O programa calcula diversos parâmetros físicos dos Sistemas Convectivos (SC), entre os quais, os propostos por Maddox (1980) para a classificação dos CCM. O FORTRACC foi desenvolvido em linguagem *Fortran* e opera na DSA em ambiente *Linux*. O aplicativo possui duas versões: uma operacional destinada a fazer o rastreamento e o prognóstico da evolução de até duas horas dos SC, e outra não operacional, que realiza apenas os diagnósticos do SC (VIANA, 2006).

O programa utiliza o satélite geoestacionário GOES-12, que produz imagens da AS em cinco canais, as quais permitem observar e/ou quantificar várias características de nebulosidade. As vantagens das imagens GOES são: a frequência (imagens disponíveis a cada meia hora), a resolução espacial linear de 4 km e seu caráter operacional, isto é, a previsão de serviço contínuo por um período extenso de tempo. Essas características são úteis para desenvolver e aplicar métodos de monitoramento destinados a fornecer informações para a previsão de impacto e/ou avaliação posterior de alguns fenômenos meteorológicos, na escala de horas (Macedo *et al.*, 2004). O estudo das trajetórias e ciclo de vida dos SC utiliza imagens no canal infravermelho termal (IR) do satélite GOES-12, tomando por base a similaridade entre as características morfológicas (reconhecimento de padrões) e a área de superposição dos SC, em sucessivas imagens (Machado *et al.*, 1998).

Segundo Viana (2006) o FORTRACC concentra-se na determinação de trajetórias e ciclo de vida dos SC, propondo a utilização de imagens GOES como base fundamental para obtenção de dados. O aplicativo utiliza os limiares de temperatura de topos nebulosos de 235 K ( $-38^{\circ}\text{C}$ ) para definir o SC, de 210 K ( $-63^{\circ}\text{C}$ ) para definir as células convectivas centradas no SC e ainda de 250 K ( $-23^{\circ}\text{C}$ ) para detecção precoce dos SC. Esses limiares são ligeiramente inferiores aos utilizados por Machado *et al.* (1998), pois neste caso, o interesse é voltado para a previsão de curto prazo dos SC com maior atividade convectiva. Os dois intervalos fixos têm em comum um valor de temperatura: o menor limiar do primeiro intervalo é coincidente com o maior limiar do segundo. Neste caso, a temperatura comum é de 235K ( $-38^{\circ}\text{C}$ ). Os limiares definidos no FORTRACC estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Limiares de temperatura de topos nebulosos utilizados pelo FORTRACC.

Intervalo de temperatura	Limiar quente	Limiar frio
Detecção Precoce de SC	250 K (-23°C)	235 K (-38°C)
Rastreamento de SC	235 K (-38°C)	210 K (-63°C)

Fonte: Macedo *et al.* (2004)

Para todos os SC identificados pelo FORTRACC são calculados os seguintes parâmetros (Macedo *et al.*, 2004):

i) Parâmetros morfológicos:

a) Tamanho do SC (número de *pixels* e área em  $km^2$ ), além das coordenadas de latitude e longitude do centro geométrico do sistema;

b) Raio do SC: raio de um círculo cuja área seja igual à área do próprio sistema, dada pela equação:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (4.1)$$

onde  $r$  representa o raio do sistema e  $A$  representa área em  $km^2$ ;

c) Fração convectiva e número de células convectivas: as células convectivas são definidas como os aglomerados de *pixels* que possuem temperatura de brilho mais baixa que o limiar inferior a 221 K (-52°C);

d) Tamanho das cinco maiores células convectivas do sistema;

e) Eixo de inércia;

f) Inclinação e excentricidade do SC: o cálculo é baseado numa representação no plano de todos os pontos do sistema. Após a aplicação da metodologia dos mínimos quadrados nos pontos, a reta gerada (e sua ortogonal) serão os novos eixos de inércia. Logo, os pontos de latitude e longitude (LAT<sub>i</sub>, LON<sub>i</sub>) são projetados no novo sistema cartesiano (xx<sub>i</sub>, yy<sub>i</sub>). As projeções do SC são calculadas a partir das seguintes equações:

$$\begin{aligned}
xx_i &= LON_i \cos \beta + LAT_i \sin \beta \\
yy_i &= LON_i \sin \beta + LAT_i \cos \beta \\
\beta &= \tan^{-1} \alpha
\end{aligned} \quad (4.2)$$

onde

$$\alpha = \frac{\left( N \sum LAT_i LON_i - LAT_i \sum LON_i \right)}{N \sum LAT_i^2 - \left( \sum LAT_i \right)^2} \quad (4.3)$$

o valor  $\beta$  representa a inclinação do sistema.

A excentricidade é calculada a partir das seguintes equações:

$$\varepsilon = \frac{|xx(max) - xx(min)|}{|yy(max) - yy(min)|} \quad (4.4)$$

$$\varepsilon = \frac{|yy(max) - yy(min)|}{|xx(max) - xx(min)|}$$

ii) Parâmetros radiativos:

- a) Temperaturas média e mínima do sistema;
- b) Temperatura média das cinco maiores células convectivas.

iii) Parâmetros de localização:

- a) Coordenadas do centro geométrico;
- b) Coordenadas do centro geométrico das cinco maiores células convectivas;
- c) Data e hora (UTC).

A Tabela 3 apresenta, sinteticamente, a descrição dos principais parâmetros dos SC calculados pelo FORTRACC, com os respectivos nomes dos campos.

Tabela 3: Principais parâmetros calculados pelo FORTRACC.

Código	Descrição do Parâmetro
SYS	Número de identificação do SC
XLAT	Latitude do centro de massa do SC
XLON	Longitude do centro de massa do SC
TIME	Intervalo de tempo em relação ao horário da imagem
SIZE	Tamanho do SC em <i>pixels</i>
DSIZE	Taxa de expansão do SC
TMED	Temperatura média do SC
DTMED	Taxa de variação da temperatura média do SC
TMIN	Temperatura mínima do SC
DTMIN	Taxa de variação da temperatura mínima
TMIN9	Média do núcleo de 9 <i>pixels</i> (análise da vizinhança)
DTMIN9	Taxa de variação de TMIN9
CBNUM	Quantidade de topos frios
CBMED	Tamanho médio dos topos frios
VEL	Velocidade do SC em relação ao seu posicionamento na imagem anterior
DIR	Direção de propagação do centro de massa do SC
INCLI	Inclinação do SC
ECCE	Excentricidade do SC
CLA	Classificação do SC
SYS_ANT	Identifica qual o SC anterior que originou o atual

Fonte: Macedo *et al* (2004)

