

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Instituto de Geociências e Ciências Exatas**  
***Campus de Rio Claro***

**ADRIANO ARAUJO DO AMARAL**

**AS CHUVAS E A EROSIVIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-  
PR**

**Dissertação de mestrado apresentada  
ao Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas do Campus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de  
Mestre em Geografia, área de  
concentração Organização do Espaço.**

**Orientador: Dr. João Afonso Zavattini**

**Rio Claro – SP**

**2012**

**ADRIANO ARAÚJO DO AMARAL**

**AS CHUVAS E A EROSIVIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-  
PR**

**Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração Organização do Espaço.**

**Comissão Examinadora**

**Prof. Dr. João Afonso Zavattini**

**Prof. Dr. Anderson Luis Hebling Christofolletti**

**Dr. Marcos Norberto Boin**

**Rio Claro, 08 de outubro de 2012**

551.6 Amaral, Adriano Araujo do  
A485c As chuvas e a erosividade na bacia do rio Jordão-PR /  
Adriano Araujo do Amaral. - Rio Claro : [s.n.], 2012  
156 f. : il., figs., tabs. + 1 Figura

Dissertação (mestrado em Geografia) - Universidade  
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: João Afonso Zavattini

1. Climatologia. 2. Hidrogeologia. 3. Erosão. I. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Câmpus de Rio Claro pela oportunidade de desenvolver a presente dissertação.

Aos colegas e amigos pelo incentivo sempre necessário.

Sou grato também ao professor Dr. João Afonso Zavattini pela orientação.

Ao Instituto de Águas do Paraná, em especial ao Edson Hagashima pela prestatividade e agilidade no fornecimento dos dados pluviométricos.

Também agradeço ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) e ao Sistema Meteorológico Paranaense (SIMEPAR) pelos dados meteorológicos.

E, por fim, e não menos importante, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, por ter me concedido bolsa de estudos durante dois anos de investigação.

DEDICO A...

AGOSTINHO ARAÚJO DO AMARAL

TEREZA DE JESUS DO AMARAL

JULIANA ARAUJO DO AMARAL

Um homem precisa viajar para lugares que não  
conhece para quebrar essa arrogância que nos faz  
ver o mundo como o imaginamos, e não  
simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz  
professores e doutores do que não vimos, quando  
deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver”

*Amyr Klink*

## AS CHUVAS E A EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR

Adriano Araujo do Amaral

Orientador: João Afonso Zavattini

A erosão hídrica é um dos impactos ambientais que mais preocupam, na atualidade, o Brasil. Na era das cruzadas pró-ambientais, devido ao uso exacerbado dos recursos naturais, dentre eles o solo, este tipo de erosão tem sido investigada por várias áreas do conhecimento científico. Dentre elas, a Climatologia aparece como de suma importância ao conhecimento processual do fenômeno, mesmo havendo poucos estudos na área. Deste modo, aqui, através do estudo do comportamento da chuva e da erosividade na bacia hidrográfica do rio Jordão-PR, buscou-se traçar um panorama sobre a implicação erosiva das chuvas na área de estudo. Os dados pluviométricos foram coletados junto ao Instituto de Águas do Paraná e os dados meteorológicos junto ao Sistema Meteorológico Paranaense (SIMEPAR). Com Base nestes dados foi realizada a caracterização da chuva para o período que compreende o segmento 1977-2007 e, através desta análise, foram selecionados três anos padrão, sejam eles o chuvoso (1998), habitual (2005) e seco (2006) com vistas ao estudo da climatologia dinâmica. Assim, foi realizada, para a cidade de Guarapuava-PR, a análise rítmica dos tipos de tempo nos meses de abril e dezembro, os mais impactantes nos três anos padrão analisados. Concluiu-se que os tipos de tempo geradores de chuva na área de estudo, nestes meses, são a Frente Polar Atlântica e as Áreas de Instabilidade Tropicais. Também se verificou que a área está sujeita a dois tipos de processos erosivos determinados pela chuva e que estes estão sujeitos à dinâmica dos tipos de tempo a nível regional.

**Palavras chave:** Chuva, Erosividade. Bacia do rio Jordão-PR.

## **RAINS AND A EROSIVITY IN BASIN RIVER JORDÃO-PR**

Adriano Araujo do Amaral

Orientador: João Afonso Zavattini

Water erosion is one of the environmental impacts of most concern, nowadays, Brazil. In the era of the crusades pro-environment, exacerbated by the use of natural resources, including soil, this type of erosion has been investigated by several areas of scientific knowledge. Among them, Climatology appears as paramount to the procedural knowledge of the phenomenon, even though there are few studies in the area. Thus, here, through the study of the behavior and the erosivity of rain in the catchment area of the River Jordão-PR, we tried to give an overview on the impact of erosive rainfall in the study area. The rainfall data were collected by the Water Institute of Paraná and meteorological data by the Meteorological System Paranaense (SIMEPAR). Based on these data was performed to characterize the rainfall for the period 1977-2007 and includes the segment, through this analysis, we selected three years standard, whether the rainy season (1998), habitual (2005) and dry (2006) with views the study of dynamic climatology. Thus, it was held, to the city of Guarapuava-PR, the analysis of rhythmic types of weather in the months of april and december, the most striking pattern in the three years analyzed. It was concluded that the types of weather generators rain in the study area, these months are the Polar Front and the Atlantic Tropical Areas of Instability. It was also found that the area is subject to two types of erosion by rain and determined that they are subject to the dynamics of the types of time at regional level.

**Key words:** Rainfall, erosivity. Jordão River Basin-PR.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO JORDÃO-PR, SUAS UNIDADES POLÍTICO-ADMINISTRATIVAS E CIDADE DE GUARAPUAVA-PR. ....	15
FIGURA 2. REDE DE DRENAGEM DA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	17
FIGURA 3. GEOLOGIA DA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	18
FIGURA 4. GEOMORFOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR. ....	19
FIGURA 5. MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR. ....	21
FIGURA 6. SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR. ....	25
FIGURA 7. DEGRADAÇÃO DE TERRAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR. ....	26
FIGURA 8. CENTROS DE AÇÃO DA AMÉRICA DO SUL. ....	28
FIGURA 9. DISTRIBUIÇÃO, FONTE E ORIENTAÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DAS MASSAS DE AR NA AMÉRICA DO SUL. ....	30
FIGURA 10. GRANDES DESCONTINUIDADES (FRENTES) NA AMÉRICA DO SUL. ....	32
FIGURA 11. VARIABILIDADE NO ESPAÇO E NO TEMPO DOS FENÔMENOS FRONTOLÓGICOS NA AMÉRICA DO SUL. ....	32
FIGURA 12. NÚMERO INICIAL DE POSTOS AVALIADOS NA ÁREA DE ESTUDO. ....	39
FIGURA 13. POSTOS PLUVIOMÉTRICOS ELEITOS NA CARACTERIZAÇÃO DA CHUVA NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	42
FIGURA 14. TRANSECTO NORTE-SUL (N-S) NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	48
FIGURA 15. VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA BACIA DO RIO JORDÃO (1977-2007). ....	64
FIGURA 16. PAINEL TEMPORO-ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE ANUAL NO PERÍODO 1977-2007 NO TRANSECTO N-S NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	72
FIGURA 17. PAINEL TEMPORO-ESPACIAL DA PLUVIOMETRIA SAZONAL NO TRANSECTO N-S NO PERÍODO 1977-2007. ....	78
FIGURA 18. PAINEL TEMPORO-ESPACIAL DA PLUVIOMETRIA MENSAL NO TRANSECTO N-S NO PERÍODO 1977-2007. ....	82
FIGURA 19. VARIABILIDADE DA CHUVA NOS ANOS PADRÃO NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ...	86
FIGURA 20. NÚMERO DE DIAS DE CHUVA NOS ANOS PADRÃO NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	88
FIGURA 21. VARIABILIDADE SAZONAL DA CHUVA NO ANO PADRÃO CHUVOSO (1998) NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	93
FIGURA 22. VARIABILIDADE SAZONAL DA CHUVA NO ANO PADRÃO HABITUAL (2005) NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	94
FIGURA 23. VARIABILIDADE SAZONAL DA CHUVA NO ANO PADRÃO SECO (2006) NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	94
FIGURA 24. VARIABILIDADE MENSAL DA CHUVA EM ANO PADRÃO CHUVOSO (1998) NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	96
FIGURA 25. VARIABILIDADE MENSAL DA CHUVA EM ANO PADRÃO HABITUAL (2005) NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	96
FIGURA 26. VARIABILIDADE MENSAL DA CHUVA EM ANO PADRÃO SECO (2006) NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	98
FIGURA 27. EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR NOS ANOS PADRÃO. ....	104

FIGURA 28. DISTRIBUIÇÃO DA EROSIVIDADE SAZONAL NA BACIA DO RIO JORDÃO NO ANO PADRÃO CHUVOSO (1998).....	106
FIGURA 29. DISTRIBUIÇÃO DA EROSIVIDADE SAZONAL NA BACIA DO RIO JORDÃO NO ANO PADRÃO HABITUAL (2005).....	107
FIGURA 30. DISTRIBUIÇÃO DA EROSIVIDADE SAZONAL NA BACIA DO RIO JORDÃO NO ANO PADRÃO SECO (2006).....	108
FIGURA 31. DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR NO ANO PADRÃO CHUVOSO (1998).....	112
FIGURA 32. DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR NO ANO PADRÃO HABITUAL (2005).....	113
FIGURA 33. DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR NO ANO PADRÃO SECO (2006).....	114
FIGURA 34. DINÂMICA DIÁRIA DA CHUVA E DOS EVENTOS EROSIVOS EM GUARAPUAVA-PR NOS ANOS PADRÃO CHUVOSO (1998), HABITUAL (2005) E SECO (2006).....	119
FIGURA 35. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 07/04/1998. ....	122
FIGURA 36. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 22/04/1998. ....	124
FIGURA 37. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 23/04/1998. ....	125
FIGURA 38. IMPACTO HIDROGEOMORFOLÓGICO NA CIDADE DE GUARAPUAVA NO DIA 25/04/1998.....	126
FIGURA 39. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 28/04/1998. ....	127
FIGURA 40. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 04/04/2005. ....	128
FIGURA 41. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 09/04/2006.....	132
FIGURA 42. RITMO DIÁRIO DOS TIPOS DE TEMPO, GÊNESE DA CHUVA E INTENSIDADE DAS CHUVAS NOS MESES DE ABRIL NOS ANOS PADRÃO EM GUARAPUAVA-PR. ....	134
FIGURA 43. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 10/12/1998. ....	136
FIGURA 44. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 16/12/1998. ....	137
FIGURA 45. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 21/12/1998. ....	138
FIGURA 46. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 18/12/2005. ....	140
FIGURA 47. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 23/12/2005. ....	141
FIGURA 48. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 26/12/2005. ....	142
FIGURA 49. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 31/12/2005. ....	142
FIGURA 50. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 06/12/2006. ....	143
FIGURA 51. DINÂMICA DA CHUVA EM GUARAPUAVA-PR NO DIA 20/12/2006. ....	144
FIGURA 52. RITMO DIÁRIO DOS TIPOS DE TEMPO, GÊNESE DA CHUVA E INTENSIDADE DAS CHUVAS NOS MESES DE DEZEMBRO NOS ANOS PADRÃO EM GUARAPUAVA-PR .....	145

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. REPRESENTATIVIDADE AREAL EM PORCENTAGEM DOS TIPOS DE SOLO NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR.....	25
TABELA 2. POSTOS PLUVIOMÉTRICOS ELEITOS PARA A CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA DO RIO JORDÃO. ....	43
TABELA 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURAIS DO TRANSECTO. ....	49
TABELA 4. ABRANGÊNCIA ESPACIAL E NÚMERO DE POSTOS POR UNIDADE GEOMORFOLÓGICA. ....	49
TABELA 5. CLASSES E CLASSIFICAÇÃO DA PLUVIOMETRIA ANUAL NA REGIÃO DE ESTUDO PARA O PERÍODO 1977-2007.....	61
TABELA 6. COMPORTAMENTO DA CHUVA NO TEMPO E NO ESPAÇO NA BACIA DO RIO JORDÃO NO PERÍODO 1977-2007.....	63
TABELA 7. CLASSES E PADRÕES PLUVIOMÉTRICOS NO PERÍODO 1977-2007.....	70
TABELA 8. CLASSES E PADRÕES PLUVIOMÉTRICOS SAZONAIS BASEADOS NA TÉCNICA DE STURGES NO PERÍODO 1977-2007.....	74
TABELA 9. CLASSES E PADRÕES PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS NO PERÍODO 1977-2007. ....	79
TABELA 10. CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS PADRÃO NA BACIA DO RIO JORDÃO NO PERÍODO 1977-2007.....	84
TABELA 11. CLASSES DE CHUVA SAZONAIS NOS ANOS PADRÃO NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR.....	89
TABELA 12. DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES DE EROSIVIDADE ANUAL E FREQUÊNCIA DE POSTOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	103
TABELA 13. DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE EROSIVIDADE MENSAL NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	105
TABELA 14. DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE EROSIVIDADE MENSAL NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR. ....	110
TABELA 15. DISTRIBUIÇÃO QUANTITATIVA DOS EVENTOS EROSIVOS NOS ANOS PADRÃO. ...	115
TABELA 16. DISTRIBUIÇÃO QUANTITATIVA DOS EVENTOS EROSIVOS SAZONAIS NOS ANOS PADRÃO.....	116
TABELA 17. DISTRIBUIÇÃO QUANTITATIVA DOS EVENTOS EROSIVOS MENSAIS NOS ANOS PADRÃO.....	117

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ARM: Armazenamento de Água no Solo
- BHRJ: Bacia Hidrográfica do rio Jordão
- CAD: Capacidade de Água Disponível
- COPEL: Companhia Paranaense de Energia Elétrica
- DEF: Deficiência de Água no Solo
- EC: Massa Equatorial Continental
- ETP: Evapotranspiração Potencial
- ETR: Evapotranspiração Real
- EXC: Excedente de Água no Solo
- FPA: Frente Polar Atlântica
- FPA: Frente Polar Atlântica
- HPA: Hectopascal
- IAPAR: Instituto Agrônomo Paranaense
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IT: Áreas de Instabilidade Tropical
- ITCG: Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia do Paraná
- MEC: Massa Equatorial Continental
- MINEROPAR: Minerais do Paraná S.A
- MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>: Megajoule milímetros hectare mês.
- MPA: Massa Polar Atlântica
- MTA: Massa Tropical Atlântica
- MTC: Massa Tropical Continental
- PA: Massa Polar Atlântica
- REP: Reposição de Água no Solo
- RET: Retirada de Água do Solo
- SBCS: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
- SIG: Sistema de Informação Geográfica

SIMEPAR: sistema Meteorológico Paranaense

SRTM: Shurtle Radar Topography Mission

TA: Massa Tropical Atlântica

TC: Massa Tropical Continental

UTM: Universal Transversa Mercator

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 ASPECTOS DA GEOGRAFIA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR.....</b>	<b>17</b>
2.1 A BACIA DO RIO JORDÃO E A REDE DE DRENAGEM .....	17
2.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS .....	17
2.1 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS .....	19
2.2 TIPOS DE SOLO .....	21
2.3 DEGRADAÇÃO DE TERRAS.....	26
2.4 DINÂMICA CLIMÁTICA .....	27
<b>3 BASE TEÓRICO-METODOLÓGICA.....</b>	<b>35</b>
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO: ANÁLISE RÍTMICA COMO ARCABOUÇO TEÓRICO METODOLÓGICO.....	35
2.2 COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS .....	38
2.3 PREENCHIMENTO DAS FALHAS DOS DADOS.....	44
2.4 CRITÉRIO DE ORDENAMENTO DAS CLASSES DE CHUVA.....	45
2.5 PROCEDIMENTO E TÉCNICA DE ESPACIALIZAÇÃO DA CHUVA .....	45
2.6 CRITÉRIOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO TRANSECTO PARA A CARACTERIZAÇÃO CHUVA COM VISTAS AO ESTUDO DA EROSIÃO .....	46
2.7 PAINÉIS ESPAÇO-TEMPORAIS DE CHUVA.....	50
2.8 MODELO DE ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE EM CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA .....	50
2.9 ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO .....	58
2.10 DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA E UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) .....	58
2.11 MATERIAL UTILIZADO NA IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO.....	60
<b>4 COMPORTAMENTO DAS CHUVAS NO TEMPO E NO ESPAÇO.....</b>	<b>61</b>
4.1 COMPORTAMENTO ANUAL .....	61
4.1.1 ANOS SECOS .....	66
4.1.2 ANOS HABITUAIS .....	66
4.1.3 ANOS CHUVOSOS.....	68
4.1.4 ANÁLISE TEMPORO-ESPACIAL DE PRECIPITAÇÃO: O PAINEL ANUAL DE PLUVIOMETRIA .....	69
4.2 COMPORTAMENTO DA CHUVA SAZONAL.....	73
4.2.1 <i>Comportamento da chuva no verão</i> .....	74
4.2.2 <i>Comportamento da chuva no outono</i> .....	75
4.2.3 <i>Comportamento da chuva no inverno</i> .....	76
4.2.4 <i>Comportamento da chuva na primavera</i> .....	76
4.3 COMPORTAMENTO DA CHUVA MENSAL .....	79

4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS PADRÃO NA BACIA DO RIO JORDÃO-PR NO PERÍODO 1977-2007 COM VISTAS À ANÁLISE RÍTMICA.....	83
<b>5 A CHUVA E A EROSIVIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR: NO TEMPO E NO ESPAÇO .....</b>	<b>85</b>
5.1 A VARIABILIDADE DA CHUVA NA BACIA DO RIO JORDÃO NOS ANOS PADRÃO. ....	85
5.2 <i>Distribuição da chuva nos meses de verão nos anos padrão.....</i>	<i>89</i>
5.3 <i>Distribuição da chuva nos meses de outono nos anos padrão.....</i>	<i>91</i>
5.4 <i>Distribuição da chuva nos meses de inverno nos anos padrão.....</i>	<i>99</i>
5.5 <i>Distribuição da chuva nos meses de primavera nos anos padrão.....</i>	<i>100</i>
5.6 VARIABILIDADE DA EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO JORDÃO NOS ANOS PADRÃO .....	102
5.6.1 <i>Distribuição da erosividade anual.....</i>	<i>102</i>
5.6.2 <i>Distribuição da erosividade sazonal.....</i>	<i>104</i>
5.6.3 <i>Distribuição da erosividade mensal .....</i>	<i>109</i>
<b>6 A CHUVA E A EROSÃO EM GUARAPUAVA-PR: ANÁLISE RÍTMICA DOS TIPOS DE TEMPO EROSIVOS .....</b>	<b>115</b>
6.1 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS EVENTOS EROSIVOS NOS ANOS PADRÃO .....	115
6.2 ANÁLISE RÍTMICA DOS TIPOS DE TEMPO E DAS CHUVAS EROSIVAS NOS MESES DE ABRIL NOS ANOS PADRÃO EM GUARAPUAVA-PR .....	120
6.2.1 <i>Abril de 1998.....</i>	<i>120</i>
6.2.2 <i>Abril de 2005.....</i>	<i>127</i>
6.2.3 <i>Abril de 2006.....</i>	<i>131</i>
6.3 ANÁLISE RÍTMICA DOS TIPOS DE TEMPO DAS CHUVAS EROSIVAS NOS MESES DE DEZEMBRO NOS ANOS PADRÃO EM GUARAPUAVA-PR .....	135
6.3.1 <i>Dezembro de 1998 .....</i>	<i>135</i>
6.3.2 <i>Dezembro de 2005 .....</i>	<i>139</i>
6.3.3 <i>Dezembro de 2006 .....</i>	<i>142</i>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>146</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>154</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica constitui o processo de erosão mais preocupante na atualidade no Brasil e está intimamente relacionada aos problemas ambientais decorrentes do uso exacerbado e predatório que é feito dos recursos naturais, em particular do solo.

Esta forma de erosão é mais contundente em regiões onde o regime das chuvas é tido como elevado, uma vez que a chuva é a principal entrada de energia neste processo.

Segundo Lal (1988) a força motriz da erosão hídrica, capaz de dinamizar a desagregação do solo e o transporte do mesmo é conhecida como erosividade, ou seja, uma parte componente da erosividade está relacionada ao impacto direto das gotas do fenômeno pluvial e outra é dirigida a capacidade de transportar os sedimentos pelas vertentes.

Do mesmo modo, avaliando a quantidade de chuva com a sua distribuição (duração) analisa-se a intensidade dos eventos de chuva. A intensidade da chuva, por assim dizer, é um elemento que compõe um dos fatores responsáveis pelo fenômeno erosivo.

É fato que, o sistema erosivo reage à chuva de acordo com seu *estado*, ou seja, a intensidade do processo deve ser relacionado com as condições iniciais do sistema. Assim, cabe saber em que *estado* se encontra o solo no momento do evento pluviométrico. Tal idéia, aqui, leva à consideração da umidade do solo, que pode ser vista pelo viés do Balanço Hídrico do Solo e pela Capacidade de Água Disponível no solo (CAD).

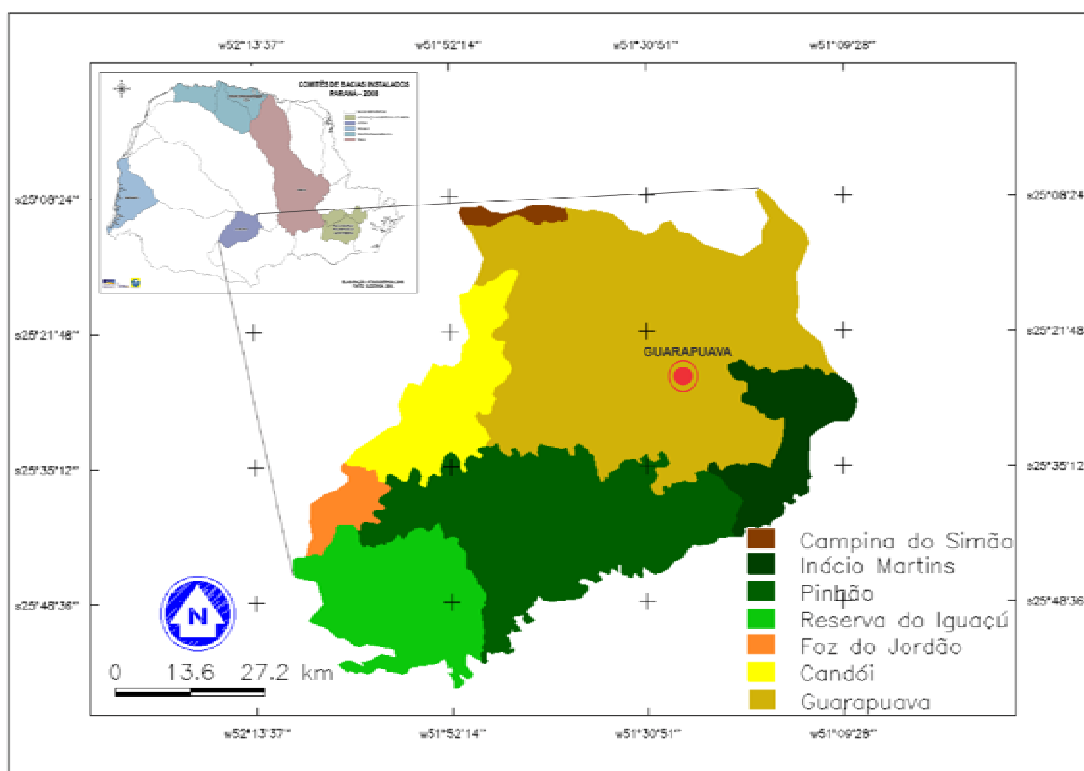
Portanto, a análise aqui é dirigida ao fenômeno chuva por dois vieses. O primeiro busca na estimativa da erosividade visualizar quais são os espaços da bacia do rio Jordão-PR mais afetos ao potencial da chuva em causar erosão.

O segundo, por meio da intensidade da chuva, avalia como as condições climáticas, através dos tipos de tempo, possibilitam eventos de chuva com potencial a causar erosão e em que condições de umidade do solo se dá tal situação.

A bacia se localiza na região Centro Sul do Estado do Paraná (Figura 1). Esta região se caracteriza economicamente pelas atividades associadas à agropecuária, onde são significativas as produções de milho, soja, feijão, a criação de bovinos e suínos, dentre outros.

Além disso, a bacia hidrográfica do rio Jordão (BHRJ) tem papel essencial na geração de energia, comportando 4 usinas hidrelétricas de consórcios da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL).

A bacia do Rio Jordão comporta sete municípios, sejam eles: Candói, Inácio Martins, Foz do Jordão, Guarapuava, Reserva do Iguaçu, Pinhão e Campina do Simão e possui uma área de 5277,8 quilômetros quadrados. Quanto à população, esta é de aproximadamente 250.000 habitantes de acordo com dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008).



**Figura 1. Localização da bacia do rio Jordão-PR, suas unidades político-administrativas e cidade de Guarapuava-PR.**

A constatação dos tipos de tempo em que se dão os eventos erosivos pode vir a ser importante para futuras pesquisas sobre erosão na área de estudo. Portanto, aqui, admitem-se as seguintes indagações a serem investigadas:

1. Dentro do período avaliado quais foram os anos com padrão de chuva seco, habitual e chuvoso e como foi a sua distribuição no espaço?
2. Como foi a dinâmica da chuva e da erosividade em cada ano padrão e como se deu sua distribuição no espaço?
3. Quais tipos de tempo atmosférico são responsáveis pelas chuvas erosivas?