Segundo Macedo *et al.* (2004), o método de identificação de um mesmo SC no tempo ( $t$ ) e nas imagens sucessivas em  $(t+\Delta t)$ , é empregado no critério de máxima superposição da área dos SC em imagens sucessivas. É adotado um número mínimo de *pixels* para considerar a continuidade do SC (150 *pixels*, o que corresponde a aproximadamente 2.400 km<sup>2</sup>) para um  $\Delta t = 30$  minutos. Se a superposição for menor, o sistema não é considerado como sendo o mesmo sistema no tempo anterior. Quatro tipos de situações são considerados neste algoritmo de acompanhamento:

i) Sistema novo ou de geração espontânea (N): é aquele SC identificado numa imagem e que não está presente na imagem anterior, ou não cumpre com o critério de mínima superposição dos sistemas;

ii) Continuidade (C): SC identificado numa imagem e presente na imagem anterior, cumprindo com o critério de mínima superposição (FIGURA 14).

iii) *Split* ou Separação (S): quando no tempo (t) existe um sistema que cumpre com o critério de mínima superposição dos SC com dois ou mais sistemas no tempo (t+ $\Delta t$ ) Nesse caso, o maior sistema no tempo (t+ $\Delta t$ ) é considerado como a continuidade do SC no tempo (t) (FIGURA 14 b).

iv) *Merge* ou Fusão (M): quando no tempo (t) existem dois ou mais SC que cumprem com o critério de mínima superposição com só um sistema no tempo (t+ $\Delta t$ ). Nesse caso, cada um dos SC no tempo (t) é considerado como a continuidade de diferentes famílias de sistemas (FIGURA 14 c).

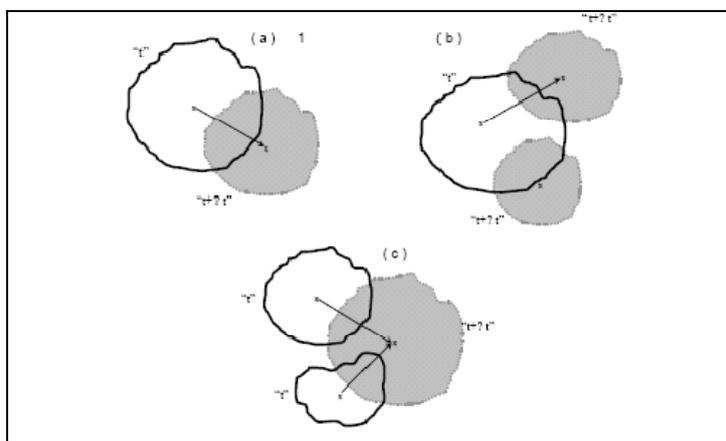


Figura 14: Processos de identificação dos SC em sucessivas imagens. Fonte: Macedo *et al.* (2004).

Para a identificação do estágio do CCM que atuou sobre a região estuda foram utilizadas 720 imagens processadas pelo FORTRACC obtidas no *site* do CPTEC - INPE (FIGURA 15). Esse conjunto foi constituído por imagens com intervalo de uma hora entre cada uma delas tendo início as zero hora e fim as vinte e três horas de cada dia do mês de novembro de 2009.

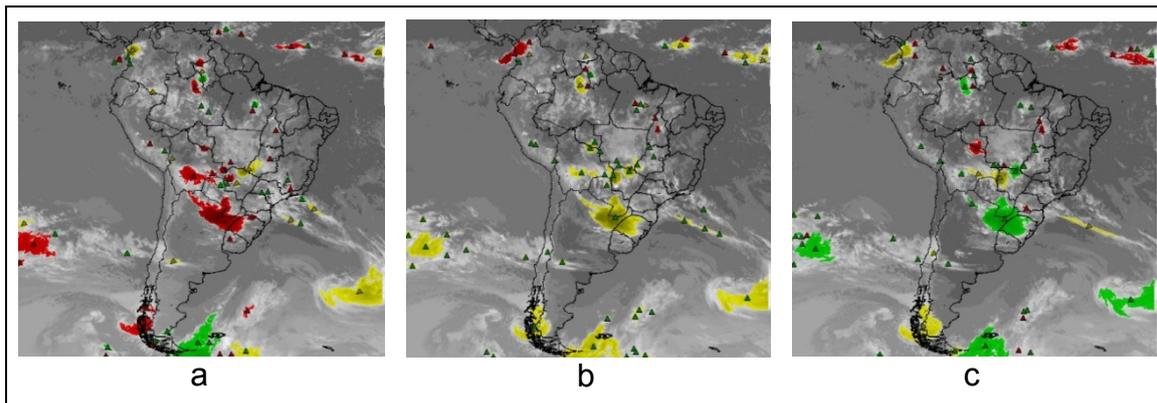


Figura 15 – Estágios de intensificação (a), estabilidade (b) e desintensificação (c) do CCM sobre a região de MV. Fonte: CPTEC – INPE, 2010.

## CAPÍTULO 5

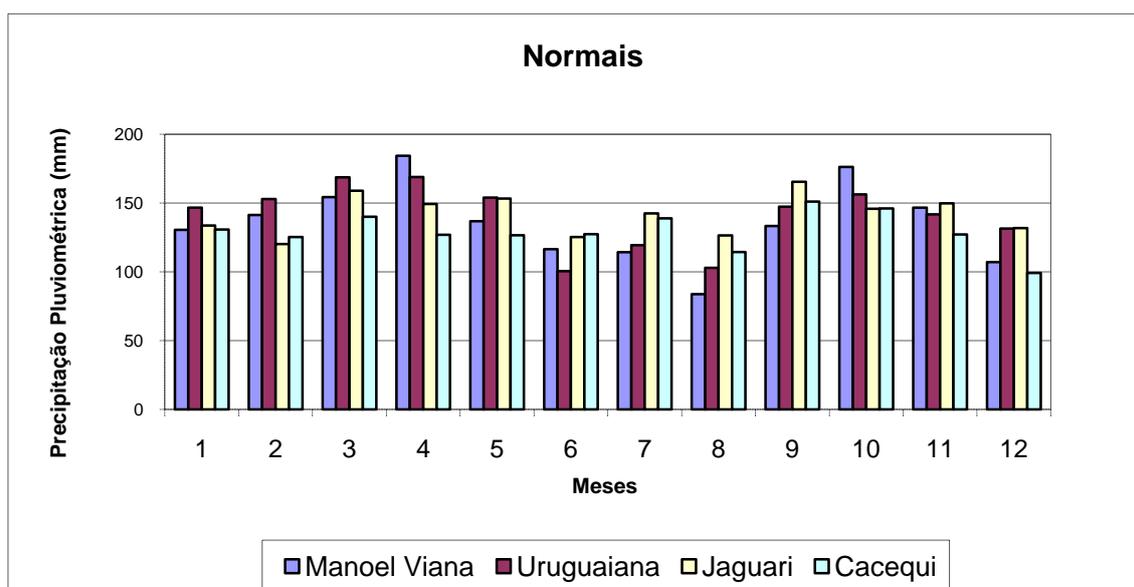
### RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

#### 5.1 Análise dos Dados de Precipitação Pluviométrica

A partir da análise dos dados das normais de precipitação das estações pluviométricas de MV, Uruguaiana, Jaguari e Cacequi (GRÁFICO 1) foi possível identificar a climatologia da precipitação pluviométrica da área de estudo, o que permitiu as análises comparativas necessárias à compreensão do desastre em decorrência de inundação nesse município.