## 2 ASPECTOS DA GEOGRAFIA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR

### 2.1 A bacia do rio Jordão e a rede de drenagem

A bacia hidrográfica é definida por Christofolletti (1974) como sendo uma área drenada por um determinado rio ou por uma rede fluvial. A drenagem fluvial é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados entre si. Na Figura 2 pode ser visualizada a rede de drenagem da bacia do rio Jordão.

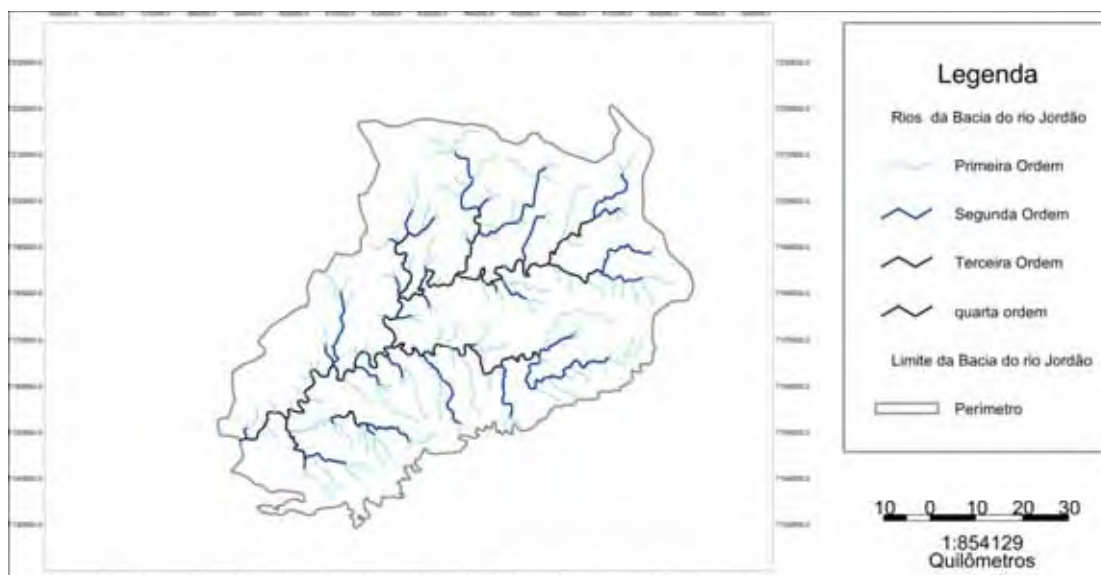


Figura 2. Rede de drenagem da bacia do rio Jordão-PR.

### 2.2 Características geológicas

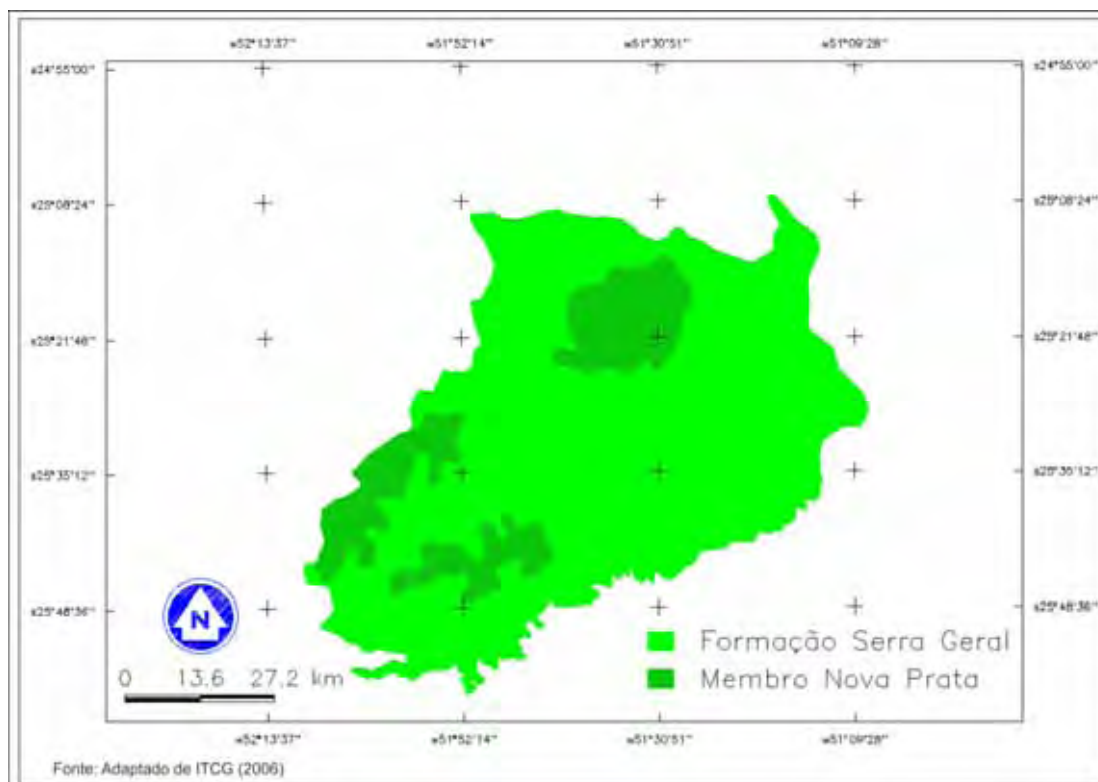
De acordo com Maack (1947) a estrutura geológica na qual se insere a unidade de estudo é formada por rochas basálticas da Bacia do Paraná, que representam a maior atividade vulcânica conhecida do planeta, abrangendo uma área de aproximadamente 1.200.000 quilômetros quadrados.

A principal atividade vulcânica ocorreu no Cretáceo Inferior, entre 120 e 130 milhões de anos pretéritos (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). Os

derramamentos basálticos ocorreram sobre o então Deserto do Botucatu, por isso a discordância estratigráfica com a formação Botucatu, de arenitos eólicos.

A bacia encontra-se na unidade litoestratigráfica do Grupo São Bento, que data do Mesozóico. Conforme Bigarella e Mazuchowski (1985) o Grupo São Bento pode ser subdividido em três formações separadas entre si por discordâncias, sejam elas: Formação Botucatu, Formação Serra Geral e Formação Caiuá. A bacia do rio Jordão encontra-se na Formação Serra Geral (Figura 3).

Internamente a Formação Serra Geral ocorre variedades de rochas, como na bacia do rio Jordão, onde se encontram basaltos, basaltos pórfiros, dacitos, riodacitos, e riolito (MINEROPAR, 2010) que caracterizam o Membro Nova Prata.



**Figura 3. Geologia da bacia do rio Jordão-PR.**

## 2.1 Características geomorfológicas

A região Sul do Brasil, sob o Domínio Morfoclimático das Araucárias (AB`SABER, 2008) apresenta formas de relevo monoclinais que expressam forte controle estrutural (SALAMUNI et. al, 2004; SAADI et. al, 2005). No Estado do Paraná podem-se encontrar distintas paisagens geomorfológicas dentro deste domínio. Dentre estas paisagens, está aquela que é controlada pelos condicionantes geológicos, como é o caso das formas de relevo associadas à bacia planáltica do Paraná (MAACK, 2002).

No Paraná esta unidade estrutural é denominada de Terceiro Planalto Paranaense. Conforme a Figura 4, na bacia do rio Jordão observa-se que ela compreende quatro Sub-unidades morfoesculturais do Terceiro planalto, sejam elas: planalto de Palmas/Guarapuava; Planalto de Foz do Areia/Ribeirão Claro; planalto do Alto/Médio Piquiri, e Planalto Pitanga/Ivaiporã.

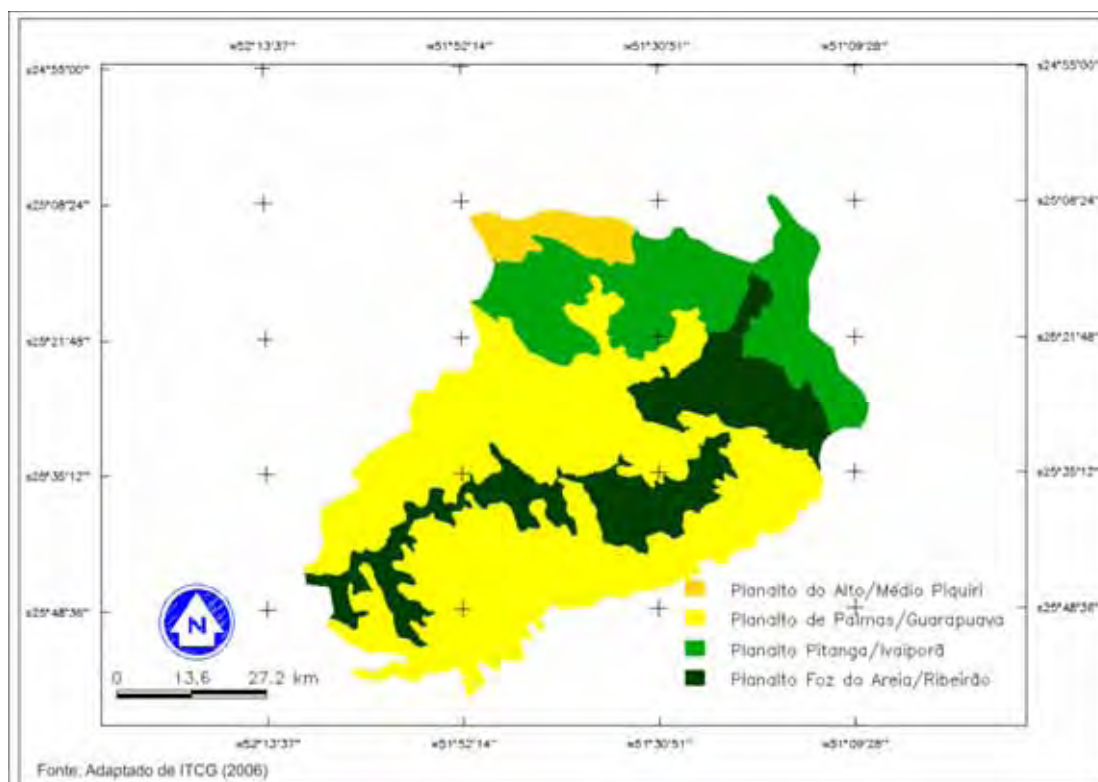


Figura 4. Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Jordão-PR.

De acordo com Paisani et. al (2008) em estudo sobre a identificação de Superfícies Aplainadas na porção subtropical úmida da bacia sedimentar do Paraná, no Estado do Paraná, as formas de relevo da região são em sua maioria: a) Topos tabulares suavemente ondulados, devido à presença de cabeceiras de drenagem e depressões fechadas; b) patamares extensos e curtos, sendo os últimos caracterizados como degraus estruturais; c) vales com soerguimentos ora fechados, em *canyon*, ora abertos, constituindo avéolos; d) rios com meandros estruturais; e) encostas na sua maioria convexas; f) canais conectados e desconectados a rede hidrográfica; G) relevos residuais (mesetas).

Assim, pode-se observar na bacia as seguintes superfícies de aplainamento, de acordo com níveis hipsométricos:

**Superfície I: relevos residuais de superfície de simeira.** Entre Pinhão, Inácio Martins e Guarapuava. Corresponde ao remanescente erosivo da superfície pós-derrames, configurando-se como superfície de erosão - pediplano.

**Superfície II: planalto alongado de Pinhão, Inácio Martins e Guarapuava.** Entre 1201 e 1300 m.

**Superfície III. Primeiro Patamar extenso:** Pinhão (13 KM), também em Guarapuava (1101-1200 m)

**Superfície IV. Segundo patamar extenso:** Pinhão (12 km), Guarapuava e Reserva do Iguaçu (1001-1100 m)

**Superfície V. Superfície interplanáltica de Candói e Guarapuava:** De 901 a 1000 m, com extensão de 41 km entre Candói e Guarapuava. Também aparece em Reserva do Iguaçu e Pinhão.

**Superfície VI:** É um segundo nível de superfície interplanáltica (entre 801 e 900 m), Sua presença é mais marcante entre Candói e Guarapuava.

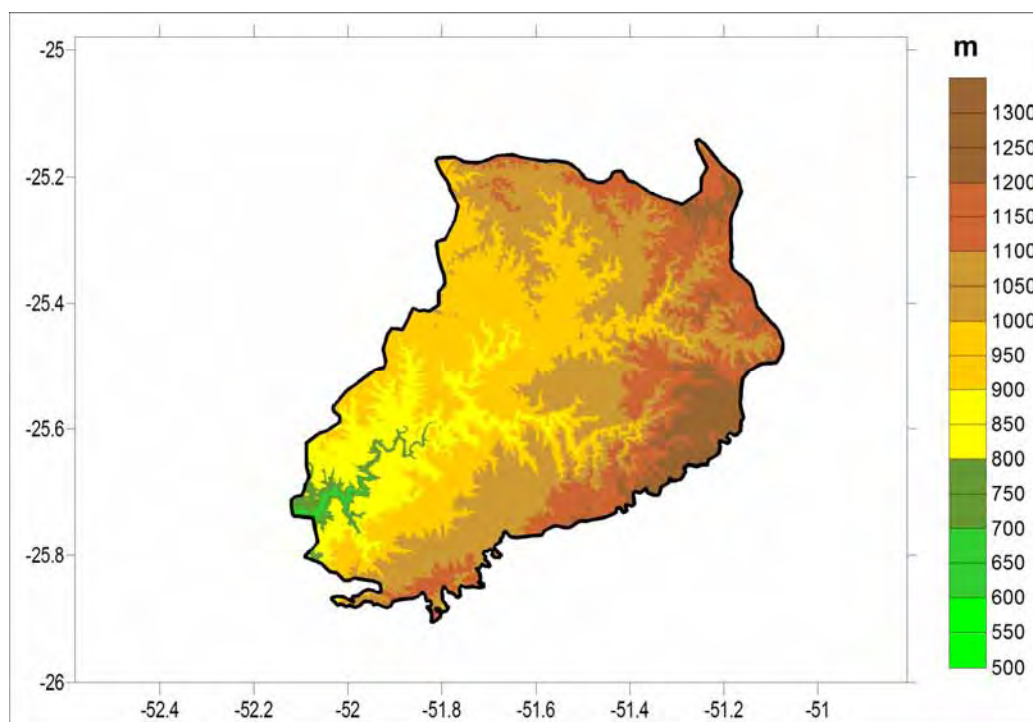
No entanto, esta superfície, aparece na maior parte dos municípios da região e em todos os municípios da bacia do rio Jordão com exceção de Inácio Martins e Campina do Simão.

**Superfície VII. Terceiro patamar extenso:** Entre 701 e 800 m.

**Superfícies em elaboração:** Ombreiras nos fundos de vale, principalmente no vale do rio Iguaçu.

Destas conclusões pode-se e, dado o estudo de Paisani et. al (2008), pode-se observar o seguinte quadro na bacia: 1. As superfícies e as altitudes estão escalonadas (da borda do planalto) de Leste para Oeste (na próxima página). 2. De acordo com as classes de altitude apresentam-se as seguintes categorias: relevos residuais (nas maiores altitudes), planaltos, patamares extensos, superfícies interplanálticas e superfícies em elaboração (nas menores altitudes). 3. A ação geoquímica (por alteração no tempo) teve maior importância na elaboração das superfícies aplainadas que a erosão mecânica. Desta forma, os processos de rebaixamento do terreno (*downwearing*) que ocorrem por perda isovolumétrica do substrato têm maior importância do que o processo de recuo lateral das encostas.

Esta configuração do relevo na bacia do rio Jordão pode ser melhor avaliada na Figura 5.



**Figura 5. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Jordão-PR.**

## **2.2 Tipos de solo**

O solo representa parte de matéria inconsolidada que compõe um dos limites superiores da litosfera em contato com a atmosfera. É constituído pelos três estados essenciais, sejam eles, o sólido, líquido e gasoso.

A formação do solo é dependente tanto de fatores abióticos, como Clima e Geologia (responsáveis pelo processo de intemperismo físico) assim como por fatores bióticos (que juntamente com os fatores anteriores são responsáveis pelo intemperismo químico). E, lógico, pela variável tempo (cronológico) que dita o grau de intensidade de relação entre cada um desses fatores. Estes fatores conjugados governam o processo de pedogênese.

Por ser substrato de ação de muitas atividades e objeto de estudo de várias ciências, o solo pode ser visto de várias perspectivas. Sem a necessidade de mencionar às demais, destaca-se o papel do geógrafo que, além de atinar para o desenvolvimento e a distribuição espacial dos solos (Figura 6) no planeta<sup>1</sup>, também deve estar atento ao seu ritmo e susceptibilidade de degradação e erosão. Deste modo, são apresentados os tipos de solos e sua distribuição na bacia do rio Jordão (figura 8) juntamente com sua breve caracterização.

- a) Cambissolos Húmico Alumínico<sup>2</sup> e Háplico Distróficos<sup>3</sup>: localizam-se na borda leste da bacia, nas maiores elevações do interflúvio, em função das características litológicas das rochas de origem, vulcânicas, e do seu intemperismo *in situ*, se originaram solos chamados de residuais ou *saprolíticos*<sup>4</sup>. Na bacia identificam-se os tipos de cambissolo Húmico alumínico (CHa) e Háplico Distrófico (Cxbd). O termo *cambissolo*, argiloso de textura média, lembra um solo em processo de formação. São solos rasos a profundos, onde o horizonte B é do tipo B incipiente; B incipiente é um horizonte B em formação, mas com desenvolvimento de cor e estrutura suficiente para ser distinguido dos horizontes A e C, podendo apresentar

<sup>1</sup> Segundo clássica definição de Bridges (1981).

<sup>2</sup> Solos com alto conteúdo de alumínio extraível ( $Al^{3+} \geq 4 \text{ cmol c/kg}$  de solo) na maior parte do horizonte B (inclusive BA) (Embrapa, 1984, tomo 2, p.629, perfil 74; Brasil, 1973e, p. 324, perfil 47 apud SBCS, 1999, p. 150).

<sup>3</sup> Outros solos com argila de atividade  $< 27 \text{ cmol c/kg}$  de argila e baixa saturação por bases ( $V < 50\%$ ) na maior parte do horizonte B (inclusive BA) (Embrapa, 1984, tomo 2, p. 633, perfil 77 apud SBCS, 1999, p. 152).

<sup>4</sup> Por saprolito entende-se o "Manto de alteração constituído essencialmente de uma mistura de minerais secundários e primários derivados de rochas pela ação do intemperismo químico e que mantém vestígios da estrutura original da rocha, sendo reconhecido como um produto de alteração da rocha *in situ*, denominado horizonte C" (VOCABULÁRIO BÁSICO DE RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE, 2004, p. 277).

fragmentos de rocha. É o horizonte diagnóstico dos cambissolos (SBCS, 1999). As condições de drenagem desses solos variam de bem drenados a imperfeitamente drenados, dependendo da posição que ocupam no relevo. De acordo com o SBCS (1999) são classificados como de caráter *húmico* quando possui um horizonte superficial A que representa um ambiente de elevada acumulação de matéria orgânica, cores escuras e alta acidez. São classificados como *aluminicos* pela alta acidez. Ocorrem, onde as altas pluviosidades e as baixas temperaturas favorecem a deposição de matéria orgânica. Por sua vez, são qualificados como *háplicos* quando não se enquadram nas demais subordens de cambissolos, sejam elas o húmico e o flúvico.

- b) Nitossolos HáplicoTb Distrófico<sup>5</sup>: assim como os cambissolos, também localiza-se entre os relevos residuais de cimeira (interflúvio Leste – Figura 8). Segundo a etimologia da palavra, o termo do latim *nitidus* denota a qualidade de ser brilhante, daí a conotação de superfície brilhante em unidades estruturais (IBGE, 2007). De acordo com o SBCS (1999) são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico, não hidromófico e com textura argilosa ou muito argilosa.
- c) Neossolos: Etimologicamente, do grego *néos*, novo, moderno, que dá a conotação de solos jovens, ou seja, em início de formação (IBGE, 2007). São solos rasos pois ainda não foram submetidos, ou com submissão em estágio inicial, à pedogênese. Devido a esta característica, na maior parte dos casos não possuem horizonte B, uma vez que estão em contato direto com o material de origem. De acordo com o SBCS (1999) os neossolos contém matações em superfície ou em até 40cm dentro do corpo do solo (característica de litólico), portanto, é um solo com pedregosidade. Na bacia do rio Jordão distinguem-se três tipos de neossolos da mesma subordem (litólico), são eles: Neossolo Litólico Distrófico (RLd), Neossolo Litólico Húmico (RLh), Neossolo Litólico Eutrófico (RLe). É importante salientar que os solos litólicos são característicos dos relevos muito acidentados de morrarias e serras e, na bacia do Jordão estão localizados exatamente nestes

---

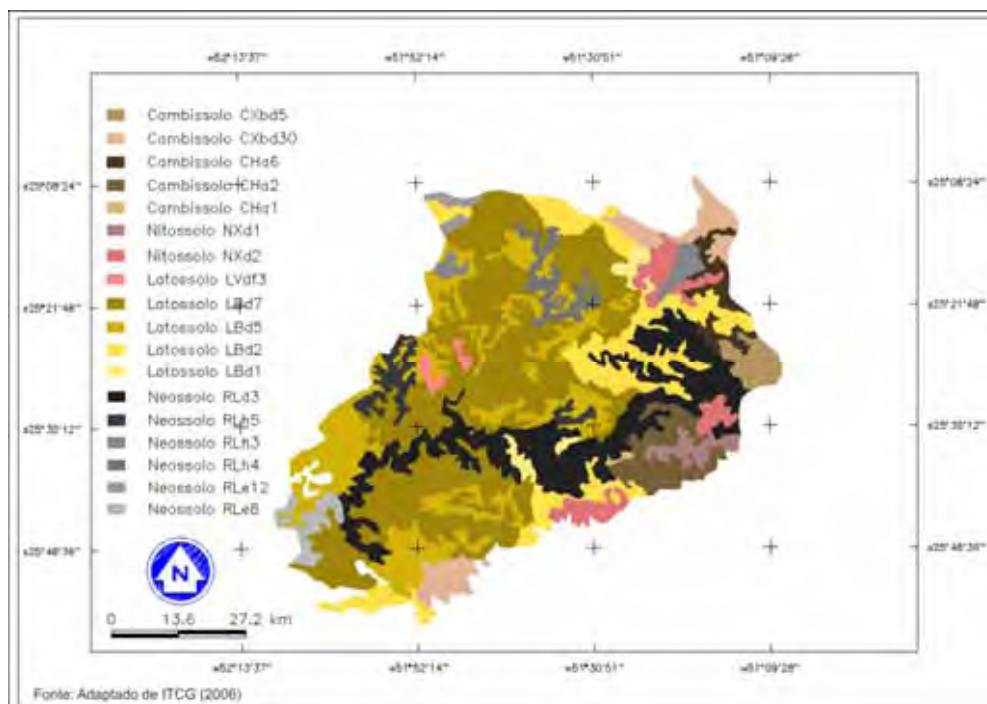
<sup>5</sup> Solos com saturação por bases baixa ( $V < 50\%$ ), na maior parte dos 100cm do horizonte B (inclusive BA) (SBCS, 1999, p. 242).

setores central (RLh e RLe) (Figura 6.) e juntamente ao curso do rio Jordão (RLd).

- d) Latossolos: do latim *lat*, material altamente alterado. Constituem solos com elevado grau de intemperização e, portanto, com muita profundidade e boa drenagem. Distribuem-se em todas as regiões do Brasil e diferenciam-se, em 4 classes em nível de sub-ordem pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SBCS) pela coloração e teor de óxido de ferro, são eles: Latossolos Brunos, Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos. Na bacia do rio Jordão encontram-se dois tipos de latossolos, são eles: Latossolo Bruno Distrófico (LBd) e Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf).

Os latossolos bruno são em geral profundos com horizonte A escurecido e B com tom brunado. Possuem textura que vão de argilosa a muito argilosa no horizonte B e possuem a característica de ter alta retração com a perda de umidade (IBGE, 2007). Na bacia do rio Jordão podem ser identificados em praticamente todos os compartimentos do relevo, com exceção da Superfície de relevos residuais de Cimeira. Apresenta-se também, porém de forma quase inexpressiva, no altiplano de Inácio Martins, Pinhão e Guarapuava (1100-1200m).

Já os latossolos vermelhos apresentam praticamente as mesmas características dos solos brunados porém, diferenciam-se dos mesmos pelo maior teor de óxidos de ferro e pela maior aptidão para uso agrícola. Pode ser encontrado na superfície IV.



**Figura 6. Solos da bacia hidrográfica do rio Jordão-PR.**

Como pode ser observado na Tabela 1, a maior porção da bacia está sob o domínio dos latossolos, mais precisamente 60% da unidade. Os solos de maior representatividade, dentro desta classe, são os Latossolos Brunos Distróficos.

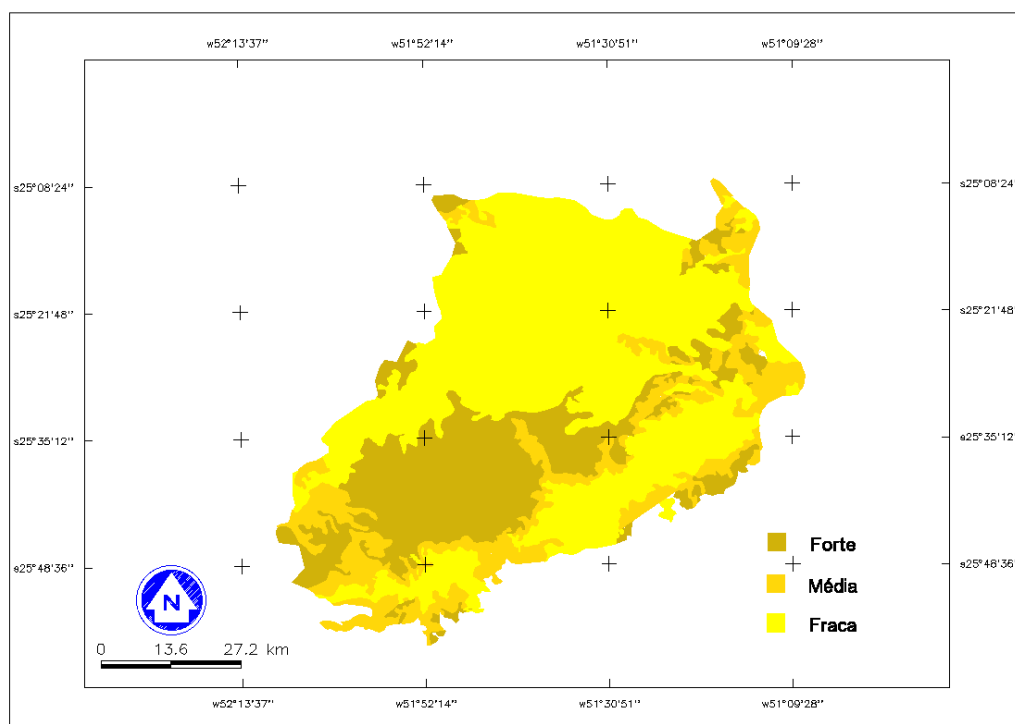
**Tabela 1. Representatividade areal em porcentagem dos tipos de solo na bacia do rio Jordão-PR.**

Tipo de solo	%	Tipo de solo	%
Cambissolo CHa1	0,63	Latossolo LVdf3	0,53
Cambissolo CHa2	0,51	Neossolo RLd3	14,22
Cambissolo CHa6	2,35	Neossolo RLe12	0,58
Cambissolo CXbd30	4,09	Neossolo RLh3	0,94
Cambissolo CXbd5	1,70	Neossolo RLh4	2,01
Latossolo LBd1	1,51	Neossolo RLh5	1,96
Latossolo LBd2	11,27	Neossolo RLe8	1,42
Latossolo LBd5	19,30	Nitossolo NXd1	1,17
Latossolo LBd7	32,41	Nitossolo NXd2	3,42
<b>Total</b>		<b>100%</b>	

Org. AMARAL, A. A. do (2011).

### 2.3 Degradação de terras

Como na prática da agricultura extensiva, na maior parte dos casos, não são levados em conta a questão do 'equilíbrio ambiental', são empregadas técnicas que alteram drasticamente os processos e funcionalidades do meio físico-natural. O elemento da paisagem que mais é afetado pelas técnicas usadas nesta prática, seja ela a mecanizada, é o solo. Foi com o objetivo de visualizar como se encontra o estágio do solo na bacia, que foi elaborada a carta de degradação de solos baseado em estudo feito pelo ITCG (2006). Como podemos ver na Figura 7 na contemporaneidade há setores da bacia do rio Jordão com sérios problemas de degradação.



**Figura 7. Degradação de terras na bacia hidrográfica do rio Jordão-PR.**

## 2.4 Dinâmica climática

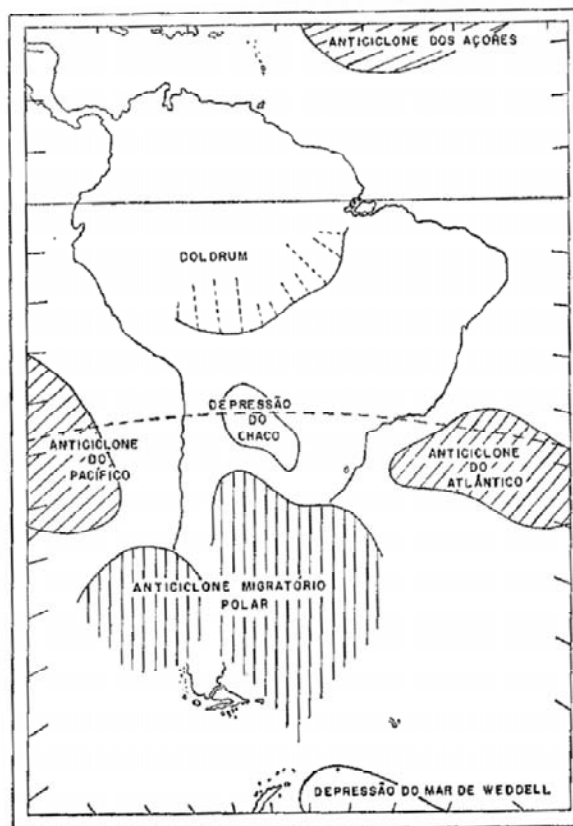
Em estudo sobre o Brasil Meridional, mais especificamente a região Sul, a qual incluía o Estado de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Monteiro (1963) argumenta que esta região está sob o domínio de sistemas atmosféricos extratropicais, que apresentam situações térmicas que vão desde as elevadas, que são amenizadas pelo fator altitude, até geadas e, mais excepcionalmente, neve, o que lhe caracteriza como clima do tipo mesotérmico. Ainda, as chuvas apresentam o caráter de ser bem distribuídas durante o ano, não se distinguindo um período de déficit hídrico.

Os fenômenos atmosféricos não estáticos, de alta complexidade, condicionam as características e organização espaço-temporal dos climas. Neste sentido é necessária uma revisão dos principais centros de ação e massas de ar que influenciam no clima da grande região. Para tal, nos ateremos ao estudo de Monteiro (1963), que demonstra um interessante jogo escalar, no tempo e no espaço, de como se comporta o clima na área de estudo.

Os centros de ação são responsáveis por toda a movimentação da atmosfera. Podemos ter dois tipos de centros: aqueles de alta pressão (anticiclônicos) e aqueles de baixa pressão (ciclônicos). Por sua vez, os sistemas atmosféricos se movimentam das áreas anticiclônicas para as áreas ciclônicas, ou seja, de alta para baixa pressão atmosférica.

Na América do Sul (Figura 8) os centros de ação responsáveis pela movimentação atmosférica são os anticiclones Semi-fixos Oceânicos, o Anticiclone dos Açores, a Zona de Convergência Intertropical (Doldrun), o Anticiclone Migratório Polar, a Depressão do Mar de Weddel e a Depressão do Chaco (MONTEIRO, 1963).

De modo geral, na região Sul do Brasil, são as seguintes massas de ar que influenciam no clima: a Massa Polar Atlântica (MPA), a Massa Tropical Atlântica, a Massa Equatorial Continental (MEC) e a Massa Tropical Continental (MTC). Devido às características morfológicas do continente Sul-Americano, este, assim como o Sul brasileiro, é mais afetado pelas massas oceânicas do que por aquelas geneticamente continentais, onde se individualizam as massas Equatorial Continental (MEC) e a Tropical Continental (MTC), (op. cit).



**Figura 8. Centros de ação da América do Sul.** Fonte: MONTEIRO (1963).

Conforme pode ser visto na Figura 9, a região Sul do Brasil está sob o domínio dos ramos atmosféricos oriundos do Oceano. Conforme este estudo de Monteiro, esta porção do espaço está diretamente subordinada às ações dos sistemas da vertente atmosférica atlântica, ou seja, a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA) assim como indiretamente pela vertente pacífica, neste caso, da Massa Polar Pacífica.

A primeira, originária no Oceano, localizada latitudinalmente nas proximidades da Patagônia, é resultado da dinâmica do Anticiclone Migratório Polar. Ela tem potencial de atuação em praticamente todo o território brasileiro, principalmente no inverno. No entanto, é na região Sul onde as suas características são melhores percebidas, sendo nesta porção do território nacional que a sua ação tem maior influência nas atividades humanas e na organização e características do complexo natural. É uma massa de ar frio e úmido que atua praticamente no ano inteiro nesta

região, demonstrando a importância que a mesma tem, quando relacionada a outros sistemas, na dinâmica pluvial e térmica da região.

Já a Massa tropical Atlântica (MTA) essencialmente quente e úmida, possui sua gênese no Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul. Por possuir um sistema de emissão do ar em sentido anti-horário, tem forte penetração nas fachadas Leste, Sul e Centro-Oeste do país. Sua conjugação com a MPA aparece como um dos **reguladores** da pluviosidade no Brasil meridional.

Menos freqüente, porém com atuação na realidade climática do espaço em análise, é o papel exercido pela Massa Equatorial Continental (MEc), uma massa quente e úmida que tem sua gênese no continente. Sua ação no Sul dos pais se restringe principalmente ao verão, devido a sua orientação de deslocamento de NW para SE por motivo da dinamização dos sistemas depressionários térmicos e dinâmicos localizados mais ao Sul, o que favorece a ela se deslocar para latitudes maiores.



**Figura 9. Distribuição, fonte e orientação da movimentação das massas de ar na América do sul.** Fonte: MONTEIRO (1963).

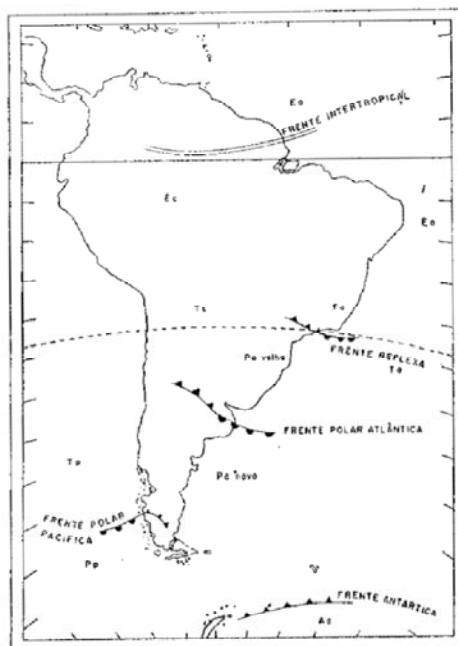
Por fim, temos a Massa Tropical Continental (MTC), uma massa quente e seca, que é dinamizada pelos Sistemas Equatoriais e Polares, restrita a região central da América do Sul, nas proximidades da região do Chaco, no Paraguai. De acordo com Monteiro (op. cit, p. 125):

“a região Sul do Brasil é o campo de ação das três principais massas de ar da vertente atlântica da América do Sul. Guiadas pelos sistemas de circulação do hemisfério austral e orientadas pelo relevo, elas produzem as três grandes correntes de perturbação ou grandes discontinuidades que atravessam a Região”.

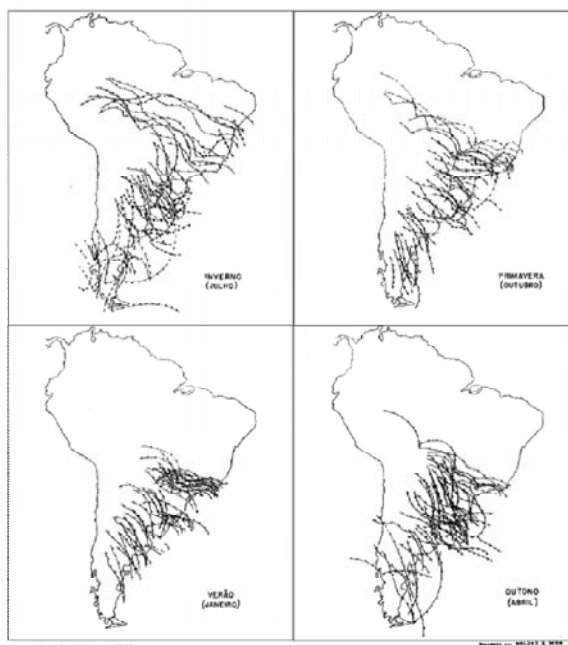
Estas três correntes de perturbação ou discontinuidades são as *ondas de calor do Noroeste*, as *ondas de frio do Sul* e as *ondas reguladoras do Leste-Nordeste*. Os ritmos, avanços e domínios de cada “onda”, variam de acordo com a estação sazonal, ou seja, possui um regime e, aqui, defende-se a hipótese de que este ritmo influencia tanto na quantidade como na qualidade, modo de transmissão da chuva, na bacia hidrográfica do rio Jordão.

Para o recorte espacial em contexto, será de suma importância, além das outras, o entendimento da dinâmica da *corrente do Sul*, Esta, quando em confronto com o ar intertropical, resulta na descontinuidade (Figura 10) mais importante no tocante ao entendimento do fenômeno pluviométrico na bacia, a Frente Polar Atlântica (FPA).

Dada a variada gama de interações e confrontos entre distintos sistemas atmosféricos durante o ano, o regime anual da FPA tem papel primordial tanto na distribuição quanto na intensidade das chuvas na área de estudo. Percebe-se que a dinâmica da FPA no decorrer do ano é diferenciada (Figura 11), tendo o seu máximo, em relação a sua frequência, no inverno e seu mínimo no verão, sendo o outono e a primavera as estações sazonais transicionais. Cabe aqui, desvendar como é o comportamento da chuva em cada estação sazonal, o que será discutido mais adiante.



**Figura 10. Grandes discontinuidades (Frentes) na América do Sul.** Fonte: MONTEIRO (1963).



**Figura 11. Variabilidade no espaço e no tempo dos fenômenos frontológicos na América do Sul.** Fonte: MONTEIRO (1963).

Assim, de acordo com Monteiro (op. cit) ficam delineadas, de modo geral, o regime do comportamento atmosférico sobre a região, da seguinte forma:

- **PRIMAVERA:** Na primavera, ocorre a diminuição das investidas da FPA. O eixo reflexo, no trópico, aumenta cada vez mais sua atuação, e chegará ao ápice no verão. A depressão do Mar de Weddel se encontra mais ativa, fato que irá atrair as famílias de ciclones que irão dinamizar a FPA. Ocorre o afastamento do Anticiclone Atlântico e a diminuição da FPA, o que inicia a “descida” da Linha de Convergência Intertropical além do equador.
- **VERÃO:** Ocorre uma redução das investidas dos Anticiclones Migratória Polar sobre o continente. Tanto o Semifixo Atlântico quanto o Pacífico se encontram mais afastados do continente, ocorrendo à formação mais regular da depressão do Chaco. Neste momento, o eixo da FPA geralmente está em frontólise ao tempo em que a sua Frente Reflexa, no trópico, comumente está em Frontogênese (FG). De modo geral, pode-se dizer que a FPA, menos dinâmica, ainda continua regulando a dinâmica atmosférica na América do Sul, mas agora associada a MEC, MTA e a MTC.
- **OUTONO:** Assim como a primavera, consiste num período de transição da dinâmica atmosférica. Sucede-se um enfraquecimento das condições de FG na FPA. O eixo principal desta, estando geralmente em frontólise, ocorre uma dinamização de seu eixo reflexo, seguindo assim, o predomínio de massas intertropicais como a MTA, mais eficiente e a MEC, menos consistente. No final do período sazonal se inicia a definição de ar polar na região da Patagônia, prenunciando o inverno.
- **INVERNO:** Neste período o *Anticiclone Semifixo do Atlântico* se aproxima do continente, sendo que seus avanços e recuos são regulados pela dinâmica da FPA em associação com a *depressão do Chaco* que nesta estação do ano apresenta-se mais como uma calha indutora dos sistemas atmosféricos. O *Anticiclone Pacífico* intensifica seus choques com o *Anticiclone Migratório Polar* e, conseqüentemente vem a reforçar a vertente atlântica deste último. As fortes investidas da *Massa Polar Atlântica* traz bastante frio para a região e quando associado ao *Massa Tropical Atlântica* provoca as chuvas características do período.

De maneira resumida, às massas de ar que agem sobre a região são: a MPA (massa polar atlântica) que atua principalmente durante o inverno; a MTA (massa tropical atlântica) que age principalmente sobre o inverno e primavera; a MTC (massa tropical continental) que atua preferencialmente no verão; MEC (massa equatorial continental) que repercute mais durante o verão e outono (MONTEIRO, 1963).

### 3 BASE TEÓRICO-METODOLÓGICA

#### 2.1 Referencial teórico: análise rítmica como arcabouço teórico metodológico

O marco na constituição deste campo de investigação do conhecimento geográfico é a aceitação por Monteiro (1962) da diferença de concepção climatológica entre os estudos do alemão J. Hann e o conceito de clima do francês M. Sorre (ZAVATTINI, 1998).

De acordo com os pressupostos de Hann, o clima é definido como “o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre”. Para Sorre, o mesmo é tido como o “ambiente atmosférico constituído pela série de estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”. O primeiro, portanto, baseia-se na Meteorologia analítica-separativa, o segundo, na Meteorologia Dinâmica, ou seja, nos estudos dos mecanismos frontológicos e das massas de ar (ZAVATTINI, 1998).

Pela primeira definição, imperam os valores médios dos elementos do *local* para se chegar ao tipo climático. Pela segunda, não se consegue chegar ao clima *local* sem o prévio conhecimento da circulação atmosférica *regional*, que, sob a influência dos fatores geográficos intra-regionais, possibilita que se alcance o clima local (MONTEIRO, 1962).

É possível perceber aí a preferência do autor pela *escala regional*, onde, de acordo com a sua visão analítica, ocorre à *organização* dos climas, hipótese esta que, de acordo com o desenvolvimento da Climatologia Geográfica, foi aperfeiçoada e corroborada empiricamente.

A construção teórico-prática que culmina no desenvolvimento pleno desta área do conhecimento geográfico deu-se através do desenvolvimento do conceito de *ritmo climático*. No caso dos estudos pluviométricos pelo viés dos tipos de tempo, é importante a contribuição dada pelo Atlas e pela Tese de doutoramento de Monteiro. Sobre o Atlas, segue o seguinte trecho, dado os objetivos aqui propostos, retirado de Monteiro (2000a) *apud* Zavattini (2004, p. 22), onde fica evidente que as oscilações

quantitativas do fenômeno pluviométrico são buscadas sistematicamente através do ritmo, por meio da sua pulsação no decorrer do ano:

Após a caracterização dos tipos de tempo fundamentais sobre o território paulista (**Série A** do menu **Índice**), é necessário analisar as articulações desses mecanismos pelo ano. Só assim, penetramos na concepção de ritmo; perscrutaremos sua pulsação e seu dinamismo e poderemos nos dar conta de que a maior ou menor incidência de chuvas tem íntimas relações com a pulsação deste ritmo. Essa preocupação foi básica para o presente estudo, na sua tentativa de abordagem genética do fenômeno pluvial. Talvez, seja nossa contribuição de maior interesse ao problema na atualidade e, sobretudo, às suas perspectivas futuras. Tal objetivo levou-nos a um tratamento em profundidade, que deu corpo a preparação de uma tese especial, em que é feita ênfase sobre o contexto metodológico.

Dada a variada gama de estudos em torno da procura do ritmo como fonte 'explicativa' capaz de demonstrar o mais próximo possível a realidade climática, principalmente do Estado de São Paulo, o professor Monteiro desenvolveu sua tese de doutorado baseado na hipótese que ele conjecturou para aquele Estado, seja ela, de acordo com Zavattini (2004) a de que a predominância das chuvas do território paulista era de gênese frontal.

Dada esta hipótese, o geógrafo procurou extrapolar espacialmente sua área de análise para o Brasil Meridional com o objetivo de entender o funcionamento do mecanismo e a dinâmica da Frente Polar Atlântica nesta porção do território brasileiro (ZAVATTINI, 2004).

Em vista da importância de confirmação da conjectura do autor, transcrevemos algumas de suas conclusões que hoje são de muita relevância ao entendimento da dinâmica climática do Brasil Meridional e, portanto, para nosso estudo:

Segundo revelam as análises feitas até agora, conforme esquematização proposta neste capítulo, às invasões polares são dos mais variados tipos, de acordo com as condições de acúmulo de ar frio no sul, o que ocasiona diferenças sensíveis dentro de um mesmo inverno, como de um inverno para outro. Se a condição normal parece ser a diversificação dos fluxos de avanços polares, a predominância de um determinado tipo acarreta ritmos hibernais contrastantes e de resultados extremos, notadamente no que concerne às precipitações. Uma das conseqüências dessa grande variabilidade de penetração das invasões polares, que afetam, com

particular e original importância, a própria zona intertropical, é a oscilação das “posições” da Frente Polar Atlântica [...] se a Frente Polar é a responsável pelas chuvas hibernais, se os seus deslocamentos são consideráveis, se esses deslocamentos implicam mesmo desdobramento, se esse desdobramento aumenta a pluviosidade em direção ao trópico onde, normalmente, o inverno é um período seco, a localização da *posição da Frente Polar* é um fato importante na análise de um inverno. [...] Nos dois invernos analisados, os máximos de pluviosidade estão intimamente relacionados à participação da Frente Polar. A comparação dos índices de participação daquele sistema – nos invernos analisados [...] não deixa margem a dúvida sobre o fato de que as variações de intensidade das invasões polares geram alternância de posição da Frente, entre o Prata e o Trópico, implicando em resultados pluviais contrastantes naquelas duas posições. Comprova-se, assim, aquela suposição que constituiu um dos motivos básicos na realização desta análise (Monteiro, 1969 *apud* Zavattini, 2004, p. 28).

É evidente a procura do geógrafo em corroborar as suas conjecturas e, o mais importante, obtendo êxito através da Climatologia Dinâmica, ou seja, através do estudo dos diferentes estados da atmosfera avaliados por meio dos tipos de tempo em sua sucessão.

Finalizando, o autor declara, “*acreditamos que as análises dinâmicas devem constituir o programa de pesquisa na climatologia brasileira nos próximos anos*” (MONTEIRO, 1969 *apud* ZAVATTINI, 2004, p. 29), uma visão otimista do encaminhamento dos estudos climáticos sob a perspectiva do ritmo em Geografia.

A análise rítmica é metodologicamente concretizada em 1971, onde são definitivamente elaborados os seus pressupostos teórico-metodológicos, através do artigo denominado “*Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*”. O procedimento metodológico do ritmo, estruturado por Monteiro (1971) pode ser abreviado pelas seguintes assertivas:

“o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo” (Monteiro, 1971, p. 9).

‘só a análise rítmica ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pelas interações dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos a consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região”(op. cit, p. 12).

“Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissolavelmente ligadas à gênese ou a qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em consideração a posição no espaço geográfico em que se define” (op. cit, p. 13).

Monteiro resolve os problemas teóricos relacionados ao conhecimento do comportamento climático apoiado no dinamismo, e consegue isso através do amadurecimento da concepção de ritmo. O ano de 1971 marca a estruturação do conceito de ritmo climático, como comentado anteriormente, onde o próprio autor, objetivando a ampla aplicação do conceito, pensa-o em “um plano de análise geográfica”, onde o ritmo climático poderá ser associado a outras esferas do domínio geográfico como: (I) associar o ritmo aos problemas de natureza ecológica, ou seja, a fenômenos hidrogeomorfológicos de grande importância no escopo da Geografia; (II) aplicar o ritmo aos problemas vinculados ao calendário e produção agrícola e; (III) estudos do ritmo relacionado com problemas urbanos.

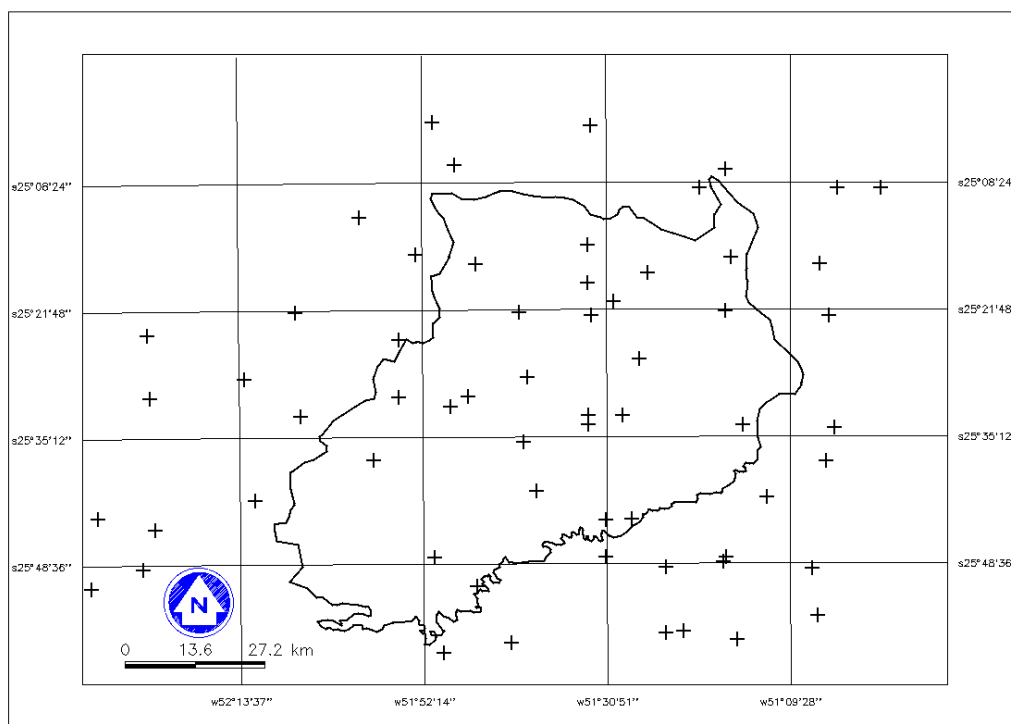
O processo erosivo está associado aos fenômenos hidrogeomorfológicos. Por um lado, tem-se no clima a entrada de energia capaz de realizar o trabalho necessário à desagregação e remoção de material. De outro, tem-se a geomorfologia responsável pela forma e pelo material a ser removido.