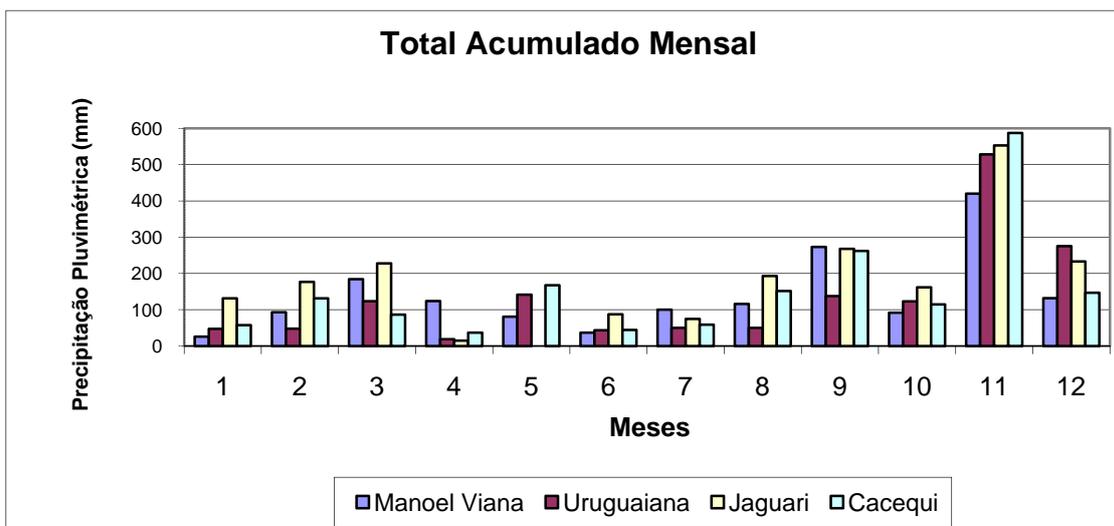
Gráfico 1 – Normais de Precipitação Pluviométrica das Estações de MV, Uruguaiana, Jaguari e Cacequi (1961-1990).



Com relação aos totais acumulados mensais de precipitação em 2009 (GRÁFICO 2) pode-se dizer que as estações também apresentaram

comportamento semelhante. No mês de novembro/2009 todas as estações registraram um volume acima de 400 mm de precipitação pluviométrica. A estação de Cacequi registrou o maior volume para o mês (587,2 mm), seguida das estações de Jaguari (553,4 mm), Uruguaiana (528,2 mm) e a estação de MV (420,0 mm).

Gráfico 2 – Total Acumulado Mensal de Precipitação Pluviométrica (2009).



No Gráfico 3, observa-se que no mês de novembro/2009 todas as estações apresentaram valores superiores a normal em 522 m em média.

A análise comparativa dos dados de precipitação pluviométrica do mês de novembro de 2009 mostra que foi registrado para esse mês um volume muito superior a normal da estação de MV (GRÁFICO 4).

Observou-se que em novembro de 2009 a precipitação pluviométrica registrada foi de 420,0 mm com anomalia positiva de 273,4 mm (GRÁFICO 5). Destaca-se, ainda, que o volume acumulado no mês de novembro na estação de MV é o maior registrado desde 1986, cujo volume de precipitação pluviométrica foi de 391,1 mm representando uma anomalia positiva de 244,5 mm. A diferença de volume de precipitação entre os anos de 1986 e 2009 é de 28,9 mm. Assim, nos anos de 1986 e 2009 foi registrado um volume de precipitação de 166,8% e 186,5% acima da normal, respectivamente.

Gráficos 3 – Anomalias de Precipitação Pluviométrica Mensal nas Estações de MV, Uruguiana, Jaguari e Cacequi (2009).

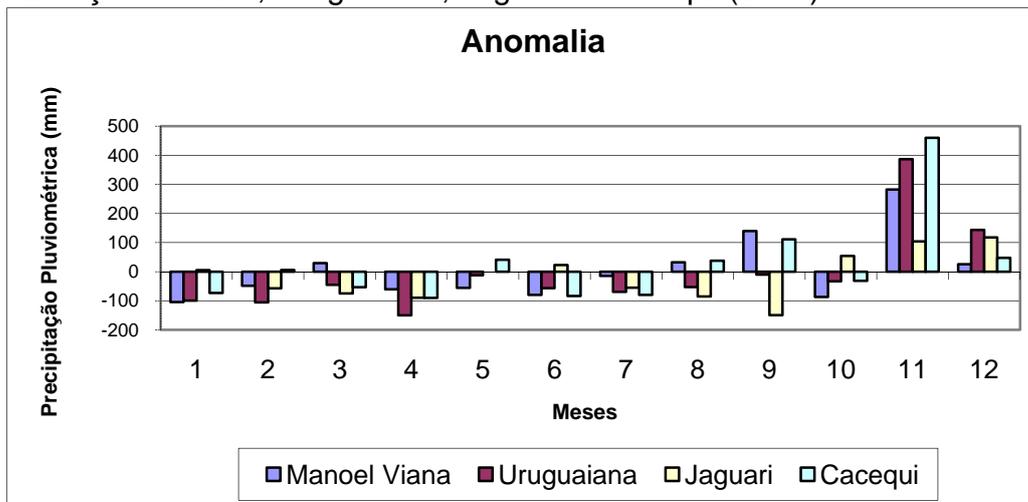


Gráfico 4 – Comparação da Precipitação Pluviométrica em Novembro de 2009 em relação à Normal de MV.

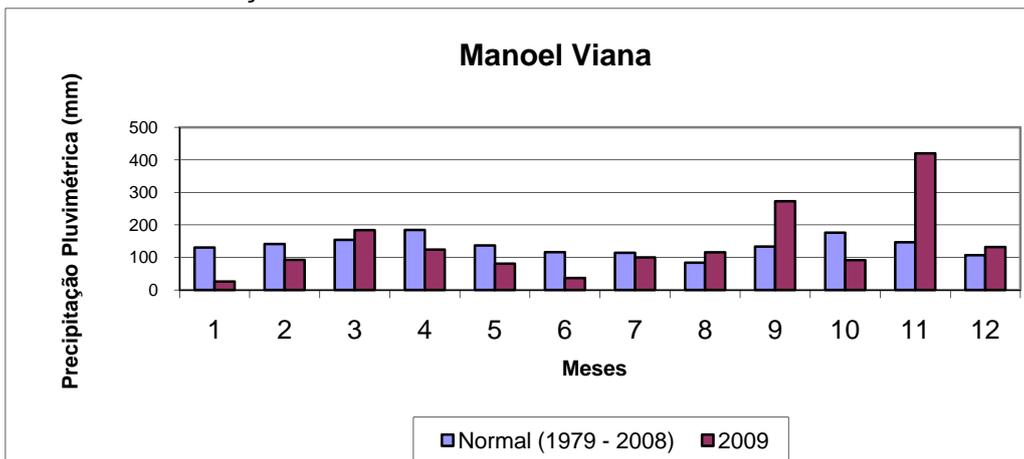
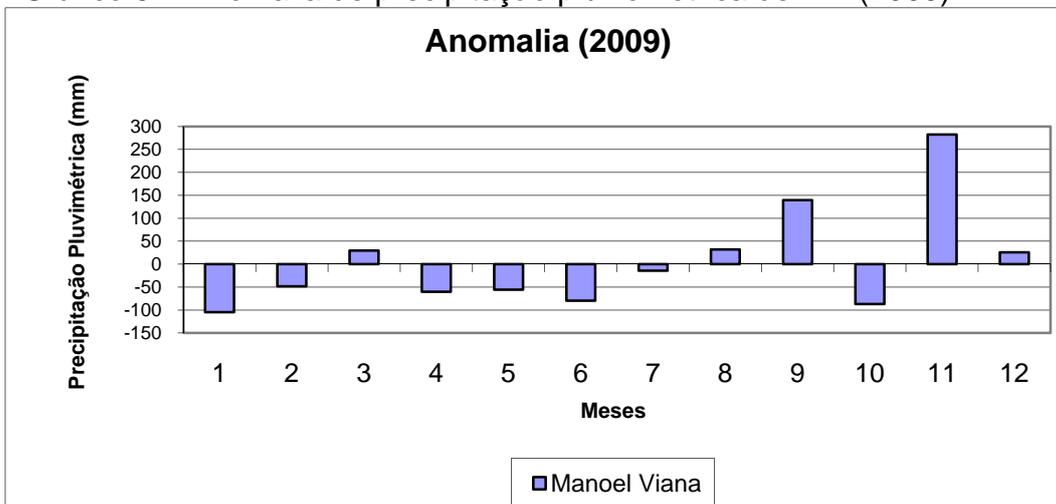
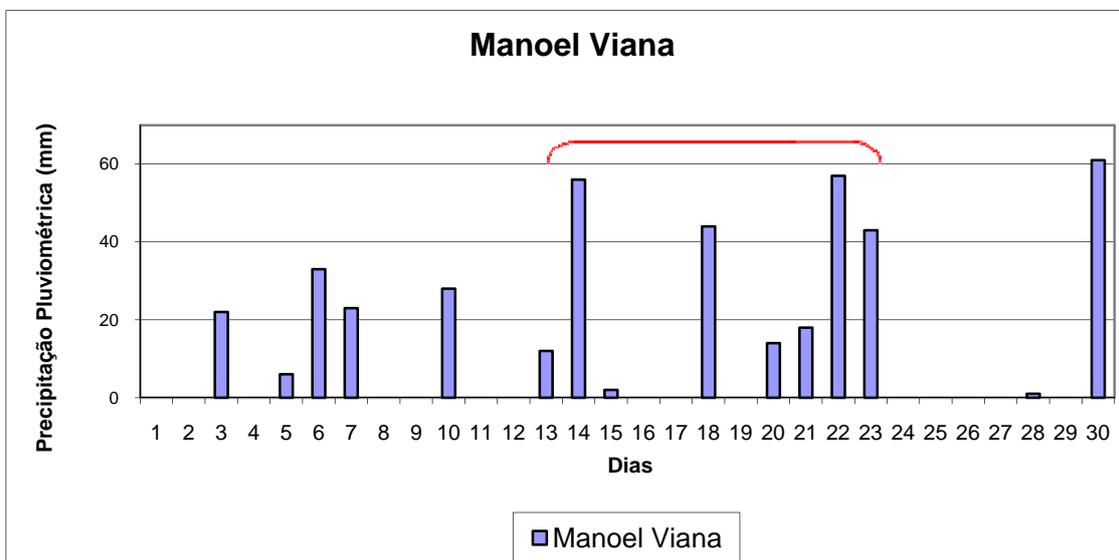


Gráfico 5 – Anomalia de precipitação pluviométrica de MV (2009).



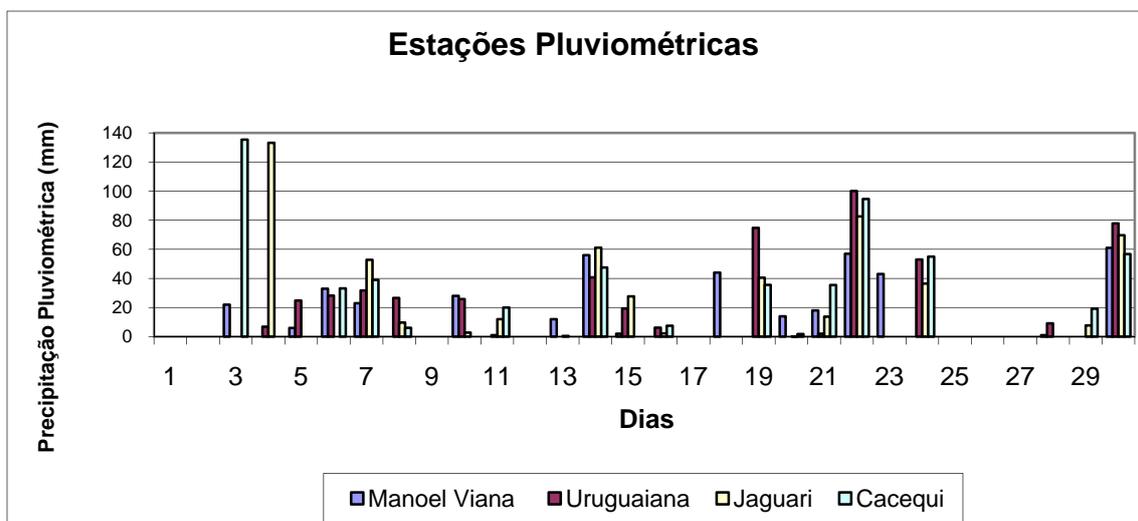
Nesse mês, notou-se que os registros do volume de precipitação ocorridos e que justificam a anomalia concentraram-se entre os dias quatorze e vinte e três de novembro de 2009, em destaque no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Precipitação em novembro de 2009 – MV.