## **2.2 Coleta e sistematização dos dados**

A pesquisa em Geografia admite uma hierarquia nítida. Inicialmente, após a escolha de quais tipos de dados serão úteis e necessários para alcançar os objetivos propostos na investigação, encaminha-se a coleta dos mesmos. Baseado nos pressupostos teórico-metodológicos ao qual se filia este estudo, em meio à extensa gama de dados iniciais, procedeu-se a organização e sistematização dos mesmos.

Os primeiros dados coletados foram os de pluviosidade, analisados através das estações pluviométricas monitoradas pelo Instituto das Águas do Paraná, Sistema Meteorológico Paranaense (SIMEPAR) e pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Além das estações que compõem a bacia utilizou-se de dados que compõem as adjacências da mesma, para o melhor preenchimento espacial dos dados.

Na Figura 12 apresenta-se os postos alcançados pelo tratamento dos dados pluviométricos anuais, mensais e diários de 62 estações que compoem a bacia e suas adjacências entre as latitudes  $24^{\circ} 55' 00''$  S e  $26^{\circ} 20' 00''$  S e as longitudes  $50^{\circ} 49' 00''$  W e  $52^{\circ} 35' 00''$  W.



**Figura 12. Número inicial de postos avaliados na área de estudo.** Fonte: Instituto de Águas do Paraná (2010).

Optou-se por trabalhar com postos das extremidades pelo fato de que este procedimento nos propicia além de uma melhor cobertura espacial dos índices pluviométricos, também auxiliam no caso da necessidade de análise de similaridade entre alguns postos, pois estações (não só pluviométricas, mas meteorológicas de um modo geral) de bacias de drenagem distintas podem ter mais semelhanças em seus comportamentos/características do que aquelas assentadas sobre a mesma unidade hidrológica.

Após o levantamento e organização dos dados e postos, foi realizada a verificação de consistência dos dados diários de cada um dos postos, com o objetivo de classificar quais possuíam série confiável de dados, além de buscar visualizar

qual a série temporal poderíamos utilizar na caracterização temporal da precipitação pluvial da bacia. Com isto, procedemos à marcação dos anos falhos em cada posto além de enumerar os dias com falhas em cada mês (ANEXO 1).

Este procedimento, também utilizado por Boin (2000) e Zandonadi e Zavattini (2010) possibilita a visualização de quais estações são propícias e que possuem o mínimo de consistência de dados para alcançar os objetivos de trabalhos desta ordem. Além disso, oferece ao pesquisador a possibilidade de uma visão crítica em relação aos dados e resultados alcançados.

Após analisar diariamente todos os anos de todos os 62 postos pluviométricos já se pode ter uma visão geral da consistência inerente a eles, nos possibilitando avaliá-los no seu enquadramento anual através da análise mensal, conforme visto na figura anterior.

Como pode ser constatado no anexo I, os meses em que mais ocorreram falhas de mais de 10 dias foram os meses de Junho (32), Fevereiro (30), Maio (30) e Outubro (30), respectivamente. O oposto identifica os meses de Março (18) e Agosto (23), estes se apresentando como mais consistentes em suas séries temporais nos postos analisados.

Quanto às falhas de menos de 10 dias, novamente aparece o mês de Junho, juntamente com o mês de Dezembro liderando a Estatística, seguidos por maio e novembro. Nota-se que o índice de falhas de menos de 10 dias mensais são menos freqüentes que aquelas maiores que 10 dias no mês. Aqui, a análise é dirigida a otimização da distribuição espacial dos postos, uma vez que do ponto de vista temporal, no quadro intra-anual não se destaca em importância nenhum mês.

Como as séries das estações são longas, a grande maioria ultrapassando 30 anos de registros, apenas considerar os meses falhos sem contrapor e destacar a quantidade de meses sem lacunas se configura em um erro, ou no mínimo desatenção, pois pode acontecer de mascarar as verdadeiras qualidades e/ou características das mesmas. Assim, foi realizada à avaliação do aproveitamento histórico mensal do conjunto das estações.

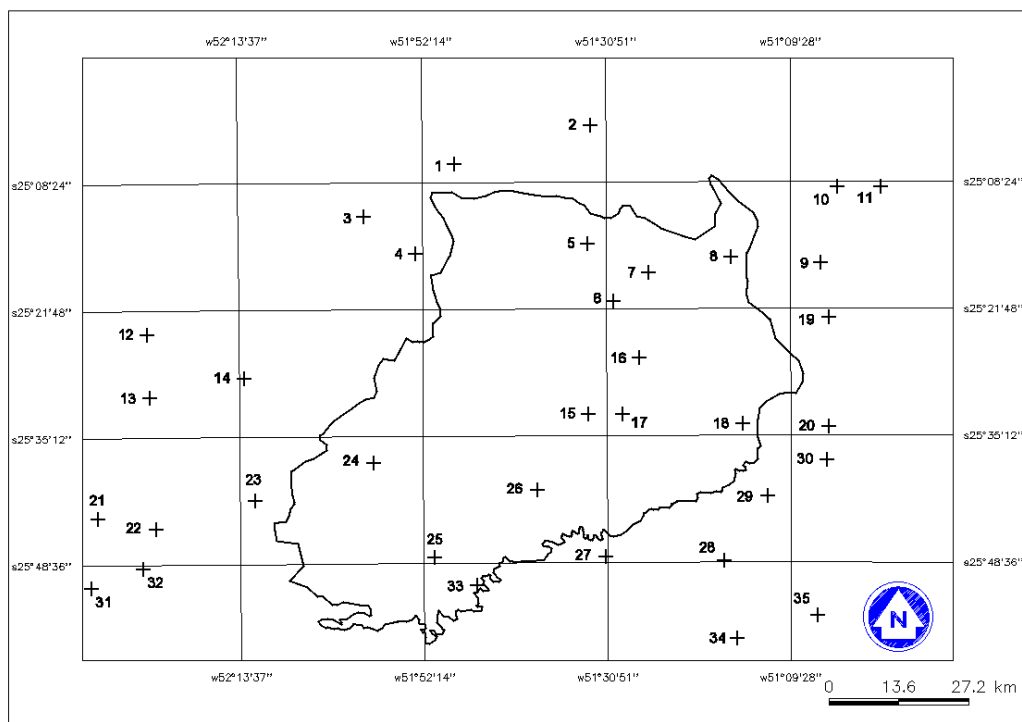
O aproveitamento em relação às falhas acima de 10 dias mensais fica em torno de 98,4%, se destacando o mês de março com os melhores valores. Em

relação às falhas inferiores há 10 dias mensais, observam-se vários meses com aproveitamento de 100%, com exceção dos meses de Maio, Junho, Novembro e Dezembro, sendo que o aproveitamento do conjunto ficou em torno de 99,79%.

Tais valores nos parecem preocupantes, pois, uma vez que as falhas nos registros acima de 10 dias por mês são mais freqüentes, se torna mais complicado o estudo nos moldes desejáveis. No entanto, um dado animador é que a freqüência de estações com falhas durante o ano diminui praticamente a metade da década de 90 do século passado (41 anos com mês com falhas nas 62 estações) para 22 falhas entre os anos de 2000 a 2009.

Algumas considerações interessantes podem ser realizadas, sendo importante o comentário, em particular no contexto que evoluiu a cobertura espacial dos postos pluviométricos na região. Conforme pode ser visto na tabela 2, na década de 40 do século passado, havia apenas uma estação pluviométrica (Santa Clara) na região e na bacia. Na década de 50 passa-se para 4. O maior salto quantitativo deu-se na década de 70, com a implantação de 47 novos postos pluviométrica na região.

Após a análise dos anos e meses com falhas houve a possibilidade de avaliar a série temporal que utilizamos na caracterização da precipitação na bacia, baseados na configuração espaço-temporal. Foi eleito o período que compreende os anos de 1977-2007 para o estudo do comportamento anual, sazonal e mensal da pluviosidade na bacia do rio Jordão que é composto por 35 postos (Figura 13).



**Figura 13. Postos pluviométricos eleitos na caracterização da chuva na bacia do rio Jordão-PR.** Fonte: Instituto de Águas do Paraná (2010).

Na Tabela 2 estão mencionados os postos selecionados para a caracterização temporal da chuva na bacia do rio Jordão e adjacências, suas respectivas localizações geográficas, identificação codificada, denominação, altitude e município no qual estão assentados.

**Tabela 2. Postos pluviométricos eleitos para a caracterização pluviométrica na bacia do rio Jordão.**

Nº	Cód	Long	Lat	Nome	Município	Altitude (m)
1	2551009	51° 48' 23"	25° 06' 33"	Camp do Simão	Campina do Simão	1056
2	2551040	51° 32' 39"	25° 02' 26"	Turvo	Turvo	1146
3	2552026	51° 59' 27"	25° 11' 59"	Goioxim	Goioxim	858
4	2551031	51° 52' 59"	25° 16' 00"	Rondinha	Goioxim	950
5	2551033	51° 32' 59"	25° 15' 00"	Palmeirinha	Guarapuava	1050
6	2551010	51° 30' 00"	25° 21' 00"	Col. Agrícola	Guarapuava	1058
7	2551034	51° 25' 59"	25° 17' 59"	Invernadinha	Guarapuava	1050
8	2551035	51° 16' 20"	25° 16' 21"	Campo de Dentro	Guarapuava	1202
9	2551039	51° 05' 59"	25° 16' 59"	Relógio	Prudentópolis	850
10	2551043	51° 04' 00"	25° 08' 59"	Vila esperança	Prudentópolis	750
11	2550055	50° 58' 59"	25° 08' 59"	Saltinho	Prudentópolis	750
12	2552007	52° 24' 15"	25° 24' 20"	Laranjeiras do Sul	Laranjeiras do Sul	850
13	2552037	52° 24' 00"	25° 31' 00"	Barreirinho	Porto Barreiro	750
14	2552005	52° 13' 00"	25° 29' 02"	Usina Rio Cavernoso	Virmond	850
15	2551027	51° 32' 59"	25° 32' 59"	Colônia Socorro	Guarapuava	1000
16	2551008	51° 28' 59"	25° 32' 59"	Col. Vitória	Guarapuava	1000
17	2551000	51° 27' 00"	25° 27' 00"	Guarapuava	Guarapuava	950
18	2551026	51° 15' 00"	25° 34' 00"	Campina Bonita	Inacio Martins	1108
19	2551038	51° 04' 58"	25° 22' 47"	Tijuco Preto	Prudentópolis	792
20	2551014	51° 04' 49"	25° 34' 19"	Inácio Martins	Inácio Martins	1219
21	2552033	52° 30' 10"	25° 43' 39"	São Luiz do Oeste	Chopinzinho	655
22	2552034	52° 23' 27"	25° 44' 49"	Baia	Chopinzinho	645
23	2552023	52° 11' 48"	25° 41' 52"	Cachoeira	Candói	716
24	2551004	51° 58' 00"	25° 37' 59"	Santa Clara	Candói	740
25	2551037	51° 50' 59"	25° 47' 59"	Pedro Lustosa	Reserva do Iguauçu	1000
26	2551024	51° 39' 00"	25° 40' 59"	Pinhão	Pinhão	1066
27	2551020	61° 31' 00"	25° 47' 59"	Fax. Dos Ribeiros	Pinhão	1218
28	2551022	51° 17' 19"	25° 48' 27"	Madeiraira Gavazzoni	Inácio Martins	872
29	2551001	51° 12' 09"	25° 41' 39"	Leonópolis	Inácio Martins	960
30	2551011	51° 05' 16"	25° 37' 47"	Col. Delegrave	Inácio Martins	1219
31	2552030	52° 31' 00"	25° 51' 00"	Chopinzinho	Chopinzinho	800
32	2552031	52° 24' 57"	25° 49' 00"	Bugre	Chopinzinho	644
33	2551019	51° 46' 00"	25° 51' 00"	Santa Cruz	Pinhão	1245
34	2551017	51° 15' 44"	25° 56' 38"	Santana	Cruz Machado	880
35	2551018	51° 06' 16"	25° 54' 11"	Pátio Velho	Cruz Machado	1114

**Fonte:** Instituto de Águas do Paraná (2010).

**Org.** AMARAL, A. A do (2012).

### 2.3 Preenchimento das falhas dos dados

Os postos selecionados que apresentaram lacunas em sua série de registros foram submetidos ao preenchimento dos dados faltantes. Para tal foi utilizada a técnica proposta por Villela e Mattos (1975) que leva em consideração os valores dos três postos mais próximos daquele com dados faltantes.

No entanto, além de utilizar destes preceitos, buscou-se não avaliar somente as distâncias entre as estações, mas, também, a similaridade do sítio nas quais elas estão inseridas, uma vez que, por exemplo, uma diferença de altitude ou uma localização no reverso de uma vertente pode mudar significativamente as características pluviais de um ponto de coleta, comprometendo a análise. Assim procedendo, preenchemos os dados faltantes de acordo com o seguinte algoritmo:

$$Px = \frac{\bar{X}}{3} \left( \frac{X1}{\bar{X}1} + \frac{X2}{\bar{X}2} + \frac{X3}{\bar{X}3} \right)$$

onde  $Px$  é a precipitação faltante;  $\bar{X}$  é a média da precipitação mensal da estação X, com falha;  $X1$ ,  $X2$  e  $X3$  são as precipitações mensais dos três postos eleitos e  $\bar{X}3$ ,  $\bar{X}2$  e  $\bar{X}1$  são as precipitações médias mensais dos postos eleitos.

Conclui-se que os dados disponíveis são satisfatórios quanto à eficiência de registro. Quanto à distribuição espacial dos postos com falhas, não se destaca nenhum setor da bacia com menor ou maior eficiência de registro. Em referência ao preenchimento dos dados através de estações vizinhas, a configuração da Geografia Física da área de estudo, mesmo não sendo uma área muito extensa, houve dificuldade para realizar a relação entre os postos, tanto por fatores como altitude e distância, como pela distribuição espacial dos postos.

Este fato geralmente é encarado como desvantagem, no entanto, não pode-se tratar com descrédito a característica da distribuição dos postos uma vez que a diversidade de situações físico-naturais deve ser vista, antes, como um ponto positivo, uma vez que os registros é que devem ser ininterruptos para que o pesquisador não necessite recorrer a estas técnicas.

## 2.4 Critério de ordenamento das classes de chuva

É clássico na ciência geográfica classificar variáveis. Observam-se, em Geografia, duas tipologias eminentes à classificação, sejam elas a espacial e a temporal, de um conjunto de dados. Notoriamente, este trabalho utiliza-se da classificação da chuva no tempo como viés ao estudo do comportamento espacial do fenômeno.

Como estratégia na classificação dos padrões de chuva na área de estudo, utilizamos o modelo de Sturges (apud, GERARDI & SILVA, 1981) para o melhor ordenamento das classes de chuva. Ela é dada pela seguinte expressão:

$$K = 1 + 3,3 * \log n$$

onde: K=Número de classes, *log* representa o logaritmo na base 10 e *n* é o número de observações contemplados pelo conjunto de dados. Após conhecido o valor K, que nos indica o melhor número de classes a ser utilizado na análise do conjunto, o próximo passo é ordenar os respectivos intervalos de classes. Este, por seu turno, é resultado da simples relação entre a amplitude resultante do conjunto dos dados reais dividido pelo resultante K. É baseado nesta técnica que seguem as análises sobre o comportamento das chuvas na bacia do rio Jordão. A expressão que determina os intervalos de classe pode ser vista abaixo.

$$Ic = Pmáx - Pmín/k$$

onde *Ic* =Intervalos de classe; *Pmáx* =Precipitação máxima; *Pmín* =Precipitação mínima; *K* =Número de classes.

## 2.5 Procedimento e técnica de espacialização da chuva

Após a sistematização dos valores resultantes da Estatística Descritiva e das respectivas modelagens matemáticas, os mesmo foram incluídos no ambiente do programa computacional *Excel* pertencente à Microsoft® 2007.

No entanto, em se tratando de análise geográfica, faz-se necessário localizar o fenômeno que se está estudando. Assim, por meio do *software* Surfer 8.0, da Golden Software, foram inseridas as respectivas coordenadas geográficas, sejam elas a Latitude e Longitude, dos postos pluviométricos, os quais possuem uma terceira variável, seu respectivo atributo, ou seja, um valor quantitativo relacionado ao fenômeno precipitação (Z).

Com isso, após as transformações dos sistemas de coordenadas, de Geográficas (GMS) para *Universal Transversa Mercator* (UTM), os mesmos, juntamente com seus atributos, foi realizada a reticulação, resultando em um arquivo *Grid*. Este arquivo *Grid* foi elaborado com base no método geoestatístico conhecido como *Krigagem* que, de acordo com Landim (2000) é um método que leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas.

Como este método permite uma certa continuidade espacial (FLORES, 2000), ele “preenche” os espaços vazios deixados pelos pontos amostrais. Com isso, foi possível a geração de isolinhas pluviométricas, mais conhecidas como isoietas, que de acordo com o IBGE (2004, p. 186) é uma “linha que em um mapa une todos os pontos da superfície terrestre que apresentam a mesma precipitação pluvial”. Do mesmo modo, foram elaboradas as isolinhas referentes à erosividade, conhecidas como isoerodentes.

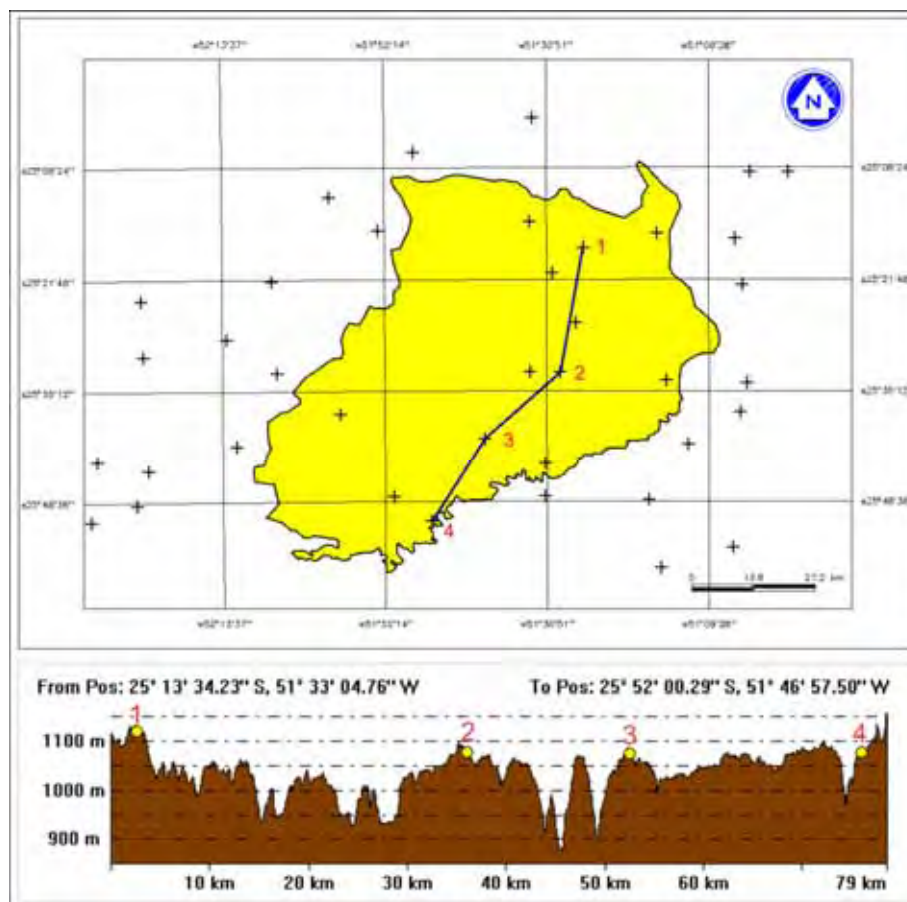
## **2.6 Critérios utilizados na elaboração do transecto para a caracterização chuva com vistas ao estudo da erosão**

O transecto (Figura 14), na próxima página, pode ser entendido como uma faixa ou linha amostral de uma variável com dimensões variáveis a serem eleitos de acordo com os objetivos da pesquisa assim como pelo objeto a ser estudado. O uso de transectos é extremamente útil em pesquisas que visem caracterizar perfis longitudinais, transversais, enfim, os mais variados lineamentos geométricos.

Além disso, o transecto aparece como uma importante ferramenta no estudo de variabilidade, dispersão, estágios etc. Portanto, o transecto aparece como uma importante técnica nas análises espaciais.

Caso o objetivo da pesquisa seja apenas comparar valores quantitativos de uma variável, por exemplo, a precipitação pluviométrica de uma área, então o transecto deve ser elaborado conectando os pontos escolhidos aleatoriamente. No entanto, se o objetivo da investigação seja caracterizar a variável, neste caso a pluviosidade, no tempo e no espaço, conjugada com outros fenômenos geográficos, então, o princípio da localização é chamado a nos orientar.

Tal condição nos trás alguns problemas a serem resolvidos, como aquele referente ao “peso” de cada variável na construção do lineamento. Dessa maneira, aqui, levaram-se em consideração na confecção do transecto, dado os objetivos deste estudo, as características geomorfológicas (por meio das unidades geomorfológicas), o grau de degradação de terras e o arranjo dos compartimentos altimétricos.



**Figura 14. Transecto Norte-Sul (N-S) na bacia do rio Jordão-PR.**

No total da bacia, tem-se dois postos localizados na área com forte degradação ao passo que se tem onze postos sob fraca degradação e duas estações sob média degradação das terras. A forte degradação de terras corresponde a 26,4% da área da bacia ao passo que degradação de médio impacto responde a 16,5% e a de fraca degradação são de 57,1% da unidade hidrológica. Devido a orientação do lineamento, tem-se 4 postos, sendo que 2 deles representam fraca degradação (Tabela 3). A utilização destes justifica-se pelo fato de, além de propiciar uma boa abrangência espacial do traçado, também estarem localizados ora na entrada ora na saída da bacia, onde se encontram importantes divisores de águas, além de estarem sob domínios geomorfológicos distintos.

**Tabela 3. Características físico-naturais do transecto.**

Transecto N-S			
Posto	Degradação de terras	Geomorfologia	Compartimento do relevo
7	Fraca	Planalto de Pitanga/Ivaiporã	Superfície IV
16	Forte	Planalto de Palmas/Guarapuava	Superfície V
26	Média	Planalto de Palmas/Guarapuava	Superfície IV
33	Fraca	Planalto de Palmas/Guarapuava	Superfície II

Org. AMARAL, A. A do (2011).

Conforme se pode observar na Tabela 3, acima, os compartimentos geomorfológicos que mais agregam postos no transecto é o de Palmas/Guarapuava juntamente com o planalto de Pitanga/Ivaiporã. Assim, relacionando número de postos, sua distribuição e a área que a unidade geomorfológica (Palmas/Guarapuava) compreende na unidade hidrológica (Figura 5), o resultado foi uma maior participação deste compartimento na configuração do traçado (Tabela 4).

**Tabela 4. Abrangência espacial e número de postos por unidade geomorfológica.**

Compartimento geomorfológico	Área (km <sup>2</sup> )	%	nº de postos
Palmas/Guarapuava	1164,8	54,6	7
Pitanga/Ivaiporã	2931,2	20,2	7
Foz do Areia/Ribeirão Claro	1082,5	21,7	2
Alto/Médio Piquiri	192,5	3,6	0

Org. AMARAL, A. A do (2011).

Conforme a proposta de classificação de superfícies de aplainamento decorrente da elaboração teórica de Penck (1924), Wayland (1933) e Büdel (1957) apud Paisani (2008), as superfícies de aplainamento são resultado do processo de elaboração das formas de relevo que datam de milhares até alguns milhões de anos passados. O pesquisador é quem estima baseado na realidade empírica, quais são os limiares que melhor poderão demonstrar a configuração espacial destas paleosuperfícies. Assim, por meio de testes, baseado na proposta de Paisani (et al. 2007) chegou-se à conclusão que os limiares seriam de 100 metros para a área de estudo.

Na montagem do transecto seguiu-se a lógica de perpassar por diferentes compartimentos altimétricos, com o pressuposto que estes também podem ser responsáveis pela variabilidade da precipitação além de indicarem uma relação direta com a degradação do solo, principalmente nos patamares extensos, com áreas de forte degradação da terra. Além disso, pode-se perceber que o compartimento I (um) não é arcabouço para nenhum posto, não sendo possível sua representação por meio desta técnica.

## **2.7 Painéis espaço-temporais de chuva**

Com o objetivo de representar a pluviometria de um modo distinto, e tendo em vista a construção dos transectos, foi elaborado, por meio do *software* Surfer 8.0 painéis espaço-temporais de precipitação. Como o próprio nome já indica, este tipo de representação demonstra, através de uma ordenação contínua, no espaço e no tempo, como ocorreu à variação do fenômeno nestas duas dimensões.

## **2.8 Modelo de estimativa da erosividade em Climatologia Geográfica**

Tanto em Geografia, Climatologia, Meteorologia, Geologia, dentre muitas outras ciências que estudam a natureza e utilizam de modelos para o conhecimento dos fenômenos associados, os dados de que se dispõe são adquiridos, ordenados, classificados, padronizados e analisados de acordo com uma concepção teórica específica. Sem a filiação a um sistema teórico-conceitual coerente não ocorre significativo/pertinente avanço no conhecimento dito científico.

Deste modo, ao escolher qual o melhor modelo a ser empregado em determinado estudo, cabe, antes, avaliar se o mesmo está de acordo com os pressupostos teóricos ao qual está engajada a investigação. O presente estudo está alicerçado, como comentado anteriormente, na elaboração teórico-conceitual da Climatologia Geográfica que, por sua vez nos leva a concepção de ritmo climático.