Com relação às outras estações, observou-se que os registros de precipitação pluviométricos concentraram-se nos dias três de quatro do mês de novembro de 2009, representando 23% e 24 % do total registrado no mês para as estações de Cacequi e Jaguarí, respectivamente (GRÁFICO 7).

Gráfico 7 – Precipitação Pluviométrica das Estações de MV, Uruguaiana, Jaguarí e Cacequi (novembro/2009).



## 5.2 Identificação dos Eventos Meteorológicos

A partir do registro de precipitação pluviométrica em superfície foi possível estabelecer relação com as imagens de satélite GOES 10 realçadas para a identificação do sistema que atingiu o RS. Pois, segundo Maddox (1980), a partir de observações de estações meteorológicas em superfície, localizadas abaixo de nuvens com limiares de  $-52^{\circ}\text{C}$  constatou-se que, quase sempre, foi observada precipitação nessas áreas.

A partir da análise dos dados horários de precipitação pluviométrica da estação de MV (novembro/2009), e da observação das imagens de satélite GOES 10 realçadas foi possível identificar o evento meteorológico responsável pelos totais acumulados diários no período estudado (TABELA 4).

Tabela 4 – Registro dos eventos meteorológicos e da precipitação pluviométrica na estação de MV.

Evento	Data	Total Acumulado (mm)	Identificação do Evento Meteorológico
1	03/11	22,0	Sistema Frontal (SF) e CCM
2	05/11	6,0	SF e CCM
3	06/11	33,0	CCM
4	07/11	23,0	CCM
5	10/11	28,0	SF e CCM
6	13/11	12,0	CCM
7	14/11	56,0	CCM
8	15/11	2,0	CCM
9	18/11	44,0	CCM
10	20/11	14,0	CCM
11	21/11	18,0	CCM
12	22/11	57,0	CCM
13	23/11	43,0	CCM
14	28/11	1,0	CCM
15	30/11	61,0	CCM

Observa-se a ocorrência do evento de CCM sobre a região de MV em todos os quinze dias que se registrou precipitação pluviométrica.

Quando comparados os resultados obtidos nesse estudo com o trabalho de Viana (2006), que identificou vinte e dois eventos de CCM ocorridos no período de outubro a dezembro de 2003, com uma média de sete eventos ao mês; Enquanto que nas análises de Durkee e Motte (2009), encontraram 330 eventos na estação quente, outubro a março, entre 1998 e 2007 com uma média de 37 CCM, observa-se a atuação anômala desse evento, no mês de novembro/2009, onde se registrou 15 eventos (TABELA 4).

Cabe citar a ocorrência de CCM com presença de sistema frontal (SF) gerando CCM Pré-Frontal, de acordo com Viana et al. (2009), o qual foi identificado nos eventos 1, 2 e 5, nos dias três, cinco e dez de novembro/2009, respectivamente. Esse evento foi responsável pelos primeiros registros de precipitação pluviométrica nos dias três e cinco de novembro, enquanto no dia dez sua ocorrência foi responsável pelo total da precipitação acumulada (evento 5).

A partir da interpretação das imagens processadas pelo programa FORTRACC foi possível identificar os estágios dos eventos de CCM que atuaram sobre a região de MV no mês de novembro/2009. Dessa forma, obteve-se maior detalhamento do estudo uma vez que o programa faz a análise do ciclo de vida dos SC baseado principalmente na estrutura morfológica interna dos aglomerados de nuvens monitorando o deslocamento e a evolução do SC. A relação estabelecida das imagens processadas pelo FORTRACC com o horário e dia de ocorrência dos registros de precipitação pluviométrica, e os respectivos totais acumulados diários no mês de novembro/2009 na estação pluviométrica de MV podem ser visualizadas na Tabela 5. Nela pode-se observar que os totais de precipitação pluviométrica coincidem com a ocorrência do evento e seus diferentes estágios (CCM desintensificando, estável ou intensificando). Observou-se o predomínio do estágio estável ao longo dos 15 eventos durante quinze dias.

Na análise da Tabela 5 observou-se que os maiores valores de precipitação pluviométrica ocorreram nos três estágios do CCM. Dos quinze dias em que foram registrados valores de precipitação pluviométrica horária, em oito verificou-se que os maiores valores foram registrados em decorrência de CCM no estágio estável, eventos 1 (10:00), 3 (14:00), 4 (15:00), 9 (10:00), 11 (23:00), 13 (12:00), 14 (13:00) e 15 (01:00).

Tabela 5 – Ocorrência de CCM sobre a região de MV (nov/2009).

Dia Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mês		
0:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0			
1:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0			
2:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
3:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0			
4:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0			
5:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0			
6:00	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0			
7:00	0,0	0,0	-	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
8:00	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
9:00	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-		
10:00	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
11:00	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
12:00	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	-	1,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
13:00	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0		
14:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
15:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
16:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
17:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0		
18:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0		
19:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0		
23:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0		
<b>Total Acumulado</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>22,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>33,0</b>	<b>23,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>28,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>12,0</b>	<b>56,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>44,0</b>	<b>0,0</b>	<b>14,0</b>	<b>18,0</b>	<b>57,0</b>	<b>43,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>61,0</b>	<b>420</b>		

Legenda - Estágio do CCM: ■ Desintensificando ■ Estável ■ Intensificando

No estágio de intensificação foram observados em quatro dias, os maiores registros de precipitação pluviométrica nos eventos 1 (10:00), 6 (12:00), 11 (23:00) e 15 (01:00) e em dois dias, houve registro dos maiores volumes no estágio de desintensificação, eventos 3 (14:00) e 10 (8:00).

Salienta-se que no dia quatorze (novembro/2009), observou-se a atuação de CCM durante todo o dia e em todos os estágios do ciclo de vida, com o predomínio do estágio estável (TABELA 5). Também, é nesse dia (03:00) que se observou o segundo maior registro de volume de precipitação pluviométrica decorrente da atuação da fase estável do CCM. O primeiro maior registro ocorreu no dia seis (14:00) em decorrência da atuação de CCM no estágio de desintensificação e o terceiro maior volume de precipitação pluviométrica foi observado no dia trinta (01:00), porém ele ocorreu em função da atuação de CCM em estágio de intensificação.

Sendo assim, não necessariamente pode-se relacionar o estágio de atuação do CCM com o volume de precipitação horário, uma vez que no estágio em que o CCM se intensifica deveriam ter sido registrados os maiores volumes de precipitação pluviométrica horária. Por outro lado, há momentos em que foram identificados CCM sobre a região de MV durante o qual não houve registro de precipitação.

Destaca-se que o período do dia em que ocorreu precipitação pluviométrica foi predominantemente durante a tarde. Enquanto que Viana *et al.* (2009), Velasco e Fritsch (1987) e Durkee *et al.* (2009) descrevem que os maiores valores de precipitação pluviométrica ocorrem durante as madrugadas.

A maior parte dos sistemas que atuaram sobre o RS teve sua gênese preferencialmente na região do Chaco argentino com deslocamento na direção oeste-leste, corroborando os apontamentos de Viana (2006); Viana *et al.* (2009).

Concomitantemente à análise dos dados contidos na Tabela 5, observou-se a sequência de imagens de satélite GOES 10 realçadas para as quais merecem destaque as imagens que melhor identificam e representam a atuação do CCM responsável pelo registro de precipitação pluviométrica em cada dia (FIGURA 16).

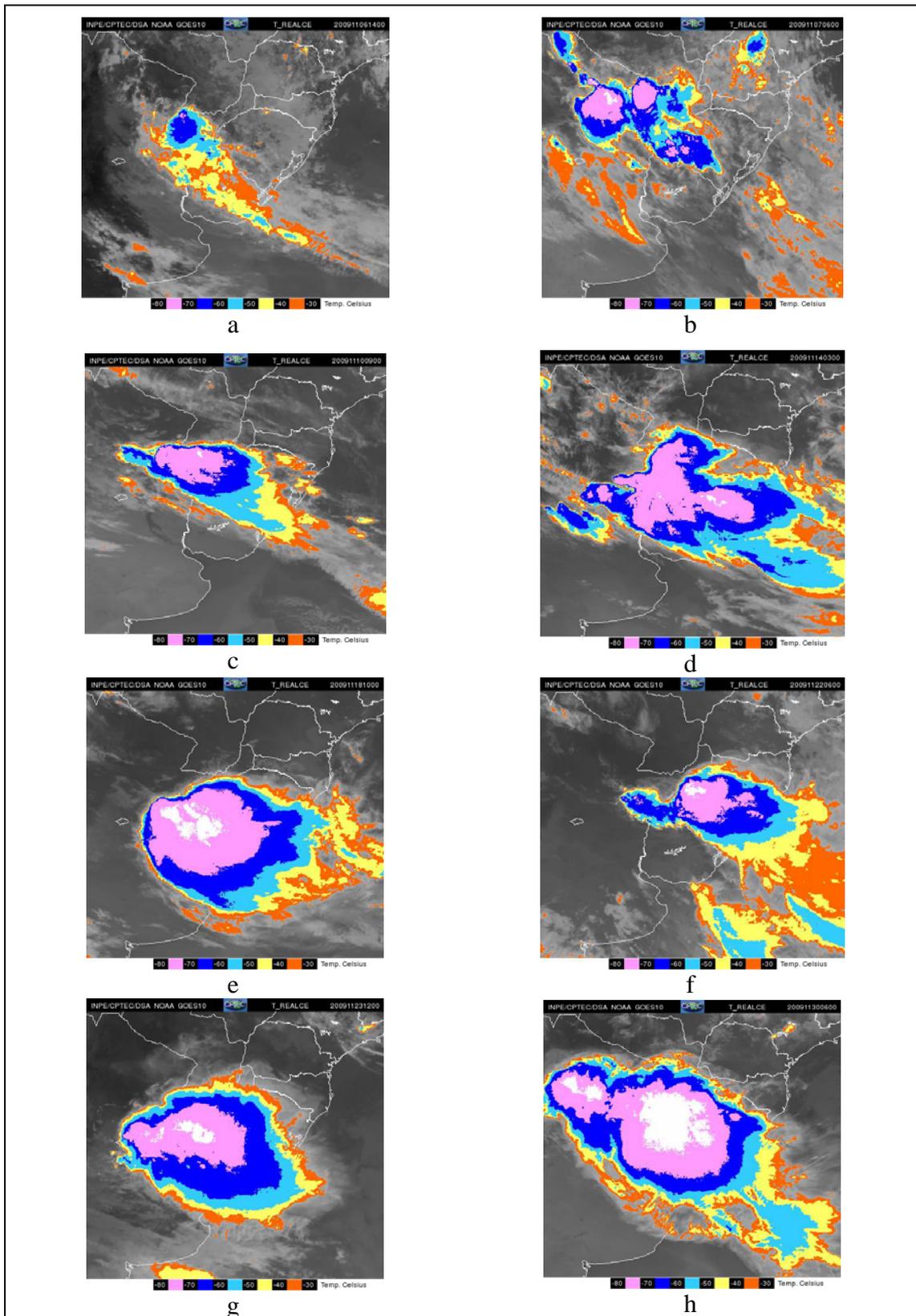


Figura 16 – Imagens de satélite GOES 10 realçadas identificando os eventos de CCM nos dias: 06 (a), 07 (b), 10 (c), 14 (d), 18 (e), 22 (f), 23 (g) e 30 de novembro/2009 (h).

### 5.3 Desastres Ocorridos

A partir dos dados oficiais divulgados no *site* da Defesa Civil tem-se um panorama geral de quanto o RS sofreu com o rigor da atuação de eventos meteorológicos no mês de novembro de 2009 (TABELA 6).

Tabela 6 – Panorama da Defesa Civil do RS em novembro de 2009.

Municípios Atingidos	178
Pessoas Atingidas	356.748
Municípios Vistoriados	61
Em Situação de Emergência (SE)	173

Fonte: Defesa Civil (2010).

Particularmente em MV cem pessoas foram atingidas, houve danos a oitenta residências, uma edificação pública e setenta e nove edificações particulares. Os locais mais atingidos foram o Assentamento Santa Maria, Núcleo Habitacional Favirino Marques e perímetro urbano. Essa situação fez com que o município decretasse Situação de Emergência (SE), em vinte e três de novembro/2009 (Decreto Municipal 077/2009).

Embora as imagens e notícias divulgadas em *sites* e *blogs* mostram que as pessoas atingidas enfrentaram problemas relacionados à inundação, em decorrência do elevado volume de precipitação pluviométrica registrado no mês, na região e em MV, o município decretou SE em função do evento identificado como vendaval.