No que concerne ao estudo da erosividade e da aplicação do modelo que permita a estimativa da mesma e, considerando o ritmo climático, se faz necessário o conhecimento da dinâmica processual, pelo viés da análise rítmica, de qualquer elemento ou fenômeno da atmosfera, ou dos mesmos vistos em conjunto, é necessário a visualização dos mesmos, no mínimo em escala de tempo diário.

Neste sentido, ao investigar a relação entre chuva e erosão, aqui dada pela erosividade, o encadeamento processual do conjunto da análise deve ser vista no nível diário, uma vez que aqui será avaliada a dinâmica desta relação em anos tidos como padrão (seco, habitual e chuvoso), e, isto reitera algumas implicações na escolha e uso do modelo. Para tanto, na escolha do modelo e o emprego da modelagem que melhor corresponda aos anseios da pesquisa concordamos com Brunet (2001, p. 8) que nos diz que:

Modelling is a research procedure. As such it requires exacting standards and rules of usage. Modelling in geography begins with two inevitable and related questions : "where are we ?" and "what is likely to be at stake ?". Guided by these questions, we try a few keys, i.e. models to be adjusted to configurations of reality.

Deste modo, deve-se considerar o modelo de estudo da erosividade que dá conta da realidade climática em questão, ou seja, em ambiente subtropical e com regime de precipitação compatível ou mais próximo possível do nosso recorte espacial de estudo.

Conforme Skilling (1964) apud Hagget e Chorley (1972, p. 3) o modelo pode ser pensado como “uma teoria, uma lei, uma hipótese ou uma idéia estruturada. Pode ser uma função, uma relação ou uma equação”. Ainda, de acordo com os mesmos autores, o modelo é:

[...] uma estruturação simplificada da realidade que apresenta supostamente as características ou relações de forma generalizada. Os modelos são aproximações altamente subjetivas no sentido de não incluírem todas as observações e medições associadas mas, como tais, são valiosos em ocultar detalhes secundários e permitir o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade (HAGGET e CHORLEY, 1972 p. 4).

A palavra modelo possui muitas acepções e, de um modo geral pode ser reconhecido como “qualquer representação simplificada da realidade” (HAGGET e CHORLEY, 1976 apud CHRISTOFOLETTI, A, 1997, p.8). Ainda, de acordo com

Hagget e Chorley (1967, 1975) “modelo é uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes”.

Devido à temática, aqui o enfoque será dado ao modelo matemático baseado no mundo empírico e estruturado conforme relações estatísticas. Nestes, as técnicas estatísticas consideram especialmente as regressões entre as variáveis para produzir um sistema do qual poderá resultar a direção e a intensidade da causalidade entre as variáveis envolvidas.

No estudo do processo erosivo é costumeiro o uso de modelos que considerem ora o processo de desagregação, transporte e deposição de material em uma dinâmica que, por sua vez, estão diretamente relacionados à capacidade (energia) da precipitação pluviométrica e do escoamento em desagregar e transportar o solo através das vertentes ou canal fluvial.

A erosão do solo é um fenômeno natural que faz parte da dinâmica física do planeta Terra. Os estudos relativos a este fenômeno podem ser justificados de inúmeras maneiras, no entanto, a nosso ver, duas dentre elas se destacam, sejam elas: a procura pelo conhecimento do mecanismo processual que envolve sua dinâmica e a procura pela resolução de problemas ambientais (e todas as implicações envolvidas) inerentes a este fenômeno.

De acordo com Barreto (et. al. 2008) os estudos relativos à erosão acelerada e predição de erosão, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país, tem forte influência das investigações realizadas nos Estados Unidos da América (EUA), por meio da Universidade de Perdue. É desta origem o modelo de predição de erosão tradicionalmente mais aplicado no Brasil, a Universal Soil Loss Equation (USLE). De acordo com Barreto (2008, p. 2448) “o padrão mais replicado nesta linha foi um tipo de pesquisa voltada à estimação do fator R do modelo USLE com base em séries históricas de estações meteorológicas”.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) já no início do século XX, nos EUA, iniciou-se a tentativa de entendimento, por meio de um modelo de perda de solo, que é a consequência direta da erosão, os estudos experimentais sobre o processo erosivo.

É neste contexto que Wischmeier e Smith (1958), através de uma revisão conceitual e fatorial adicionaram os elementos faltantes nos modelos anteriores, o que culminou na hoje celebrada, ao menos no Brasil, Equação Universal de Perdas do Solo (EUPS - Terminologia usada no Brasil) que é representada pela expressão:  $A = R.K.L.S.C.P$ , onde, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 250):

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/há);  
 R= fator chuva: índice de erosão pela chuva, (MJ/há.mm/há);  
 K= fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m, t/há/ (MJ/há.mm/há);  
 L= fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grau de declive;  
 S= fator grau de declive: relação de perdas do solo entre um comprimento de declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;  
 C= fator uso e manejo: relação entre perdas de solo de um determinado cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um tamanho mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado;  
 P= fator prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

Hudson (1971) e Wischmeier & Smith (1958) descrevem a erosividade como fenômeno resultante da interação entre a energia cinética da chuva e as partículas da superfície do solo. Assim, podemos qualificar a Equação Universal de perda do Solo (EUPS) de Wischmeier e Smith (1978), como um modelo que considera a desagregação do solo.

De acordo com Wischmeier e Smith (1958) apud Bertoni e Lombardi Neto (1999) o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos de chuva é a melhor relação a ser feita para o estudo das seguintes fases da erosão hídrica: impacto das gotas da chuva, desagregação do solo, turbulência do fluxo e transporte das partículas.

No modelo EUPS o fator R (erosividade), representa a *capacidade da chuva em causar erosão* (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999; HUDSON, 1971), constituindo-se na entrada de energia capaz de iniciar o processo de desagregação. Este modelo, por sua vez, é considerado um modelo empírico-estatístico, pois,

baseado em controle experimental, relaciona estatisticamente as variáveis que interferem na erosão hídrica.

Estudos demonstraram que, quando os outros fatores da EUPS são mantidos constantes, as perdas do solo se tornam dependentes do fator chuva (R) por meio de sua energia cinética e intensidade em trinta minutos (WISHMEYER e SMITH, 1958 apud BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

O produto da energia cinética pela intensidade da chuva em trinta minutos (EI30) teoricamente tem a pretensão de representar como a iteração que mensura o impacto da gota de chuva, o efeito “*splash*” e a turbulência de fluxo se combinam com o transporte de sedimentos durante o processo erosivo. Este índice, como comentado anteriormente, é o mais utilizado no estudo da erosividade no Brasil. No entanto, para o uso deste modelo na área de estudo, é necessário atentar para algumas limitações, que são de ordem espacial, técnico-instrumental e temporal.

A primeira refere-se à escala espacial, pois este modelo foi desenvolvido para ser aplicado na escala da Gleba e/ou parcelas, sendo que sua aplicação a escalas superiores se torna generalizada. O segundo problema refere-se à necessidade de dados de pluviógrafos. Na bacia, têm-se apenas dois postos que contemplam tal equipamento e, nenhum deles nos disponibilizou tal informação.

O terceiro problema é de ordem temporal, pois, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) necessita-se de, no mínimo, 22 anos de dados registrados em pluviógrafo, informação que não temos para a bacia do rio Jordão, ao menos não disponível para nosso acesso, lamentavelmente!

Como alternativa, podemos utilizar das equações desenvolvidas em outro estudo para a análise da erosividade. Avaliemos este cenário iniciando pela assertiva de Demeritt & Wainwright (2005, p. 212):

Two implications follow from the practice of model parameterization and optimization. First, the calibration of parameter values creates logical problems of circularity in model validation and may result in the model getting the 'right' answer (in the sense of matching observations) but for the wrong reason (i.e. physically unrealistic parameter values). Second, precisely because they have been tuned to one particular time and place, empiric-statistical models often perform very poorly and generalized e used to make predictions

about *other* places or times in which the associations among variables and parameters may be very different (DEMERRITT & WAINWRIGHT, 2005, p. 212).

Destarte a questão de parametrização, da calibração e otimização do modelo que, por sua vez, dependem da concordância entre os dados empíricos e aqueles calculados, a questão do tempo e lugar (*time and place*) é de soberana importância neste estudo, pois são estas variáveis que servem de critério para o ordenamento dos fenômenos geográficos.

Em estudo sobre o potencial erosivo das chuvas no Estado do Paraná, Rufino (et. al, 1993), determinaram uma equação linear pela correlação entre a média do coeficiente de chuva, proposta de Fournier (1960) dada pela expressão  $Rc = \frac{p^2}{P}$  onde  $Rc =$  Coeficiente de Chuva,  $p =$  precipitação média mensal e  $P =$  precipitação média anual e o  $EI30$  (energia cinética da chuva em 30 minutos).

Assim, utilizando a metodologia destes autores, juntamente com os procedimentos de Cabeda (1976) Rufino (et. al, 1993), calcularam, por eventos pluviométricos individuais, os eventos erosivos e os consequentes índices de erosão pela expressão:

$$EI30 = [28,14 + (10,800 + 7,896 \text{ } 1g \text{ } I30)P]. I30 .10^{-3}$$

Este modelo de avaliação do índice de erosão foi desenvolvido por Castro Filho (et. al, 1982). Ainda, aplicaram o *Coeficiente de chuva* de Fournier (1960) nos postos monitorados por pluviômetros. Assim, através das médias mensais de  $EI30$  e  $Rc$  obteve-se, para cada posto assistido, uma equação do tipo:

$$Y = a + bx$$

onde  $Y =$  Índice de erosão da chuva ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );  $a$  e  $b$  são coeficientes linear e angular. Além disso, aplicaram o que pode ser definido como Densidade de Fluxo de Energia, conforme proposta de Weast (1976) na qual a potencialidade de energia é estimada pela expressão  $R/P$  onde  $R =$  fator erosividade médio anual ( $\text{MJ mm há}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e  $P =$  Pluviosidade média anual (mm). Logo  $R/P$  passou a ter a unidade de medida  $\text{MJ há}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , ou seja, uma densidade média anual de fluxo de energia, ou seja, energia cinética média que anualmente incide por hectare, em cronologia horária.

Assim, para a região de Guarapuava, onde se localiza o posto que contém as informações do pluviógrafo necessárias ao conhecimento do fator R, os autores chegaram a seguinte equação linear:

$$EI30 = 15,78 \left( \frac{p^2}{P} \right) 0,87$$

onde p= precipitação média mensal e P= precipitação média anual.

O problema é que, estes estudiosos utilizaram apenas quinze anos de dados para chegar a tais valores (os anos não são especificados). Por motivos que não se sabe quais são, os mesmos dados utilizados por estes pesquisadores não estão disponíveis.

Dada a situação, assim como fez Boin (2000), dentre outros pesquisadores, será adotada uma equação pré-estabelecida para a estimativa da erosividade. Para a nossa área de estudo tem-se o estudo de Waltrick (2006). Este pesquisador, por meio do estudo da erosividade no Estado do Paraná no período 1986-2008, determinou, através de análise de regressão, equações lineares, assim como Rufino (1983) para 8 regiões do Estado.

Assim, dentro dos limites da bacia, tem-se a equação referente à estação Guarapuava<sup>6</sup> resultante de modelagem empírico-estatística expresso da seguinte maneira:

$$Y = 93,29 + 41,20x$$

A segunda proposição de modelo norteia-se no posto Pinhão, que é expresso pela equação:

$$Y = 107,52 + 46,89x$$

onde x corresponde ao *Coefficiente de Chuva*, conforme comentado anteriormente.

Este modelo pode ser aplicado somente com o coeficiente de chuva (x) em cada posto que compreende a área de estudo. No entanto, neste caso, aqui se alcançaria apenas a estimativa média da erosividade, o que não supre os objetivos deste trabalho, posto que, mais importante do que conhecer a erosividade média, a

---

<sup>6</sup> . Antiga estação Colégio Agrícola de código 02551010 pertencente ao IAPAR.

nós importa conhecer o potencial erosivo da chuva no nível diário, em anos padrão, ou seja, em unidade de tempo real, conforme os princípios da Climatologia Geográfica.

Assim, aqui, foi realizado, visto o contexto, a alteração do método para a estimativa da erosividade com vistas ao estudo geográfico da erosividade, uma vez que, a concepção de tempo no estudo do clima em geografia se filia a dinâmica real dos fenômenos e não em médias, como propõe o modelo desenvolvido por Rufino (et. al, 1983), Bertoni e Lombardi Neto (1990), Waltrick (2006), dentre outros.

Dentre as possibilidades de estimativa da erosividade e, dado o contexto, modificamos o modelo de Waltrick (2006). Baseado em equação linear, como não optamos pela erosividade média, preferimos substituir os **parâmetros médios** da proposta de Fournier (1960), ou seja, o Coeficiente de Chuva ( $R_c$ ), por **parâmetros absolutos** e, portanto, reais, de onde temos a seguinte formulação:

$$Y = a + b (x)$$

onde  $Y$ =Erosividade;  $a$ =coeficiente linear;  $b$ =coeficiente angular e  $x = R_c$ , onde  $R_c$  passa a ser expresso por:

$$R_c = \frac{p^2}{P}$$

onde  $p^2$  = precipitação total mensal e  $P$  = precipitação total anual. Assim, passamos a trabalhar com valores absolutos, o que nos possibilita realizar a análise em consonância com a realidade climática.

Como pode ser visto a estratégia de modificação do modelo dá conta apenas parcialmente da análise aqui proclamada, uma vez que permite a visualização do potencial erosivo da chuva apenas em nível mensal, sazonal e anual, não nos vinculando ao nível diário.

Para isto, assim como o fez Boin (2000), será utilizado à *intensidade* da chuva em 60 minutos. É através desta relação, seja ela quantidade/tempo, que será avaliada a dinâmica dos tipos de tempo responsáveis pelo impacto erosivo da chuva no solo. Neste sentido, foram considerados apenas os eventos de chuva acima de 10mm/h,

sendo este limiar, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1999) aquele capaz de causar erosão no solo.

## 2.9 Estimativa do Balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico climatológico é uma das maneiras pelas quais se determinam a capacidade de água disponível no solo, sendo, portanto, de capital importância na avaliação do processo erosivo.

Para fins da análise do balanço hídrico climatológico e da capacidade de água disponível no solo (CAD), adotou-se o método de Thornthwaite (1948) posteriormente modificado por Thornthwaite & Mather (1955)<sup>7</sup> e utilizado por Rolim (1998), considerando a Capacidade de Água Disponível no Solo (CAD) de 100mm. A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi calculada conforme o método de Thornthwaite (1948)<sup>8</sup> sendo que os dados de temperatura e precipitação referem-se aos valores absolutos diários aplicados aos três anos padrão. Deste modo, foram calculados a Evapotranspiração Real (ETR), o Armazenamento de Água no Solo (ARM), a Deficiência Hídrica (DEF), o Excedente Hídrico (EXC), a Retirada de Água do Solo (RET) e a Reposição de Água no Solo (REP).

## 2.10 Documentação cartográfica e utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Quando nos deparamos com a possibilidade de visualizar melhor, em escala cada vez menor e em um período temporal quase incipiente, conseguiu-se vislumbrar com mais clareza e objetividade as relações atuais existentes entre a

---

<sup>7</sup> . THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

<sup>8</sup> . THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, p.55-94, 1948.

dinâmica natural e humana no planeta Terra. Este mérito se deve, em grande parte, a revolução tecnológica que permitiu o avanço e consolidação do que hoje é conhecido como Geotecnologias, que alia Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Daí decorre à importância do uso de Geotecnologias em estudos ambientais, uma vez que as possibilidades de análises resultantes da integração entre Sensoriamento Remoto (que possibilita a observação da sucessão de estágios da paisagem) e o Sistema de Informação Geográfica (que possibilita o gerenciamento de todas as informações inerentes ao primeiro) foram otimizadas.

Graças a este tipo de ferramenta foi possível avaliar algumas das características ambientais na bacia do rio Jordão. Para isto, utilizamos de dados do Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia do Estado do Paraná (ITCG), primordialmente produtos de análises ambientais além das cartas topográficas MIR512 na escala 1:250.000 e MI2822, MI2836, MI2837, MI2838, MI2852 e MI2853 na escala 1:100.000, além de mapeamentos sistemáticos na escala de 1:250.000.

Inicialmente, foi realizada a delimitação da bacia. Tal procedimento seguiu a lógica de extração de tal limite por meio de uma imagem do satélite *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) pertencente à *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dos EUA. Os arquivos foram adquiridos junto ao Projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Como as imagens SRTM constituem um excelente Modelo Digital de Elevação (MDE), elas foram usadas no estudo, principalmente, na análise das formas do relevo da bacia, em particular dos compartimentos do relevo, como na geração da carta de hipsometria da unidade hidrológica (Figura 5).

Observando tais arranjos do relevo surgiu a idéia de usar como estratégia as Superfícies de Aplainamento, identificados pela imagem SRTM, em conformidade com os estudos de Paisani et. al (2007), porém com objetivos distintos. Se o objetivo daqueles era o de identificar as paleosuperfícies pelas características altimétricas do terreno, o nosso é utilizar de um fator muito importante na variabilidade e comportamento do clima regional, aqui em particular do fenômeno pluvial, seja ele a morfologia do relevo.

Os principais produtos de análises ambientais foram trabalhados no *software Spring* versão 5.1.7. Inicialmente, cartas do Instituto de Terras, Cartografia e Geodèsia (ITCG) foram devidamente georreferenciados. Para isto, na composição da imagem foi utilizado do módulo *Impima* versão 5.1.7 que compõe o Spring. Este módulo é responsável pelo Processamento Digital de Imagens (PDI, composição das bandas etc) e pelo georreferenciamento da área de estudo.

Após o PDI, que resultou em três bandas, sejam elas a *Red*, *Green* e *Blue* (RGB) estes arquivos foram importados para o ambiente Spring. Neste ambiente foram, através de edição vetorial, elaboradas cartas temáticas para a bacia do rio Jordão-PR.

Também foi utilizado o *software* Global Mapper 8.0, que além de gerar perfis longitudinais do relevo também foi muito útil na transformação e conversão de extensões inerentes ao banco de dados do estudo.

## **2.11 Material utilizado na identificação dos tipos de tempo**

Na identificação dos tipos de tempo atuantes na área de estudo foram utilizadas cartas sinóticas de superfície fornecida pela Marinha do Brasil referentes às 12:00h UTC para os meses de abril e dezembro. Além disso, foram utilizados, além dos dados meteorológicos de superfície, imagens do Satélite meteorológico GOES 12 nos horários das 12:00 e 18:00h UTC, fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).












#### 4 COMPORTAMENTO DAS CHUVAS NO TEMPO E NO ESPAÇO

Baseado na análise do anexo 1, determinou-se o período de análise histórica da chuva na bacia do rio Jordão. O período eleito compreende o lastro 1977-2007, pois, este período foi o que melhor apresentou qualidade nos dados e maior número de postos na bacia com boa qualidade nos dados conforme metodologia proposta no subitem 2.4.

##### 4.1 Comportamento anual

Na Tabela 5 está representada e ordenada a distribuição das classes de pluviometria determinados para o período 1977-2007 para os 35 postos que compõem a região que integra a bacia. As classes de pluviometria são resultado da aplicação amostral proposta por Sturges que foi descrita no capítulo anterior.

**Tabela 5. Classes e classificação da pluviometria anual na região de estudo para o período 1977-2007.**

Classes	Intervalos (mm)	Padrão	Cor
1	930.2 - 1225.3	Seco	
2	1225.4 - 1520.5		
3	1520.6 - 1815.7	Habitual	
4	1815.8 - 2110.9		
5	2111 - 2406.1	Chuvoso	
6	2406.2 - 2701.3		
7	2701.4 - 2996.5		
8	2996.6 - 3291.7		
9	3291.8 - 3587		
10	3587.1 - 3882.2		
11	3882.3 - 4177.4		

Org. AMARAL, A. A do (2012) e ZAVATTINI, J. A (2012).

Com base nas respectivas classes, tomados aqui como padrões, pudemos visualizar no tempo e no espaço quais foram os anos que tiveram ora déficits de chuva, ou seja, **seco**, excedente de chuva, neste caso **chuvoso** ou tido como **habitual**, o mais. Isto, para cada posto e cada ano da série temporal. A visualização

destes anos pode ser observada na Tabela 6 assim como a especialização na Figura 15.

Tabela 6. Comportamento da chuva no tempo e no espaço na bacia do rio Jordão no período 1977-2007.

Posto/ano	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	1959.8	1180.2	1373.8	1741.1	1391.1	1935.4	2132.4	1377.5	1089.5	2163.3	1642.8	1229.4	1741.9	1822.5	1030.4	1796.4	1649.4	1949.9	1747.7	1739.4	2189.4	2357.1	1436.0	1888.5	2330.3	1638.5	1566.5	1772.6	1773.8	1176.7	1531.7
2	1803.2	1422.5	1979.4	2462.8	1719.2	2403.3	2570.3	1880.4	1700.2	1944.4	1880.8	1139.3	1820.0	1446.0	1356.5	1615.1	1524.3	2034.3	1639.8	1507.1	1741.5	2041.8	1167.3	1500.6	1406.2	1756.3	1371.2	1512.7	1984.5	1668.8	1597.2
3	1332.5	1403.2	1754.2	1987.1	1495.9	1924.7	2708.4	1888.7	1105.8	1463.1	1629.5	1209.8	2066.4	1739.1	1177.6	1708.5	1806.4	1407.7	1171.7	1910.1	1778.8	2256.3	1471.5	1742.3	1943.3	1613.4	1502.8	1572.6	1677.7	1190.5	1675.9
4	1307.6	2878.8	1582.0	1767.9	1460.2	1925.9	2621.6	1682.7	1060.1	1422.5	1642.3	1156.1	1852.8	2080.3	1324.8	1917.5	1822.6	1665.7	1491.4	1888.1	1931.4	2324.1	1430.3	1872.1	1910.1	1547.1	1594.5	1590.9	1645.3	1182.7	1588.0
5	1498.1	1378.9	1846.2	2004.6	1394.5	1876.8	2714.8	2046.2	1105.4	1772.7	1738.5	1240.4	2049.4	2382.2	1528.4	2188.8	1207.9	1919.5	2001.5	1978.6	2173.3	2302.5	1530.2	1801.0	1914.8	1616.0	1567.2	1734.1	1338.3	1915.9	1338.3
6	1362.5	1369.2	1775.6	1982.8	1443.2	1857.2	2820.5	2067.8	1417.6	1898.9	1980.3	1422.8	2203.6	2172.6	1673.7	2227.4	1972.5	1843.2	2012.8	2088.1	2306.2	2432.1	1674.0	2197.3	2503.0	1808.0	1447.7	1411.2	1577.9	1137.8	1666.5
7	1487.6	1061.5	1777.1	2066.6	1596.4	2147.5	2724.7	1981.6	1140.0	1668.9	1782.1	1378.4	2087.5	1803.7	1561.1	2276.5	2181.1	1851.1	2148.4	2623.9	2573.5	1332.2	2097.3	2114.6	1551.2	1650.4	1628.3	1790.8	1032.2	1714.0	1714.0
8	1505.7	1309.7	1988.5	2082.8	1823.7	2188.1	2853.4	2113.3	1262.1	1884.6	1740.3	1308.0	2223.0	2179.9	1872.9	2152.0	2152.2	1784.4	2045.6	1807.7	2228.8	1768.6	1984.0	1855.7	1873.5	1701.7	1849.7	1956.1	1428.8	1762.6	1762.6
9	1177.1	890.2	1449.4	1693.7	1611.4	2007.2	2769.0	1834.5	1175.0	1739.7	1872.0	1420.8	1919.0	2339.8	1554.5	2203.7	2007.5	1631.6	1872.4	1433.2	1954.6	2203.2	1688.6	2148.4	2130.2	1966.8	1973.0	1841.0	1977.7	1316.6	1706.5
10	1525.6	1263.7	1894.9	1888.7	1647.6	2162.5	2723.0	1995.1	1255.7	1455.2	2003.5	1443.1	1979.6	2218.3	1751.1	2307.9	2080.8	1871.8	1885.2	1952.5	2219.8	2439.0	1443.1	2075.8	2074.6	2089.0	2093.0	1810.2	2021.5	1503.7	1717.2
11	1165.6	1210.6	1635.8	1814.0	1838.5	2358.7	3374.4	1713.7	1437.9	1882.1	2004.3	1319.5	1991.9	2059.5	1408.2	2075.4	2259.8	2140.6	1668.2	1904.1	2257.9	2568.6	1905.2	2047.3	2581.9	2174.6	2112.3	1941.4	1983.2	1156.6	1788.1
12	1203.4	1335.8	1707.7	1687.4	1344.0	1861.8	2305.9	1825.4	1284.7	1429.6	1546.2	1130.3	1885.1	2001.3	1139.9	1677.1	1712.2	1600.1	1970.3	2085.6	1938.9	2176.1	1487.4	1940.5	1895.2	1652.9	1861.9	1535.3	1477.6	1448.0	1756.8
13	1306.5	1456.9	1680.4	1864.7	1293.4	1975.3	2516.3	1735.6	1081.0	1549.2	1503.9	1279.9	1288.7	2023.0	1198.2	2261.6	2193.9	1652.6	2085.5	2047.6	2404.3	2880.6	1920.2	1938.2	2097.6	1835.0	1707.1	1567.9	1004.5	1583.8	1583.8
14	1335.1	1278.7	1683.3	1802.2	1461.6	2198.6	2644.4	1991.5	1261.0	1725.7	1840.8	1329.7	2063.8	1980.1	1514.5	2254.8	1933.6	1818.2	1742.7	1900.7	2186.2	2520.1	1714.9	2079.1	2400.5	2158.9	1683.4	1795.1	2065.0	1428.3	1744.1
15	1468.6	297.9	1743.4	1783.9	2153.9	2358.6	3284.8	2090.5	1704.1	1777.9	1818.0	1431.7	1744.7	1805.0	1415.5	1904.3	1926.1	1804.6	1602.6	2131.3	2181.0	2430.4	1554.2	2165.8	2201.3	1983.8	1838.9	1822.7	1952.9	1442.1	1899.4
16	1542.8	1331.6	1796.4	1823.5	1606.3	1957.0	2790.8	1997.5	1180.9	1620.2	1902.3	1172.0	1834.8	1987.4	1269.5	2019.6	2005.6	1515.8	1741.4	1938.6	1935.2	2228.6	1697.2	1831.1	1888.3	1646.6	1482.6	1548.8	1717.8	1126.1	1754.1
17	1473.6	1185.6	1484.4	1886.7	1495.6	2296.3	3094.1	1882.9	1266.6	1971.0	2080.8	1445.9	1879.1	2094.0	1860.3	2014.3	2045.9	1400.5	1870.4	2107.8	2139.3	2732.8	1630.7	2020.9	1988.0	2009.0	1795.6	1718.4	2061.7	1431.7	1645.0
18	1567.7	1330.4	1654.2	1919.8	1571.8	2161.3	2772.1	1981.4	1323.0	1723.9	1887.0	1341.2	1551.2	1983.1	1549.2	2191.3	2165.4	1931.4	1860.1	2177.2	2077.1	2401.4	1478.7	1841.1	1883.4	2018.0	1759.3	1778.7	1901.2	1255.4	1834.9
19	1520.0	1474.0	1915.4	1949.4	1680.5	2173.7	2435.5	2050.9	1416.8	1984.6	2213.2	1539.5	1815.5	1854.6	1539.8	2131.6	1953.9	1897.8	1508.2	2131.5	2110.9	2844.6	1984.7	2219.2	2247.6	2131.7	1476.3	2045.5	1725.0	1611.7	1443.1
20	1633.6	1538.8	1883.3	1717.5	1803.8	2353.7	2975.3	2178.4	1441.2	1604.6	2131.5	1668.9	2073.0	2366.1	2511.1	2443.3	2146.1	2101.4	1815.5	2284.4	2355.5	2891.4	1851.3	2227.2	2130.3	2241.3	1670.5	1719.1	1826.3	1402.2	1467.6
21	1669.7	1466.2	1727.9	1937.8	1559.1	2218.2	4176.3	3276.7	2538.2	1844.2	2040.7	1786.8	1729.1	2354.1	1198.4	2001.9	1720.0	1609.9	1685.5	2101.1	2688.6	3123.1	1996.7	2057.0	2378.3	1807.9	1575.1	1470.1	1673.9	1187.1	1636.0
22	2300.0	1381.0	1381.0	2386.8	2885.5	2020.0	2257.2	2064.1	1169.1	1634.9	1771.6	1310.0	1956.0	2158.0	1410.0	2040.2	1893.0	1747.0	1745.0	2223.0	2124.0	2552.0	1857.7	1866.5	2141.1	1632.8	1439.3	353.2	1426.2	1172.5	1600.0
23	1355.5	1016.1	1936.5	2120.3	1498.5	2154.4	2975.6	1950.6	1717.7	1865.1	1749.5	1431.5	1845.7	2527.5	1359.0	1970.7	2183.4	2110.0	1866.7	2383.3	2439.8	2507.7	1816.5	1930.7	2196.3	1887.5	1659.9	1535.8	1707.8	1246.4	1799.0
24	1559.7	1269.5	1988.3	1934.5	1673.5	2324.2	3347.6	1818.2	1270.8	1689.1	1967.9	1493.4	2118.2	2372.0	1738.4	2317.1	2271.3	1763.2	1891.8	2110.9	2386.1	2678.8	1886.1	2236.1	2424.0	2098.4	1800.9	187.8	2090.2	1557.9	2120.8
25	1720.0	1613.5	2075.1	2243.7	2367.8	2636.0	3408.3	2184.9	1439.4	2021.0	2577.2	1881.7	2709.3	2656.0	1910.6	2686.3	2314.9	2241.2	2215.7	2377.1	2566.6	2917.7	1792.1	2062.3	2469.3	2065.7	1902.8	1966.8	2380.4	1239.9	2167.7
26	1812.5	1263.7	1788.2	1643.0	1455.0	2951.4	3614.5	2077.1	1408.4	1887.1	1985.2	1906.9	2016.2	2375.9	1231.3	2172.3	1989.2	1772.1	1908.9	1989.1	1155.1	2397.6	1679.8	1631.9	2219.1	1807.6	1669.8	1520.5	2158.7	1165.1	1683.1
27	1462.4	1050.3	1432.7	1247.1	1799.2	2143.8	2847.4	1944.2	1133.3	1858.9	2064.1	1659.5	2303.2	2354.0	1582.6	2184.2	1930.0	1477.4	1443.6	1629.0	2079.8	2503.4	1595.5	1828.4	1916.7	2133.7	1745.5	1790.0	1946.8	1371.2	1578.8
28	1627.7	1576.5	1894.4	2142.1	1869.3	2609.3	3806.1	2196.4	1321.2	2039.9	2063.6	1596.7	1994.8	2633.1	1748.4	2435.4	2444.9	2202.3	1865.2	2335.4	2536.5	3216.5	1775.8	2359.3	2270.1	2242.4	1826.9	1797.0	2067.0	1372.7	1702.5
29	1673.4	1418.1	2226.3	1817.5	1783.8	2275.8	3003.3	2359.3	1428.7	1812.5	2036.7	1373.2	2073.9	2436.6	1684.1	2388.6	2057.1	2026.8	1886.3	2165.7	2445.0	2901.9	1764.9	2212.0	1940.7	2163.8	1806.7	1736.7	1902.0	1416.6	1756.9
30	1569.7	1277.4	1780.9	1577.3	1731.3	1971.0	2680.4	2188.7	1250.3	1827.2	1930.6	1300.2	1916.7	2233.0	1520.2	2091.4	2180.3	2068.6	2073.6	2234.0	2205.0	2801.5	1633.3	2171.3	1942.2	2249.2	1934.0	1793.0	1821.0	1504.2	1627.0
31	1504.2	1108.0	1575.1	2015.8	1590.3	2212.2	2854.5	1947.3	1217.2	1579.0	1723.1	1198.2	1635.3	2143.2	1250.1	1839.0	1840.1	1665.7	1730.4	2170.4	2220.5	2386.9	1725.3	1833.3	1916.2	1695.2	1557.7	1206.9	1455.1	1025.2	1328.4
32	1468.9	1244.8	1892.6	1892.8	1679.1	1996.5	2781.7	1800.5	1081.5	1831.5	1847.6	1506.1	1646.0	2589.9	1361.6	2005.0	1955.6	1659.8	1747.1	2320.7	2245.4	2679.9	1814.4	1777.9	2296.3	1952.3	1794.3	1522.3	1760.6	1310.2	1735.9
33	1786.0	1448.6	1215.6	2219.4	1858.6	2381.2	3325.1	1968.1	1248.8	1883.8	1986.1	1606.7	2214.9	2518.6	1558.8	2085.5	1861.2	1918.5	1786.7	2449.1	2384.9	2590.1	1956.9	2493.8	2666.2	1980.7	1708.9	1859.2	2089.7	1691.1	2197.1
34	1670.7	1211.2	2025.6	1722.8	1618.5	1850.4	3073.4	2438.9	1123.3	1610.1	1733.8	1322.5	2544.2	2427.3	1751.9	2284.7	2136.8	2022.6	1647.1	1915.1	2378.6	2314.9	1490.6	2021.7	18						

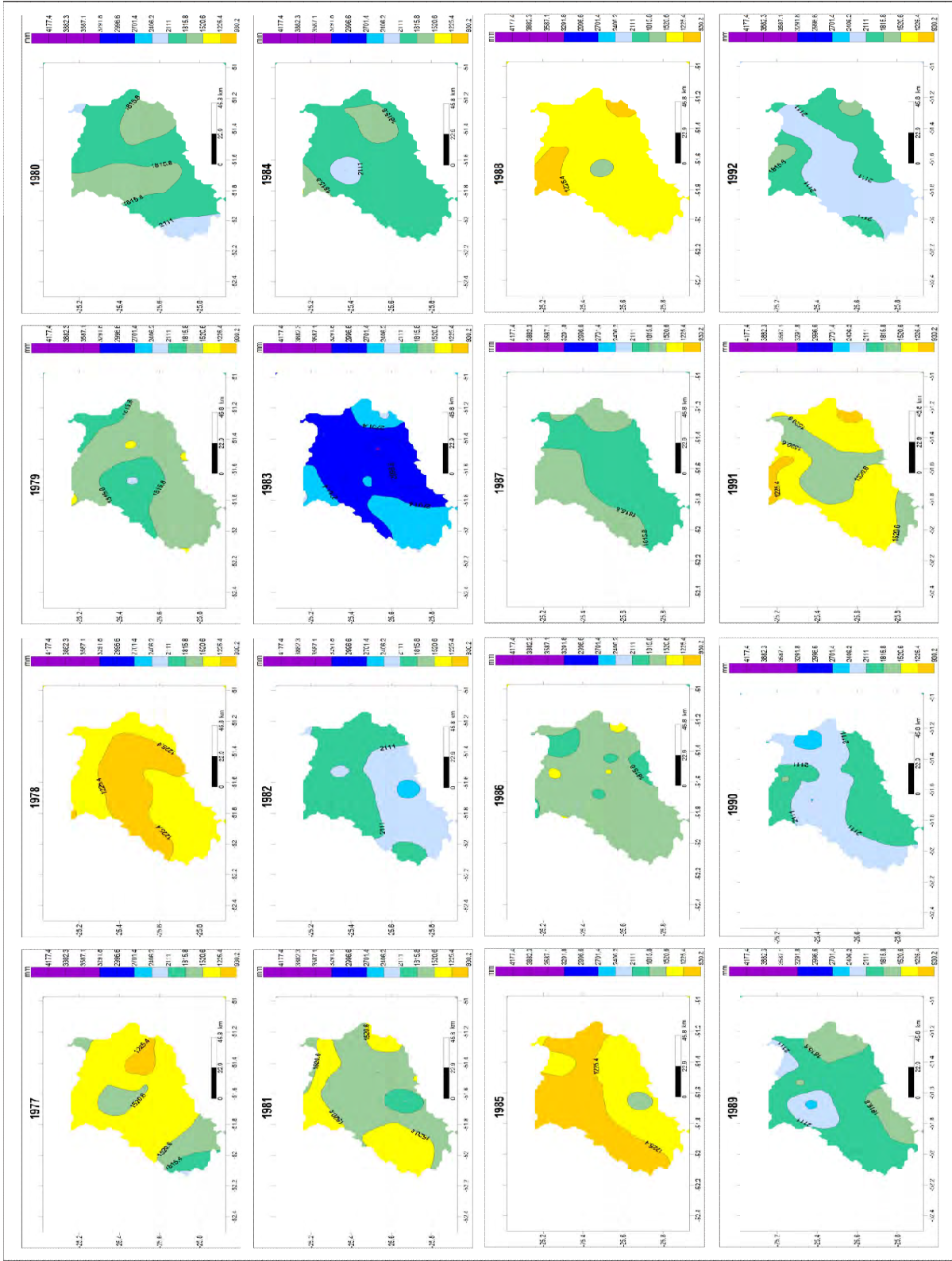
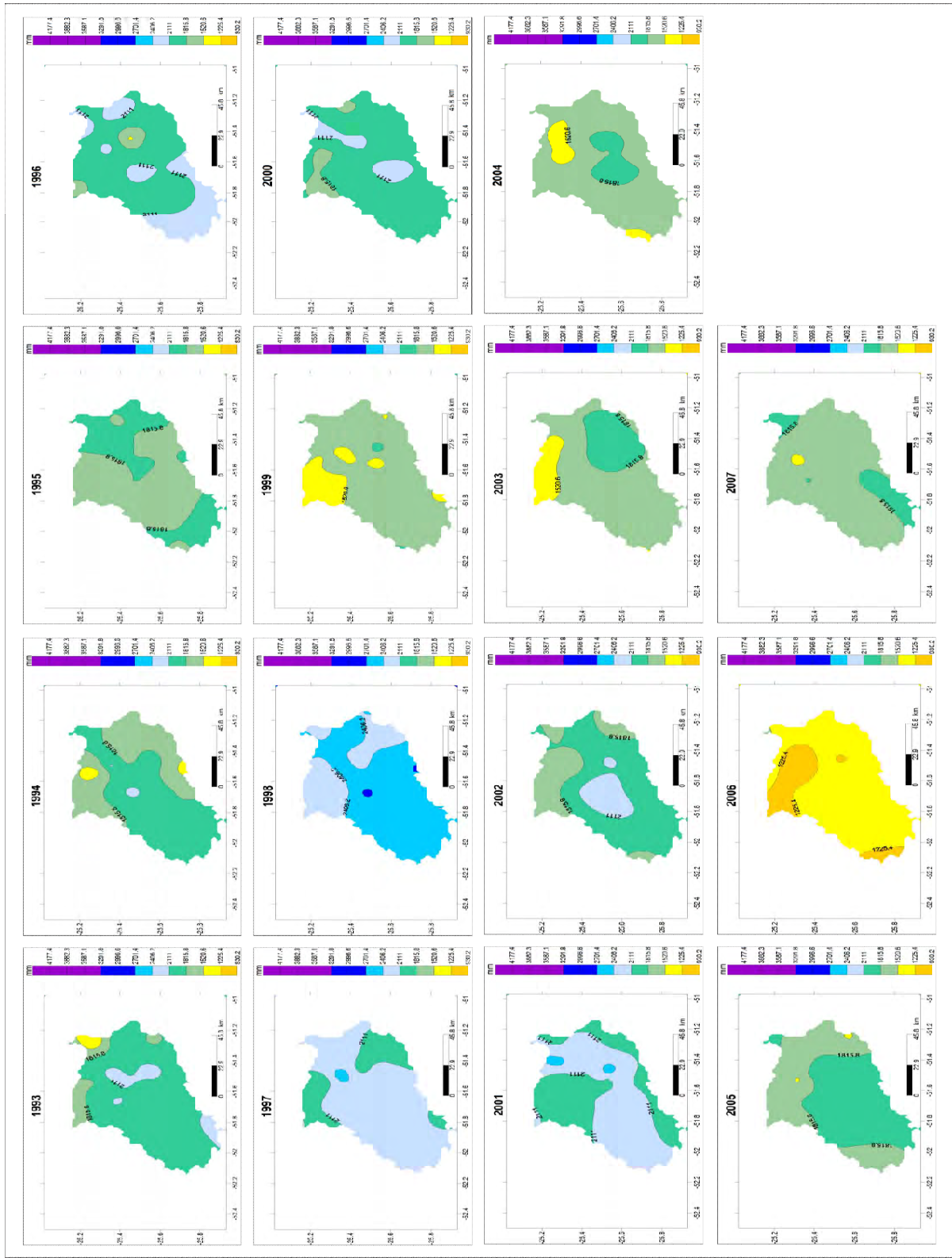


Figura 15. Variabilidade pluviométrica na bacia do rio Jordão (1977-2007).

Continuação...



#### 4.1.1 Anos secos

Como observado na Figura 15, os anos com menores valores pluviométricos na bacia do rio Jordão foram 1977, 1978, 1985, 1988 e 2006. No ano de 1985, o mais seco, com exceção de uma pequena área no divisor de águas Norte, toda a parte setentrional da unidade remeteu a classe (930,2-1225,3mm) ao passo que a zona meridional se enquadrou nos limites de 1225,4-1520,5mm.

No ano de 1978, o segundo ano mais seco, o patamar de chuva entre 930,2 e 1225,3mm tem um ganho latitudinal e expansão longitudinal, se concentrando na zona central da bacia.

O ano de 1988 é marcado pela predominância de chuvas entre 1225,4-1520,5mm, verificou-se os maiores valores na região central e os menores valores (930,2-1225,3mm) nas regiões NO e Leste da bacia hidrográfica.

Neste mesmo ano, observa-se, na região Leste a manifestação de chuvas entre 930,2 e 1225,3mm. E, por fim, se estendendo desde a região SO, perpassando pelas classes de chuva na área central, recém comentados, até o Norte da bacia, tem-se a predominância da classe de chuva 1225,4-1520,5mm, que é a classe pluviométrica que responde há este ano.

O ano de 2006 também pode ser classificado como um ano seco na bacia do rio Jordão, mantendo, basicamente, o mesmo arranjo espacial, com a curiosidade de que, a região SO, juntamente com a NO, é que foram as mais secas com 930,2-1225,3mm. No restante da bacia predominou 1225,4-1520,5mm.

Deste modo, observando todos os anos comentados acima, percebe-se que, do ponto de vista espacial, em especial a região N-NO juntamente com a Leste da bacia do rio Jordão são as mais secas. Isto possibilita a afirmação que em anos secos a porção setentrional é mais afeta pelo déficit que a zona meridional.

#### 4.1.2 Anos habituais

Nas classes de chuva *habituais*, como a própria etimologia do termo designa, aqui tratado como conceito por meio do método, é o mais freqüente, que mais se repete na bacia.

Aqui, através da ordenação das classes pluviométricas proposta pela técnica empregada, admite-se duas classes de chuva que comportam este padrão, elas compreendem 1520,6-2110,9mm. Disso decorrem algumas constatações como:

- I. Posteriormente há um ano chuvoso, tem-se ano pluvial no patamar habitual imediatamente inferior, (1815,7-2110,9mm). Este é o caso do ano de 1984, 1982, 1989, 1993 e 1996.
- II. Da mesma maneira, esta característica é marcante em relação aos espaços da bacia que compreendem as classes pluviométricas qualificada como padrão seco, como é o caso dos anos habituais que compreendem 1520,6-1815,7mm. São representativos desta circunstância os anos de 1979 e 1986.
- III. Os anos de 1987 e 1995 não possuem nenhuma conotação com as duas assertivas anteriores. Estes anos apresentaram a característica de se limitar ao padrão habitual de comportamento e distribuição espacial da chuva, e somente a ele. Observa-se que, em ambos os anos, a classe de chuva com valor superior (classe 4), alonga-se do Norte para o Sul, com exceção dos setores Leste, NO e fachada Oeste da área de estudo.
- IV. No ano de 1980 identifica-se 3 classes de chuva com a predominância de valores da classe 4 (1815,8-2110,9mm), intercalando-se com a classe 3 (1520,6-1815,7mm) que compreendeu o setor Centro-Oeste e Leste e o padrão *chuvoso* no setor S-SO e extremo Norte.
- V. No ano de 1981 também verificou-se 3 classes pluviométricas. A maior parte da bacia respondeu a classe 3 (1520,6-1815,7mm). Na área Centro-Sul da área de estudo ocorreu pluviometria na ordem da classe 4 (1815,8-2110,9mm). Além dessas, nas fachadas Norte, Leste e SO verificou-se a classe 2 (1225.4 - 1520.5mm).
- VI. A classe *habitual* (1520,6-1815,7mm) também é o caso dos anos de 1999, 2003, 2004 e 2007. Estes foram acompanhados em pluviometria na bacia ora por setores de menor pluviosidade, como é o caso dos anos de 1999, 2003 e 2004 e por setores de maior pluviosidade, como nos anos de 2003, 2004 e 2007. As áreas de maior pluviosidade sempre a S-SO e região central e as de menores privilegiando o setor N-NO.

- VII. Já a classe *habitual* (1815,8-2110,9mm) foi característica dos anos de 2000, 2002 e 2005. Quando acompanhado do padrão de chuva imediatamente superior (*chuvoso*), esta última marcadamente se organizou na região central da unidade. Quando em contato com padrão de chuva imediatamente inferior, tal mudança quantitativa deu-se, preferencialmente, na faixada N-NO, Leste e uma pequena porção do SO da bacia.

#### 4.1.3 Anos chuvosos

O predomínio da classe de chuva representada por 2111-2406,2mm remete somente ao ano de 1990 na bacia. Neste ano identificou-se 3 classes pluviométricas, sejam elas: 1815,8-2110,9mm nas zonas N-NO; 2111-2406,1mm que possui o domínio espacial se alastrando de NE para SO justamente na calha do rio Jordão e 2406,2-2701,2mm e, por fim, a classe 2701,4-2996,5mm no N-NE.

Além disso, podemos atribuir tal característica, ao ano de 1983. Este ano pluviométrico acolhe três classes de chuva, sejam eles a 2406,2-2701,2mm; 2701,4-2996,5mm e a 2996,7-3291,7mm e foi o ano mais chuvoso na série analisada. Neste ano figura, além dos setores NO e Leste, o SO da bacia como menos chuvosos.

O ano de 1997 pode ser caracterizado como sendo um ano *chuvoso* (classe 5 – 2111 a 2406,2mm). Seu arranjo espacial configurou-se da mesma maneira que na maioria dos casos de domínio de um patamar quantitativo de chuva, ou seja, menores valores a NO e Leste e o padrão dominante seguindo a lógica do vale do rio Jordão, resultante da maneira como se organizam as Superfícies de Aplainamento, ora de Leste para Oeste, ora de NO para SE. Este é o mesmo caso do ano de 2001, com a diferença de que o primeiro foi mais chuvoso que este último.

Classificado como chuvoso também temos o caso do ano de 1998, o segundo ano mais chuvoso na série 1977-2007. O padrão pluviométrico preponderante correspondeu a 2406,2-2701,3mm, sendo que os setores de menor pluviosidade, N-

NO e Leste, se enquadraram nos 2111-2406,1mm. Neste ano, ainda houve um pequeno setor, no centro da área, com chuvas entre 2701,4-2996,4mm.

Verificou-se que os setores NO e Leste são os mais secos da bacia do rio Jordão. Identificou-se que o setor central é o mais chuvoso. Ainda, vê-se a importância da dinâmica atmosférica conjugada com os aspectos geográficos locais, principalmente pelo viés do relevo, na distribuição das chuvas na bacia.

Observa-se um arranjo espacial da precipitação que respeita a orientação da unidade hidrográfica que é de jusante para montante, de SO-NE, mesma direção preferencial da incursão da FPA na região. Assim, as chuvas seguem, em boa parte do território da bacia, o vale do rio Jordão.

#### **4.1.4 Análise temporo-espacial de precipitação: o painel anual de pluviometria**

O painel temporo-espacial incide na representação das chuvas ao longo de determinado período concatenadas com a dimensão espacial. Deste modo, temos em uma só representação a variável tempo e espaço.

Na elaboração do painel (Figura 16) foi considerado, no eixo espacial (X), o transecto N-S, discutido no capítulo anterior, as quais apontam os critérios na construção do lineamento e, no eixo Y a variável tempo que corresponde ao período 1977-2007.

O maior valor encontrado foi de 3347,6mm e o menor foi de 930,2mm. Assim, com uma amplitude de 2417,4mm, e aplicando a técnica de Sturges, chegamos aos seguintes intervalos de classe e frequência de eventos para a padronização das chuvas no transecto (Tabela 7).

**Tabela 7. Classes e padrões pluviométricos no período 1977-2007.**

n°	Classes	Cor	Padrão	F. A Posto 1	F.A. Posto 2	F.A. Posto 3	F.A. Posto 4	Total	%
1	930.2-1198.8	Red	Seco	3	1	0	0	4	12.9
2	1198.9-1467.5	Yellow		4	4	2	2	12	
3	1467.6-1736.2	Green	Habitual	6	7	5	4	22	71.0
4	1736.3-2004.9	Light Green		10	7	10	11	38	
5	2005-2273.6	Dark Green		6	9	7	6	28	
6	2273.7-2542.3	Cyan	Chuvoso	1	1	5	5	12	16.1
7	2542.4-2811	Blue		1	1	1	2	5	
8	2811.1-3079.7	Dark Blue		0	0	0	0	0	
9	3079.8-3348.4	Purple		0	1	1	1	3	

**Org. AMARAL, A. A do (2011).**

O padrão pluviométrico seco corresponde a 12,9% das chuvas. A menor classe de pluviosidade e, portanto, a mais seca é a que compreende 930,2-1198,8mm precipitados. O posto 1 foi o que melhor representou esta característica pluvial (1977, 1978, 1985) seguido pelo posto 2 (1978), conforme pode ser visto na página nº 72.

A classe 2 (1198,9-1467,5mm) também é liderada pelos postos 1 e 2, porém, com anos distintos de manifestação. O posto 1 apresenta estes valores nos anos de 1979, 1988, 1996 e 2006, ao passo que o posto 2 nos anos de 1985, 1988, 1984 e 2006. Os postos 2 e 3 tiveram estes valores apenas nos anos de 1978 e 1985, justamente, conforme visto nas cartas de isoietas, os anos mais secos na bacia do rio Jordão. .

Disso, confirmam-se as verificações e afirmações feitas anteriormente no estudo da pluviosidade pelo viés das isoietas, ou seja, a de que a zona setentrional da bacia é a mais susceptível há anos padrão secos do que a zona meridional, conforme pode ser visto na Figura 16 na página 72.

Passando para o padrão pluviométrico habitual, percebe-se que ele contempla três classes que abarcam o intervalo entre 1467,6 e 2273,6mm. A primeira delas retoma os 1467,6-1736,2mm. Ela pode ser visualizada em entre os anos de 1980 e 1981 no postos 1 e 2, setor norte, 1988 nos postos 1, 2 e 3 e entre 2006 e 2007, no primeiro no setor Sul, no segundo no setor Norte.

A segunda classe do padrão habitual remete a 1736,3-2004,9mm é a mais freqüente no lineamento e, como pode ser percebido, tem no posto 4 a sua maior

representatividade. Sua manifestação é latente nos anos de 1986, 2002, 2003 e 2004.