A identificação do fenômeno meteorológico que gerou o desastre natural traz subsídios que justifiquem o decreto de SE por vendaval pelo município de MV.

## CONCLUSÃO

---

Este trabalho procurou compreender o desastre a partir da identificação do fenômeno meteorológico desencadeador do desastre que gerou danos ao município de MV em novembro/2009. As principais conclusões obtidas foram:

- A partir da análise dos dados horários de precipitação pluviométrica da estação de MV e da observação das imagens do satélite GOES 10 realizada identificou-se a ocorrência de 15 eventos de CCM oriundos, preferencialmente, da região do Chaco argentino.
- Observou-se um comportamento anômalo desse evento em novembro/2009, pois o número de ocorrências dobrou no período de um mês, comparativamente a outros estudos.
- Detectou-se a presença de SF gerando CCM Pré-Frontal, o qual foi identificado nos eventos 1, 2 e 5, nos dias três, cinco e dez de novembro/2009.
- A interpretação das imagens processadas pelo programa FORTRACC possibilitou relacionar os totais de precipitação pluviométrica com a ocorrência do evento de CCM e seus diferentes estágios, cujo predomínio foi do estágio estável ao longo dos 15 eventos durante os quinze dias. Observou-se que os registros de precipitação pluviométrica ocorreram preferencialmente durante o período da tarde e os maiores valores de precipitação pluviométrica ocorreram nos três estágios do CCM (desintensificação, estável e intensificação). Também, observou-se que mesmo com a presença

de CCM sobre a região de MV não houve registro de precipitação pluviométrica.

- A participação dos CCM foi relevante para os desvios positivos da precipitação pluviométrica de 522 mm em média, no mês de novembro/2009, em todas as estações pluviométricas analisadas: MV, Uruguaiana, Jaguari e Cacequi.
- O volume acumulado no mês de novembro/2009 na estação de MV foi de 420 mm, 186,5% acima da normal (146,6 mm) e se concentrou entre os dias quatorze e vinte e três de novembro/2009, sendo o maior registro da série histórica.
- O fenômeno meteorológico que gerou o desastre natural no município de MV foram os 15 eventos sucessivos de CCM ao longo do mês de novembro/2009. Sendo que os eventos dos dias 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22 e 23 foram os mais importantes e justificaram o decreto de SE por vendaval, embora se observe que a maioria pessoas atingidas enfrentaram problemas com inundação.

### **6.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Algumas questões importantes surgem a partir deste trabalho e merecem investigação:

- Melhorar a compreensão do comportamento anômalo do evento de CCM no mês de novembro/2009.
- Investigar outros fatores que contribuíram para a inundação, tais como, geomorfologia, declividade do terreno e coeficiente de permeabilidade do solo.
- Abordar o desastre ocorrido em MV sob o ponto de vista de vulnerabilidade da população frente ao risco de inundação.

## REFERÊNCIAS

---

- ALCÁNTARA-AYALA, I. 2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107–124.
- ALMEIDA, J. A. de. 1996. Solos dos Pampas. In: V., V. H. A; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Comp.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, Mg: SBCS; UFV; DPS. p. 289-306.
- ARAÚJO, L. C. 1930. **Memória Sobre o Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. 100 p.
- BERLATO, M.A. 2005. **A estiagem 2004 – 2005**. Relatório. Disponível em<[www.agrometeorologia.rs.gov.br/uploads/1184350382A\\_Estiagem\\_2004\\_2005\\_Relatorio\\_.pdf](http://www.agrometeorologia.rs.gov.br/uploads/1184350382A_Estiagem_2004_2005_Relatorio_.pdf)>. Acesso em 19 ago. 2010.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. 2000. **Plano Nacional de Defesa Civil**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil
- CALHEIROS, L. B. (coord). 2007. **Conferência geral sobre desastres**: para prefeitos, dirigentes de instituições públicas e privadas e líderes comunitários. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Secretaria Nacional de Defesa Civil, 23 p. Disponível em: <<http://www.bombeiros.go.gov.br/downloads/defesa%20civil/apostilas/15%20-%20Conferencia%20Geral%20Sobre%20Desastres.pdf>> Acesso em: 12 ago. 2010
- CASTRO, A. L. C. de. 1998. **Glossário de Defesa Civil**: estudos de riscos e medicina de desastres. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 173p.
- CPTEC/INPE. **Banco de Dados de Imagens**: GOES 10. Disponível em: <[http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes\\_anteriores.jsp](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp)>. Acesso em: 01 nov. 2010.

CPETC/INPE. **Sistemas Convectivos - DSA/CPTC/INPE**: Imagens Anteriores. Disponível em: <[http://sigma.cptec.inpe.br/fortracc/busca\\_anterior.php](http://sigma.cptec.inpe.br/fortracc/busca_anterior.php)>. Acesso em: 27 nov. 2010.

CRISTO, S. S. V. de. 2002. **Análise da Susceptibilidade a Riscos Naturais Relacionados às Enchentes e Deslizamentos do Setor Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis, SC**. 193f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 2002.

CUNHA, G. R. 1997. **Meteorologia: fatos e mitos**. Passo Fundo: Embrapa - CNPT. 268 p.

DEFESA CIVIL DO RS. **Municípios Atingidos**. Disponível em: <[http://www2.defesacivil.rs.gov.br/eventos\\_adversos.asp?ano=2009&mes=11](http://www2.defesacivil.rs.gov.br/eventos_adversos.asp?ano=2009&mes=11)>. Acesso em: 10 nov. 2010.

DURKEE, J. D., MOTA, T. L., J. SHEPHERD, M. 2009. The Contribution of Mesoscale Convective Complexes to Rainfall across Subtropical South America. **J. Climate**, 22, 4590 - 4605. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2009JCLI2858.1?journalCode=clim>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

DURKEE, J. D., MOTA, T. L. 2009. A climatology of warm-season mesoscale complexes in Subtropical South America. **J. Climate**, 30(3), 418 - 431. Disponível em: <<https://www.wku.edu/geoweb/gradcrse/durkee10.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

EM-DAT – Emergency Events Database. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 02 ago. 2010.