A terceira classe do padrão habitual (2005-2273,6mm) é mais perceptível no posto 2 sendo marcante no transecto nos anos de 1989, 1992, 2000 e 2001.

O padrão pluviométrico chuvoso corresponde a 16,1% das precipitações no transecto e abrange o patamar dos 2273,7-3348,4mm, subdivididos em 4 classes (tabela acima). Percebe-se que neste padrão de chuva sobressaem-se os postos meridionais do transecto, principalmente na classe que abarca 2273,7-2542,3mm na qual se destacam os postos 3 e 4. Para o traçado e com significância no quadro geral temporo-espacial das chuvas, esta classe pluviométrica é de relevância nos anos que são precedentes e subseqüentes aos anos de maior pluviosidade, ou seja, os anos de 1983 e 1998. Além disso, nos anos de 1989 e 2000 verifica-se sua presença no posto mais ao Sul, o posto 4.

A classe imediatamente superior (2542,2-2811mm) restringe-se aos anos de 1983 nos postos 1, 2 e 3 e nos postos 3 e 4 em 1998 ao passo que valores superiores a esta classe só são identificados em 1983 no posto 4, sendo este, portanto, o posto pluviométrico mais chuvoso do transecto analisado.

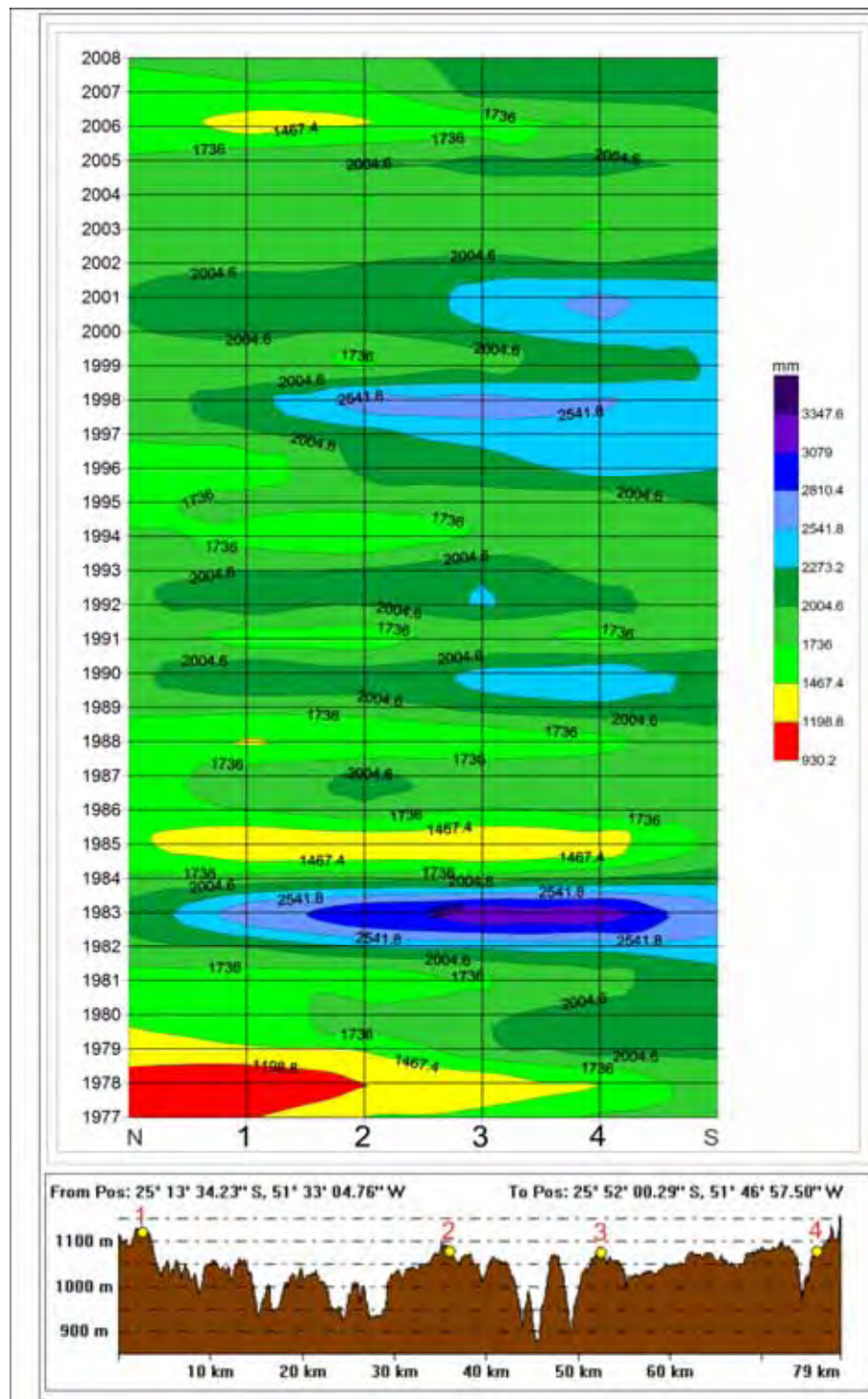


Figura 16. Painel temporo-espacial da pluviosidade anual no período 1977-2007 no transecto N-S na bacia do rio Jordão-PR.

Disso, conclui-se que:

- a) O setor setentrional do transecto é mais seco ao passo que o setor meridional é o mais chuvoso.
- b) O setor setentrional está mais exposto aos anos padrão chuvoso do que o setor meridional aos anos padrão secos, conforme pode ser visto na Figura 16.
- c) O posto 4 é o mais úmido ao passo que o posto 1 é o mais seco. O elo de transição para os índices mais elevados de pluviosidade é dado pelo posto 3.
- d) Esta configuração em dois compartimentos pluviométricos pode ser justificada pelo fator altitude conjugado com a morfologia do relevo da bacia juntamente com a dinâmica atmosférica dos tipos de tempo. Como pode ser visto na Figura 16 a transição entre a zona de maiores precipitações e aquela de menores pluviosidades se dá justamente no vale do rio Jordão, na parte central da bacia. Tal constatação associa-se à direção preferencial do vento em superfície na cidade de Guarapuava em estado atmosférico de domínio da Frente Polar Atlântica, que é de SO para NE o que será melhor estudado na análise rítmica, mais adiante

#### **4.2 Comportamento da chuva sazonal**

Aqui, assim como na análise anual, serão utilizados os painéis temporo-espaciais para a representação da dinâmica pluvial, no entanto, não serão empregadas as isoietas, uma vez que seriam inúmeras cartas e, como o transecto denota distintos setores pluviométricos com diferentes situações físico-naturais, optou-se pela representação no diagrama temporo-espacial (Figura 17). A Tabela 8 demonstra como se deu o arranjo quantitativo da chuva neste nível.

**Tabela 8. Classes e padrões pluviométricos sazonais no período 1977-2007.**

n°	Classe	Cor	Padrão
1	60-163.7		Seco
2	163.8-267.5		
3	267.6-371.3		Habitual
4	371.4-475.1		
5	475.2-578.9		Chuvoso
6	579-682.7		
7	682.8-786.5		
8	786.6-890.3		
9	890.4-994.1		
10	994.2-1097.9		
11	1098-1201.7		

Org. AMARAL, A. A do (2012).

#### 4.2.1 Comportamento da chuva no verão

A análise revelou que, de um modo geral, no transecto, o verão é a estação sazonal com altos valores de pluviosidade. Os postos 3 e 4 são os que apresentam os maiores índices de pluviosidade.

Pode ser percebido, na Figura 17, que os verões mais chuvosos foram os de 1989, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000 e 2001, que abrangem todo o transecto. Neste, o posto 4 é o que apresenta os maiores índices de precipitação.

Com características de padrão seco, tem-se apenas os anos de 1978, 1979, 1982 e 1991 para o posto 1 que é o mais seco nesta estação do ano.

As duas classes de chuva que melhor representam a pluviometria neste período são, respectivamente, 475,2-578,9 e 371,4-475,1mm. A primeira dominante nas estações 1 e 2, a segunda nas estações 3 e 4, sendo esta última mais freqüente. Isto nos leva a afirmar que habitualmente chove mais no setor setentrional do transecto. Também foi verificado que em anos excepcionalmente secos que chove menos no setor setentrional ao passo que em ano chuvoso o setor meridional é mais úmido.

Tal constatação parece estar de acordo com a dinâmica dos sistemas atmosféricos que atuam na região neste período onde se percebe o avanço mais freqüente, para altas latitudes, dos sistemas intertropicais que, em choque com os sistemas extratropicais, causam consideráveis índices de chuva e impactos pluviais (aguaceiros) neste período do ano na região.

#### **4.2.2 Comportamento da chuva no outono**

No outono, estação de transição do verão para o inverno é notável a diminuição dos valores de chuva na bacia, no entanto, verificou-se que as classes de chuva que dominam e caracterizam a dinâmica pluvial são as mesmas, ou seja, 475,2-578,9 e 371,4-475,1mm respectivamente. A primeira destas classes de chuva corresponde aos postos 1 e 2 do transecto enquanto que a segunda classe (371,4-475,1mm) retoma os postos 3 e 4.

Constatou-se que, em comparação com o verão, o outono é mais susceptível à seca, sendo que neste ela é mais pronunciada. Este foi o caso do ano de 1978 e 2006 em todo o transecto, assim como nos anos de 1977, 1979 e 1996 para os postos 1 e 2 que são caracteristicamente mais secos nesta época do ano. Portanto, o setor setentrional do transecto apresenta-se como mais susceptível às secas que a zona meridional.

Do mesmo modo, em relação ao verão, o outono é menos susceptível aos padrões chuvosos e, se manifestaram, em sua maioria, em anos distintos, com exceção do ano de 1983. Neste período, ocorreram padrões chuvosos em todo o transecto, conforme pode ser visualizado na Figura 17, nos anos de 1987 e 1992. Neste íterim também merece destaque os anos de 1988 e 1998 que, apesar de não serem chuvosos em todo o lineamento, foram de precipitações significativas dentro do quadro sazonal.

### **4.2.3 Comportamento da chuva no inverno**

As chuvas de inverno representam uma queda nos valores em relação ao verão e o outono. A classe de chuva que melhor representa esta estação sazonal abarca os 371,4-475,1mm. em relação as demais estações do ano, citadas acima, no que se refere ao padrão habitual das chuvas, elas se tornam menos freqüentes, o que demonstra a maior instabilidade das chuvas de inverno.

Nota-se que o inverno é mais susceptível que o verão e o outono às secas. Este foi o caso dos anos de 1988 e 1991, os mais secos deste período no transecto. Além desses, podem ser considerados secos também os invernos de 1985, 1987 e 2006.

Do mesma maneira, relacionado ao verão e outono, o inverno é o que menos apresenta períodos sazonais chuvosos, se restringindo, em todo o transecto, aos anos de 1983 e 1998.

Por fim, foi verificado que em caso de inverno seco o setor norte da bacia é mais representativo enquanto que em caso oposto, ou seja, de inverno úmido, tal fato é mais perceptível nos postos 3 e 4. Ainda, em relação aos períodos chuvosos, o inverno parece ser afetado quando o evento tem grande magnitude, como foi o caso dos invernos de 1983 e 1998.

### **4.2.4 Comportamento da chuva na primavera**

A primavera, dentre todas as estações sazonais, é habitualmente a mais úmida no transecto analisado. As chuvas neste período do ano, em sua maior parte se concentram no entorno de 475.2-578,9mm e 579-682,7mm, esta última classe é mais freqüente .

A primavera também é a estação do ano menos susceptível às secas. No período analisado ela se restringe aos anos de 1978, no posto 1 e 1985 no posto 2 e 3, ou seja, na parte mais meridional da bacia não temos seca nesta estação do ano no período analisado.

O ano mais chuvoso de primavera, ao contrário das demais estações do ano, foi o de 1982. Também foram chuvosas as primaveras de 1979, 1996, 1997. É notável que o setor meridional é o mais chuvoso.

Disso pode-se tirar algumas conclusões como:

- I. O inverno e o outono são, respectivamente, as estações do ano menos chuvosas e a primavera seguida pelo verão são as mais chuvosas.
- II. No que tange a distribuição da chuva no transecto, a primavera tem maior associação com o inverno (concentra mais precipitação ao Sul, postos 3 e 4) e o outono tem maior ligação com o verão (maiores volumes de chuva no Norte, postos 1 e 2).
- III. Quanto à quantidade, o inverno associa-se mais ao outono e o verão à primavera no enquadramento sazonal.

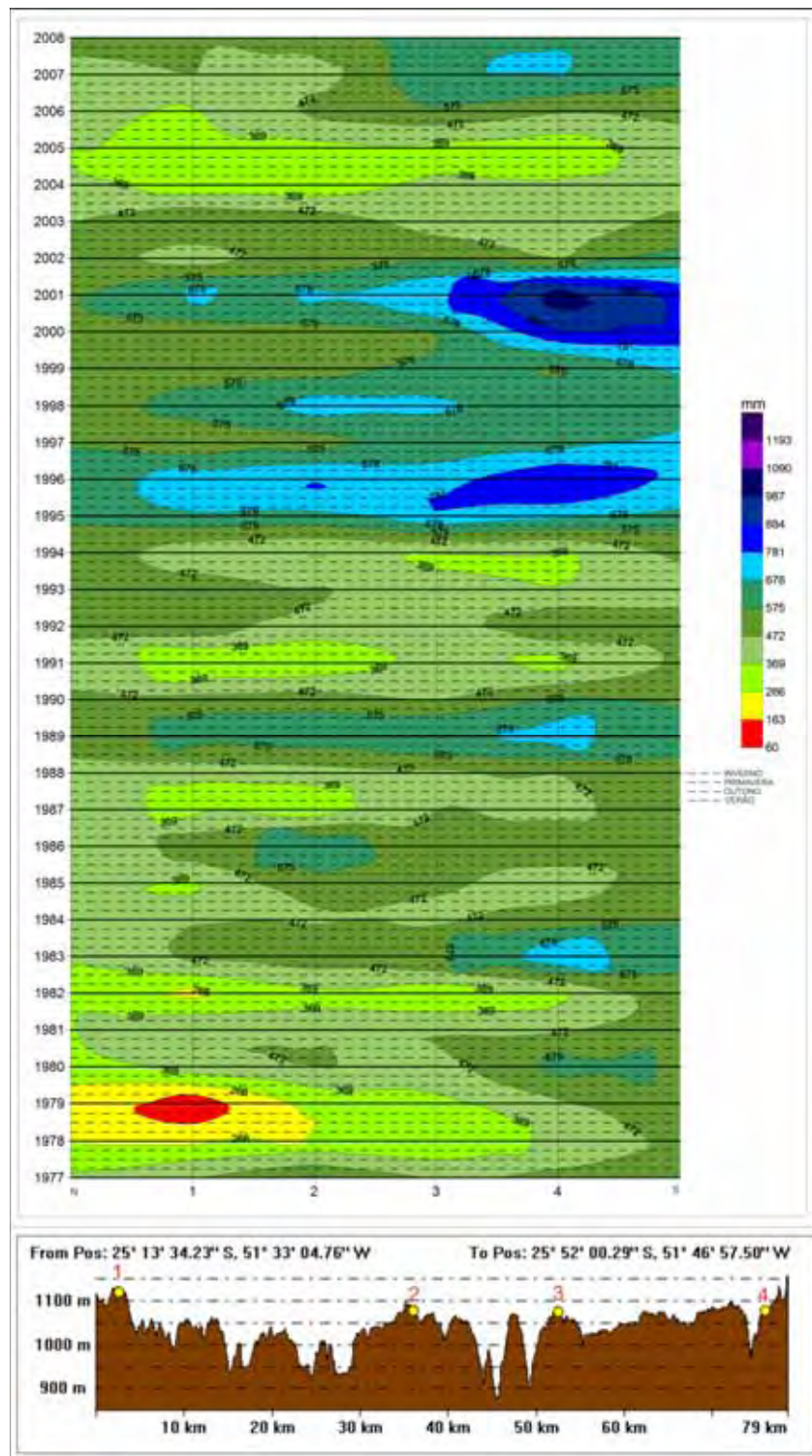


Figura 17. Painel tempo-espaial da pluviometria sazonal no transecto N-S no período 1977-2007.

### 4.3 Comportamento da chuva mensal

A pluviosidade mensal está intimamente relacionada à pluviosidade sazonal, porém, em um nível de resolução temporal mais refinado. Na bacia do rio Jordão a literatura que considera os valores médios outorga que a dinâmica da chuva mensal tem como principal característica o fato ser bem distribuída durante o ano. Aqui se constatou que tal afirmação é falsa, mesmo havendo concentração de chuva preferencialmente na classe que comporta 108,8-163,1mm, como pode ser visto na Tabela 9. O fato de habitualmente não se distinguir períodos secos durante o ano não significa que a chuva seja bem distribuída no nível mensal.

**Tabela 9. Classes e padrões pluviométricos mensais no período 1977-2007.**

nº	Classe	Cor	Padrão	F.A	%
1	0-54.3		Seco	179	12
2	54.4-108.7		Habitual	302	75,5
3	108.8-163.1			372	
4	163.2-217.5			281	
5	217.6-271.9			185	
6	272-326.3			96	
7	326.7-380.7		Chuvoso	36	11,4
8	380.8-435.1			13	
9	435.2-489.5			6	
10	489.6-543.9			6	
11	544-598.3			6	
12	598.4-652.7			4	
13	652.8-707.1			2	
14	707.2-761.5			2	

Org. AMARAL, A. A do (2012).

Pode ser afirmado que se distinguem habitualmente meses secos na bacia e meses que em relação a estes são habitualmente chuvosos, ou seja, a chuva não é bem distribuída quantitativamente durante o ano na bacia. Tal constatação é de suma importância no estudo da erosão hídrica!

Para exemplificar é só observar na Figura 18, a amplitude existente entre a classe de chuva mais freqüente no mês de fevereiro e o que é mais habitual no mês de agosto. A amplitude é de 217,5mm. Pode ser observado que esta classe

pluviométrica foi observada 33 vezes no padrão chuvoso de fevereiro (163,2-217,5mm). No mês de agosto, o mais seco do transecto, ocorreram 45 vezes meses com pluviosidade entre 0 e 54,3mm. A freqüência nos mostra o fato.

Para reforçar a característica de mês seco de agosto, basta observar que ele só é menos característico na freqüência de comportamento habitual que o mês de março, que por 49 meses choveu entre 108,8 e 163,1mm, classe de chuva esta que é a mais habitual entre a maioria dos meses do ano, com exceção dos meses de fevereiro (163,2-217,5mm), o mês habitualmente mais chuvoso e Julho e setembro (54,4-108,7mm). Para confirmar observe a Tabela 9.

Os menores valores pluviométricos aconteceram nos meses de abril de 1978 no posto 1 e no mês de agosto de 1999 no posto 2. Não ocorreu precipitação nestes meses. Conforme pode ser observado na Figura 18, são justamente os postos do meio Norte do transecto que são mais afetos pelas menores classes de pluviosidade. Estes meses, por sua vez, habitualmente são os meses de agosto, maio, junho e julho. Isso comprova o que foi constatado na seção anterior, que o inverno é o período estacional menos chuvoso.

O mês de julho, que figura entre os mais secos, detém o maior valor precipitado em um mês no período analisado, com 760,6mm precipitados no posto 3, ano de 1983. Esta afirmação, além reforçar a tese de que o inverno tem papel fundamental na ocorrência de um ano chuvoso, também simboliza o papel que os meses que compõem este período estacional desempenham.

Como o mês de agosto é o mais seco, o mês de julho celebra o empobrecimento da dinâmica da FPA, único sistema atmosférico capaz de gerar chuva nesta época do ano, e o seu retorno se dá em setembro. Neste sentido, observa-se uma flutuação dos valores pluviométricos que tem seu mínimo em agosto e que a partir de setembro mantém progressão até o mês de março, que marca o início do declínio dos valores de chuva novamente, porém, com declínio suave, sem grandes amplitudes de mês a mês, característica esta de ambiente subtropical.

Vista desse modo, pelo que é habitual, percebe-se um ciclo da distribuição da chuva no transecto analisado. Tal assertiva é de muita significância quanto ao processo erosivo e, aqui, na relação entre a distribuição da chuva e da erosividade.

Nos meses de outubro e setembro, o posto mais úmido é o 3, seguido pelo 4, 2 e, por fim, o posto 1. Neste mês, percebe-se que o setor meridional da bacia é mais impactado pelos grandes volumes mensais de chuva.

No mês de maio, assim como nos casos anteriores, o posto 3 é o que apresenta mais eventos chuvosos porém, agora seguido pelos postos 1 e 2, e, por fim, o 4. Ou seja, neste mês, os eventos chuvosos cessam no posto 3.

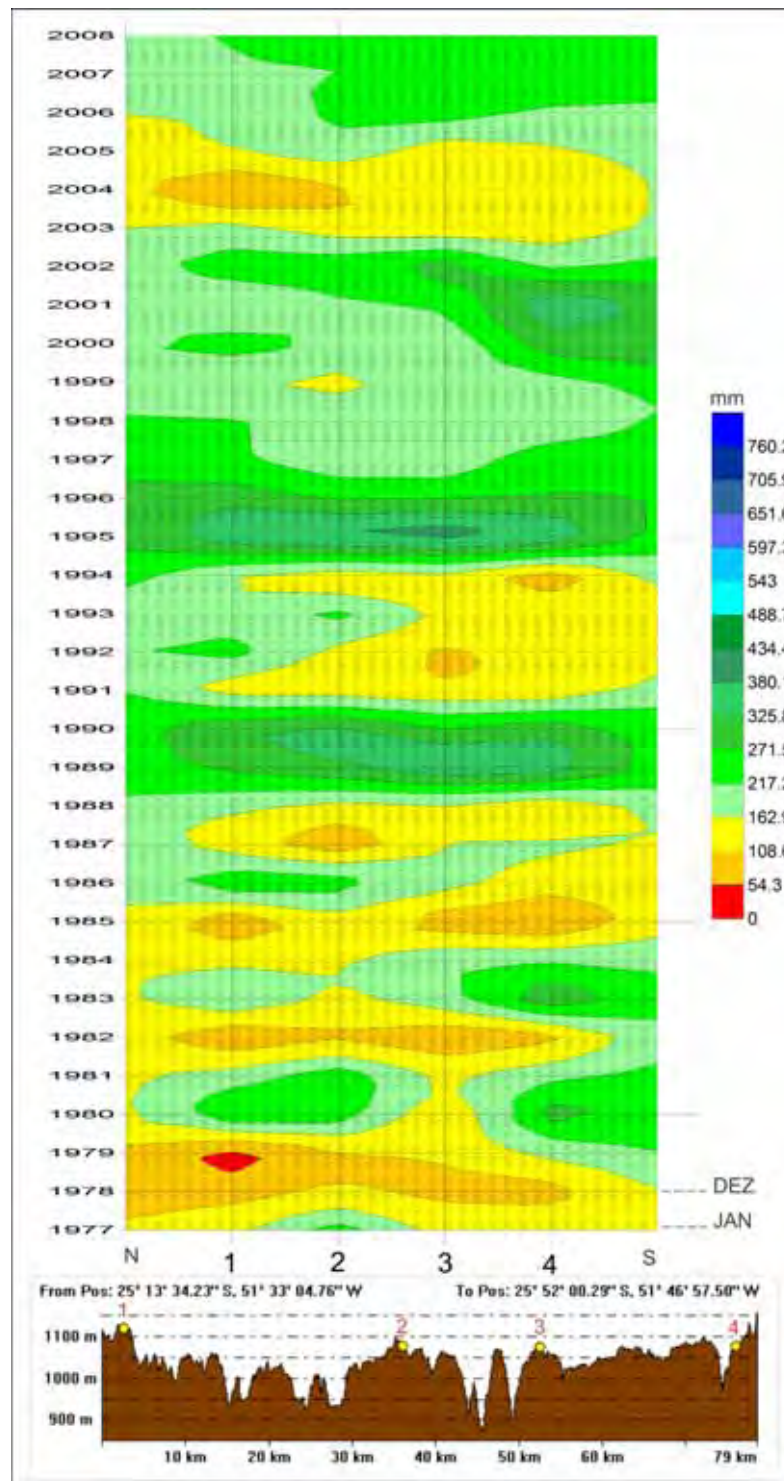


Figura 18. Painel tempo-espacial da pluviometria mensal no transecto N-S no período 1977-2007.

#### **4.4 Classificação dos anos padrão na bacia do rio Jordão-PR no período 1977-2007 com vistas à análise rítmica**

Baseado no modo de distribuição da pluviometria anual da bacia e na classificação dos anos padrão na bacia do rio Jordão (Tabela 6), com vistas ao estudo do ritmo das chuvas, da erosividade e dos tipos de tempo no nível diário, pelo viés da análise rítmica, decidiu-se pela escolha dos anos de 1998 (chuvoso), 2002 (habitual) e 2006 (seco).

A escolha destes anos padrão justifica-se, dentre outros, por dois motivos, o primeiro de ordem espacial, o segundo de ordem temporal. Como o imperioso no estudo geográfico são as relações espaciais, nos pareceu mais plausível eleger o ano habitual que melhor representa-se o arranjo de distribuição da pluviosidade na bacia do rio Jordão.

Por isso, o ano de 2005, foi o que melhor apresentou tal característica, um verdadeiro padrão espacial de distribuição pluviométrica. Além disso, 2005 foi o ano que apresentou tais características espaciais e que é o ano, no período abordado, mais próximo da atualidade. O mesmo argumento serve de justificativa para a escolha do ano de 1998 como **padrão chuvoso** e 2006 como **padrão seco**.