FAMURS - Federação Das Associações Dos Municípios do Rio Grande do Sul. RS. **Informações Municipais**: Manoel Viana. Disponível em: <<http://ww2.famurs.com.br/informacoesMunicipais/salaEntidade.php?codConteudo=3919>>. Acesso em: 11 ago. 2010

FERREIRA, M. E. 2007. **Estiagens no Estado do Paraná 1971 – 2004**. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós - Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- HERZER, H. M.; VIRGILIO, M. M. di. 1996. Buenos Aires inundable del siglo XIX del siglo XX. In: GARCIA ACOSTA, Virginia (coord). **Historia y Desastres em America Latina**. Vol. I. Panamá: La Red, p. 67-100.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. **Summary for Policymakers**. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf> > Acesso em: 12 ago. 2010.
- MACEDO, S.R.; VILA, D; MACHADO, L.A. 2004: **FORTRACC - Previsão a curto prazo e evolução dos sistemas convectivos**: FORTRACC V1.1 - Guia de Usuário. [São Paulo]: INPE/CPTEC, 2004. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/fortracc/pdf/fortracc.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2010
- MACHADO, F. P. 1950. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE. 91 p. mapas, tab.
- MACHADO, L.A.T.; GUEDES, R.L.; SILVEIRA, J.M.B.; WALTZ, R.C; ALVES, M.A.S.1994: **Ciclo de vida de sistemas convectivos**. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, **Anais...** 2, p.323-326.
- MADDOX, R.A. 1980. Mesoscale Convective Complexes. **Bul Amer Meteorol Soc.**, v.61, n.11, p.1374 – 1387.
- MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F.; RUDORFF, F. M. 2004. Distribuição espaçotemporal de inundações bruscas em Santa Catarina (Período 1980-2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004. Florianópolis. **Anais** Florianópolis: GEDN/UFSC, p. 554-564.
- MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. 2006. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 19, p.130-149, out. Disponível em: <[http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/artigos/Marcelino-et-al\\_2006\\_Banco\\_de\\_dados\\_de\\_desastres\\_naturais.pdf](http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/artigos/Marcelino-et-al_2006_Banco_de_dados_de_desastres_naturais.pdf)>. Acesso em: 12 ago. 2010.
- MARCELINO, E. V. 2008. **Desastres naturais e geotecnologias**: conceitos básicos. Santa Maria: CRS/INPE, 38 p. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/conceitosbasicos.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. 2007. **Climatologia**: noções básicas e clima do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 206 p.
- MONTEIRO, C.A.F. 1963. Clima: In: **Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 4, pt. 1,p. 117 – 158.
- MARENGO, J.A.; SOARES, W.R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. 2004. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **J Clim**, v.17, n.12, p.2261 – 2280.
- MARENGO, J. A. 2006. **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. Brasília: MMA, 212p.
- MORENO, J. A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Secretaria de Agricultura, p 38
- MOSS, G.; MOSS, M. 2007. **Projeto Brasil das Águas**: rio Ibicuí. Disponível em: <[http://www.brasildasaguas.com.br/margi/docs/RIO\\_IBICUI.pdf](http://www.brasildasaguas.com.br/margi/docs/RIO_IBICUI.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2009.
- MOTA, F. S. 1951. Estudos do Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo o Sistema da Köppen. **Revista Brasileira de Geografia XIII**, p.275-284
- NASCIMENTO, E. L. 2005. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, 20, p. 121-140.
- NIMER, E. 1990. Clima. **Geografia do Brasil - Região Sul**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 2, p.151-187.
- NIMER, E. 1977. Clima. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE/SERGRAF, v.5. p. 35-79.
- NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 422 p.

- PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (orgs.). 2003. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH. 628p.
- PREFEITURA DE MANOEL VIANA. 2009. Departamento de Meio Ambiente. Secretaria de Agricultura, Meio Ambiente, Indústria e Comércio. **Plano Ambiental de Manoel Viana**. Manoel Viana, 1 v.
- PREFEITURA DE MANOEL VIANA. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.manoelviana.rs.gov.br/site/modules/wfchannel/index.php?pagenum=2>>. Acesso em: 15 ago. 2010.
- RAMOS, V. G.; LOSEKANN, M. B.; WIZNIEWSKI, C. R. F. 2009. Desenvolvimento Sustentável: o caso do Assentamento Santa Maria do Ibicuí, Manoel Viana, RS. In: **XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária**. São Paulo: Ed. Usp, p. 1 - 24. Disponível em: <[http://www.geografia.fflch.usp.br/inferior/laboratorios/agraria/Anais%20XIXENGA/artigos/Ramos\\_VG.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/inferior/laboratorios/agraria/Anais%20XIXENGA/artigos/Ramos_VG.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2010.
- RECKZIEGEL, B. W. 2007. **Levantamento dos Desastres Naturais Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. 284 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2007. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=91595](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=91595)>. Acesso em: 17 jul. 2010.
- SANT'ANNA NETO, J. L. 1995. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. São Paulo: USP/FFLCH.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2006. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai**. Brasília: MMA, 128 p.
- SEPLAG - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO. **Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=261>>. Acesso em: 16 ago. 2010.

- SILVA DIAS, M. A. F. 1996. Complexos convectivos de mesoescala. **Climanálise**. Cachoeira Paulista: MCT/INPE/CPTEC, edição especial, p.173-182.
- STRAHLER, A.N.; STRAHLER, A. H. 2002. **Physical Geography Science and Systems of the Human Environment**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 748 p.
- SUERTEGARAY, D.M.A. 1998. **Deserto Grande do Sul: controvérsia**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- SUERTEGARAY, D.M.A.; GUASSELLI, L.; VERDUM, R. (Orgs.). 2001. **Atlas da Arenização – Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 84 p.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A. 2004. Paisagens (imagens e representações) do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, p. 27-38.
- TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. 1997. **Natural hazards: explanation and integration**. New York: The Guilford Press. 388p.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. 1980: **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel. 374 p.
- UNDP – United Nations Development Programme. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York, USA: UNDP, 2004. 129p. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/livros.php>>. Acesso em: 10 ago. 2010.
- VELASCO, I.; FRITSCH, J.M. 1987. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. **J Geophys Res.**, v.92, n.D8, p.9591 – 9613
- VIANA, D. R. 2006. **Avaliação da precipitação e desastres naturais associados a complexos convectivos de mesoescala no Rio Grande do Sul entre outubro e dezembro de 2003**. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Porto Alegre, RS – BR, 121 p.

VIANA, D. R., AQUINO, F. E.; BRAGA, R. B.; FERREIRA, N. J. 2009. Mesoscale convective complexes in Rio Grande do Sul between October and December of 2003 and associated precipitation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Sept, vol.24, n.3, p.276-291. ISSN 0102-7786

WILCHES-CHAUX, G. 1993. La Vulnerabilidad Global. In: MASKREY, Andrew. **Los Desastres No Son Naturales**. Bogotá: La Red, p.11-44.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION **Technical Regulations** Vol. III Hydrology, WMO. 2006 No.49 Geneva.