**Tabela 10. Classificação dos anos padrão na bacia do rio Jordão no período 1977-2007.**

Ano/Padrão	Seco	Habitual	Chuvoso
1977	X		
1978	X		
1979		X	
1980		X	
1981		X	
1982		X	
1983			X
1984		X	
1985	X		
1986		X	
1987		X	
1988	X		
1989		X	
1990			X
1991			X
1992			X
1993		X	
1994		X	
1995		X	
1996		X	
1997			X
1998			X
1999		X	
2000		X	
2001			X
2002		X	
2003		X	
2004		X	
2005		X	
2006	X		
2007		X	

Org. AMARAL, A. A do (2012)

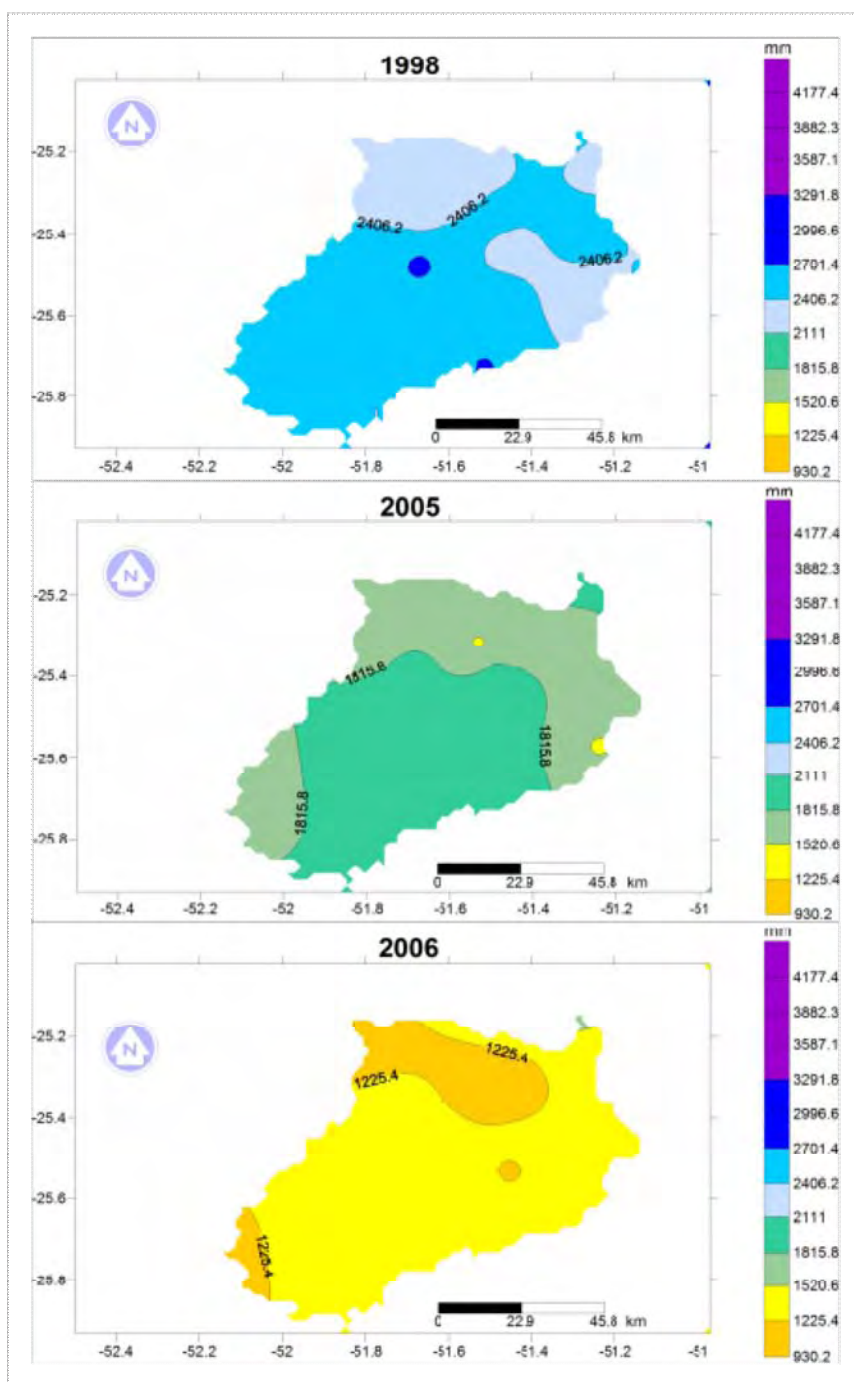
## **5 A CHUVA E A EROSIVIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO-PR: NO TEMPO E NO ESPAÇO**

A estratégia dos anos padrão elaborada por Monteiro evoca uma das essências da Geografia, a comparação, pois, trata-se de anos onde a chuva teve comportamento distinto e isso implica em saber, primeiramente, onde é, no tempo e no espaço, que eles se diferenciaram. De posse desse conhecimento, aí sim, podemos nos dirigir à questão do porquê de tal diferenciação, de acordo com os meios disponíveis para tal.

Assim, os anos serão descritos e comparados em todo seu movimento, não se optando pela subdivisão tópica no tempo. Isso não implica que os níveis sazonais e mensais serão secundários, pelo contrário! Ficará claro que eles correspondem à especialização da análise e serão a fonte explicativa da causalidade erosiva de maior impacto da chuva.

### **5.1 A variabilidade da chuva na bacia do rio Jordão nos anos padrão.**

É digno de ressalva o fato que, neste item, são comparados apenas estes três anos, portanto, foi realizado outro ordenamento das classes de chuva no nível sazonal e mensal uma vez que a agora a análise agrega 35 postos e não mais 4, como no transecto. No nível anual o arranjo quantitativo da chuva permanece o mesmo. A distribuição da chuva nos três anos pode ser vista na Figura 19.



**Figura 19. Variabilidade da chuva nos anos padrão na bacia do rio Jordão-PR.**

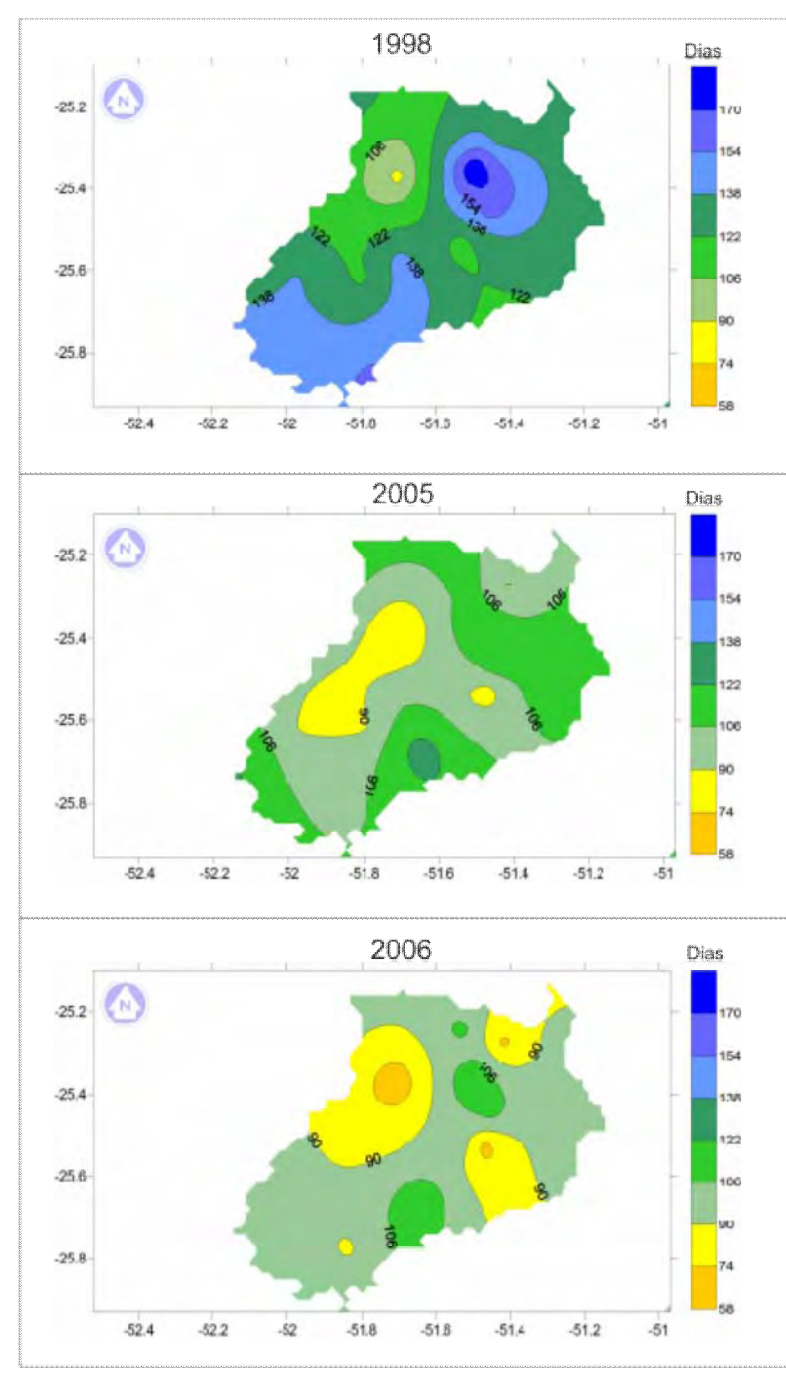
Como observado, a diferença quantitativa de chuva entre os três anos é significativa. Também é notório que, assim como ocorre variação no tempo, a distinção dá-se evidentemente no espaço.

O setor NO da bacia destaca-se nos três anos como de menor pluviometria com 2111-2406,2mm no ano chuvoso (1998), 1520,8-1815,8mm no ano habitual (2005) e 930,2-1225,4mm no ano seco (2006). Esta característica também é notável no setor SO nos anos de 2005 e 2006. O setor central da bacia destacou-se nos três anos como de maior pluviosidade.

O setor Centro-Oeste da bacia é o que apresenta o menor número de dias de chuva nos três anos, conforme pode ser visto na figura 20. No ano chuvoso (1998) as áreas com maior número de dias com pluviosidade foram o Sul e o N-NE registrando, no Sul, de 138 a 154 dias assim como no N-NE que, além desses valores, também registrou setores que vão até 170 dias de chuva. No mais, a maior parte da área registrou entre 122 e 138 dias de chuva.

No ano habitual (2005) a área com maior número de dias de chuva foi o Centro-Sul. A maior parte da bacia obteve valores entre 106 e 122 dias de chuva na direção Centro-Leste-Noroeste e no Sul ao passo que na região central os valores decaem para 90-106 dias.

No ano seco, a maior porção da área de estudo obteve de 90-106 dias de chuva (Figura 20). Os setores mais críticos foram o Centro-Oeste, Sudeste e Norte onde os valores, em sua maioria foram de 74-90 dias chegando até a registrar de 54 a 74 dias de chuva.



**Figura 20. Número de dias de chuva nos anos padrão na bacia do rio Jordão-PR.**

Quanto à distribuição da chuva nestes três anos a figura acima já demonstra bem a variabilidade e, aumentado a resolução da análise no tempo é que

poderemos visualizar melhor a dinâmica da chuva intra-anual. A Tabela 11 a seguir demonstra como ficou o arranjo da pluviometria sazonal.

**Tabela 11. Classes de chuva sazonais nos anos padrão na bacia do rio Jordão-PR.**

nº	Classe	Cor
1	57.8-147.1	Red
2	147.2-236.5	Orange
3	236.6-325.9	Yellow
4	326-415.3	Light Green
5	415.4-504.7	Green
6	504.8-594.1	Olive Green
7	594.2-683.5	Light Blue
8	683.6-772.9	Blue
9	773-862.3	Dark Blue
10	862.4-951.8	Very Dark Blue
11	951.9-1041	Black

Org. AMARAL, A. A do (2012)

Agora, cabe investigar, dentro de cada ano, principalmente nos extremos, aonde ocorreram às anomalias. Com isso, como estudamos a sazonalidade de acordo com trimestres, como comentado anteriormente, iniciamos a análise sazonal pelo verão.

## 5.2 Distribuição da chuva nos meses de verão nos anos padrão

As Figura 22 e Figura 22. Variabilidade sazonal da chuva no ano padrão habitual (2005) na bacia do rio Jordão.

demonstra que o verão mais chuvoso foi o de 1998 com chuvas na maior parte da bacia entre 682,9-772,2mm, decrescendo para 593,6-682,8mm nos setores O-NO e Leste, de modo que neste último chega a valores entre 504,3-593,5mm.

Neste trimestre, o mês mais chuvoso foi o de março (Figura 24) com chuvas na maior parte da bacia entre 264 e 307,7mm, seguido pelo mês de fevereiro com

predominância de valores entre 220,2-263,9mm e janeiro obtendo, em sua maior abrangência, 176,4-220,1mm.

O ano de 2005 teve o verão menos chuvoso dos três anos. A maior parte da bacia ficou entre 236,4-325,6mm. Destaca-se como de maior pluviosidade um corredor de sentido N-S com valores ligeiramente mais elevados de 325,7-415mm. Os menores valores ficam por conta do setor E-NE, entre 147,1-236,4mm.

A configuração espacial das chuvas de verão neste ano é semelhante quando comparadas àquelas mensais. De fato, forma-se um corredor de maior pluviosidade nos três meses que compõem o verão sejam eles janeiro, fevereiro e março. Neste ano o mês mais chuvoso do verão foi janeiro com a predominância de chuva entre 132,8-176,3mm com maiores valores entre 176,4 e 220,2mm. O mais seco foi fevereiro com a maior parte da bacia com chuva entre 1,2-44,9mm sendo que os maiores valores precipitados foram de 45-88,7mm.

Opostamente ao ano habitual (2005) o ano seco (2006) tem no verão a estação sazonal de maiores valores pluviométricos (Figura 22. Variabilidade sazonal da chuva no ano padrão habitual (2005) na bacia do rio Jordão.

). Os maiores valores das isolinhas encontram-se na área central da bacia, alongando-se para NO com 504,3-593,5mm. Aquém disso, os valores de chuva vão decrescendo até atingir seu mínimo no N-NE e SO da área com 236,4-325,6mm.

Esta configuração espacial da chuva no verão deste ano deve-se, em parte, à dinâmica das chuvas de fevereiro e março. O mês de janeiro também apresentam as maiores pluviosidades na área central da bacia (Figura 26), porém, não individualiza os dois setores de menor pluviosidade a N-NE e SO, como ocorre em fevereiro e março. Destes meses, foi exatamente o mês de janeiro o mais chuvoso, com a proeminência de chuva entre 176,4-220,1mm.

De modo geral, constatou-se que o que condiciona um verão chuvoso ou seco é o avanço na direção NO-SE. O verão mais chuvoso (1998) tem o arranjo dos maiores valores de chuva orientado de NO-SE. No ano habitual, a bacia apresentou maiores valores em uma estreita faixa que se estendeu de N-S circundadas por classes de chuva inferiores e da mesma ordem. Já no ano seco, com o verão como estação mais chuvosa, verifica-se novamente o avanço das chuvas pelo setor NO.

### 5.3 Distribuição da chuva nos meses de outono nos anos padrão

O outono de foi à segunda estação mais chuvosa do ano de 1998, ultrapassando a primavera, tida como a estação habitualmente mais chuvosa na bacia do rio Jordão.

É importante enfatizar tal fato, pois, o outono é a segunda estação que menos chove durante o ano na bacia do rio Jordão superando apenas o inverno.

Como pode ser visto Figura 21, no ano de 1998 a zona que se estende de SE-NO da bacia concentra valores entre 861,5-950,8mm circunvizinhada por valores entre 772,2-861,5mm e 682,9-772,1mm. A SO da área a chuva diminui, sendo que seu mínimo ficou entre 504,3-593,6mm. No outro extremo, ao N-NE, os valores diminuem, sendo que o menor valor chega a 415-504,3mm precipitados.

Dentro deste quadro, é notável, a proeminência do mês de abril, Figura 24. A excepcionalidade deste mês é tanta que concentra praticamente toda a chuva do outono. Neste mês, os maiores valores de chuva podem ser identificados ao S-SE da bacia, diminuindo no sentido N-NO. O mesmo não ocorre com os meses de maio e junho desta estação. Como pode ser observado nos valores das isoietas o maior valor para estes dois meses não ultrapassa 176,4mm. Deste modo, observa-se como o mês de abril influencia tanto no *quantum* como no modo de distribuição da chuva no outono de 1998.

No ano habitual (2005) o outono apresenta menores valores de chuva (Figura 22). Desta vez, os maiores valores se concentram ao Sul, decrescendo no sentido NO. No Setor SE, Leste e NE os valores ficam entre 504,3-593,9mm. No quadro mensal (Figura 24. Variabilidade mensal da chuva em ano padrão chuvoso (1998) na bacia do rio Jordão.

), não se destaca nenhum mês pelo excesso ou pelo déficit de chuva. Os três meses (abril, maio e junho) oscilaram entre 132,6 e 307,8mm, sendo que abril e maio têm seus maiores valores a Sul, ao passo que junho tem seus auges na fachada NO.

Já o outono do ano seco (2006) configura-se como a estação sazonal mais seca dentro daquele ano

). O maior setor da bacia é representado pelos valores que compreendem 57,8-147,1mm. Juntamente com estes valores achegam-se aqueles que correspondem à extensão entre o Sul e o NO da área com 147,1-236,4mm e 236,4-325,7mm no setor central.

No cenário mensal (Figura 26), como reflexo do sazonal, a situação é a mesma, ou seja, estes meses são os mais secos do ano. O déficit de chuva chega a tal ponto que o arranjo da variabilidade do espaço chega a quase ser anulada nos meses de abril e junho, fato que se consuma no mês de maio que registra valores entre 1,2 e 45mm.

É característico do outono as chuvas serem mais elevadas no setor norte da bacia, uma vez que, sendo uma estação de transição entre o verão e o inverno, esta estação ainda está a mercê da ação dos sistemas intertropicais. Nestes três anos padrão analisados, fica evidente, no mínimo, dois cenários completamente distintos.

Primeiro o outono de 1998 que, governado pelos eventos pluviométricos do mês de abril, conferiram a bacia valores excepcionais de chuva concentrados, em sua maioria, na direção S-N. Segundo a escassez evidente no ano de 2006 em que a seca é nítida na direção SO-NE.

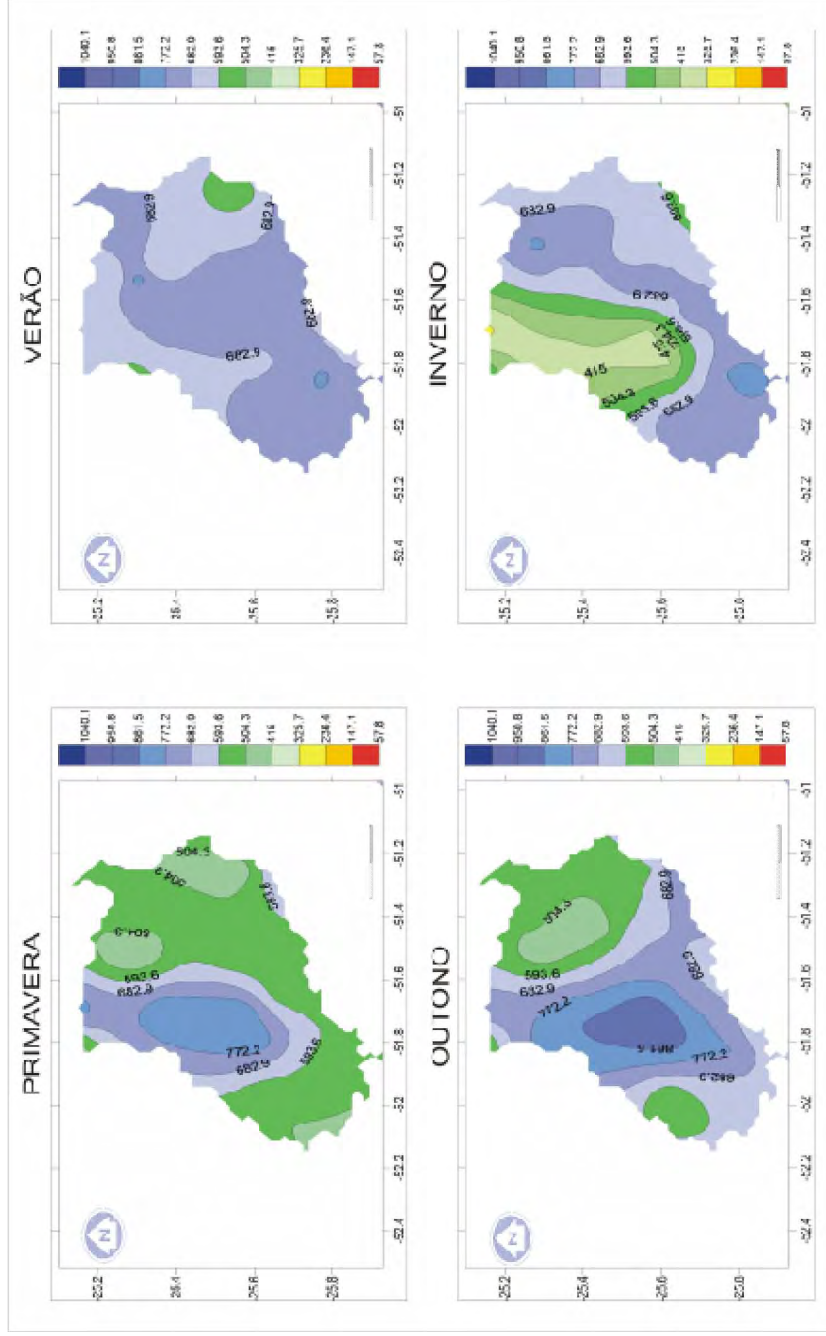


Figura 21. Variabilidade sazonal da chuva no ano padrão chuvoso (1998) na bacia do rio Jordão.

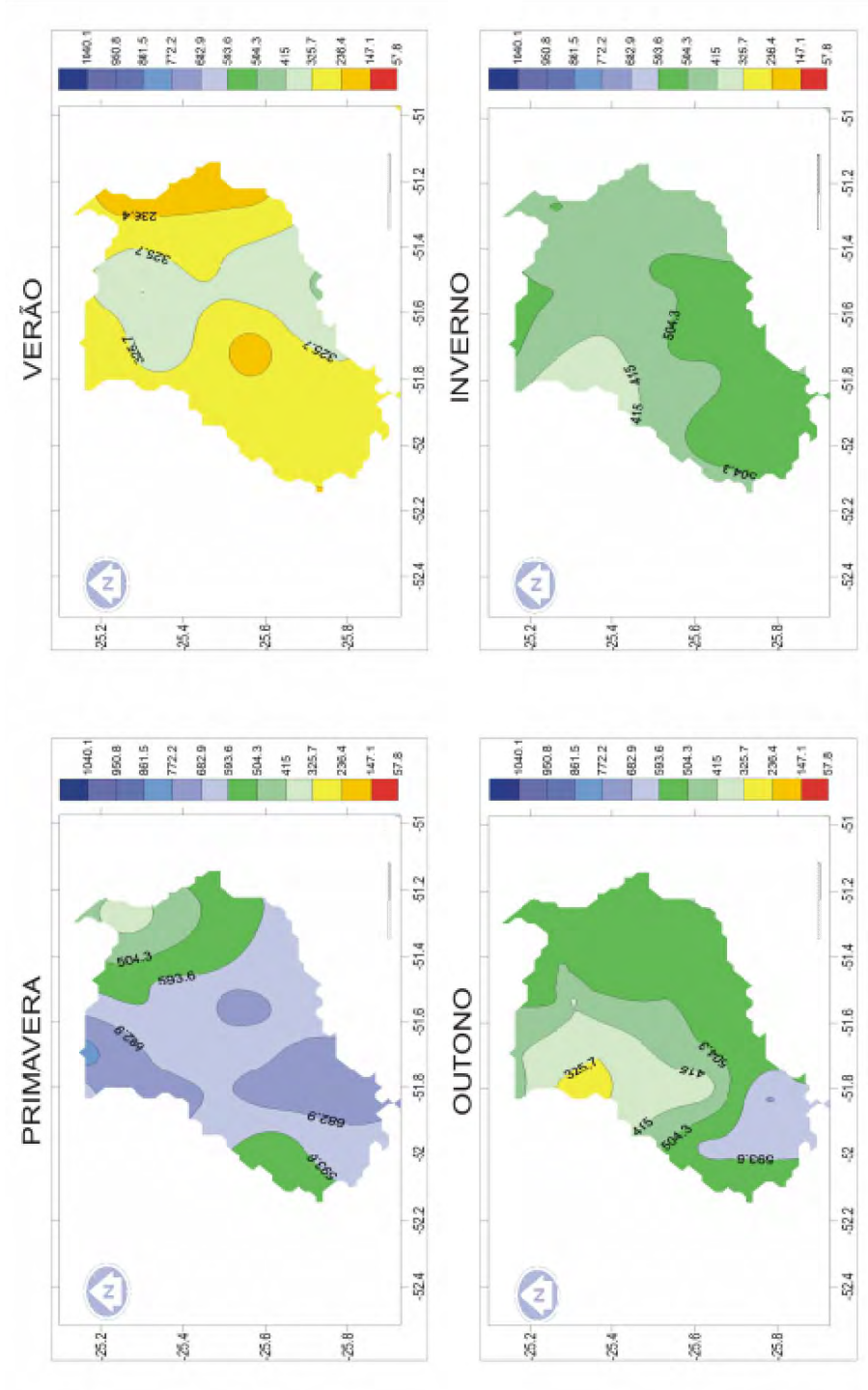


Figura 22. Variabilidade sazonal da chuva no ano padrão habitual (2005) na bacia do rio Jordão.

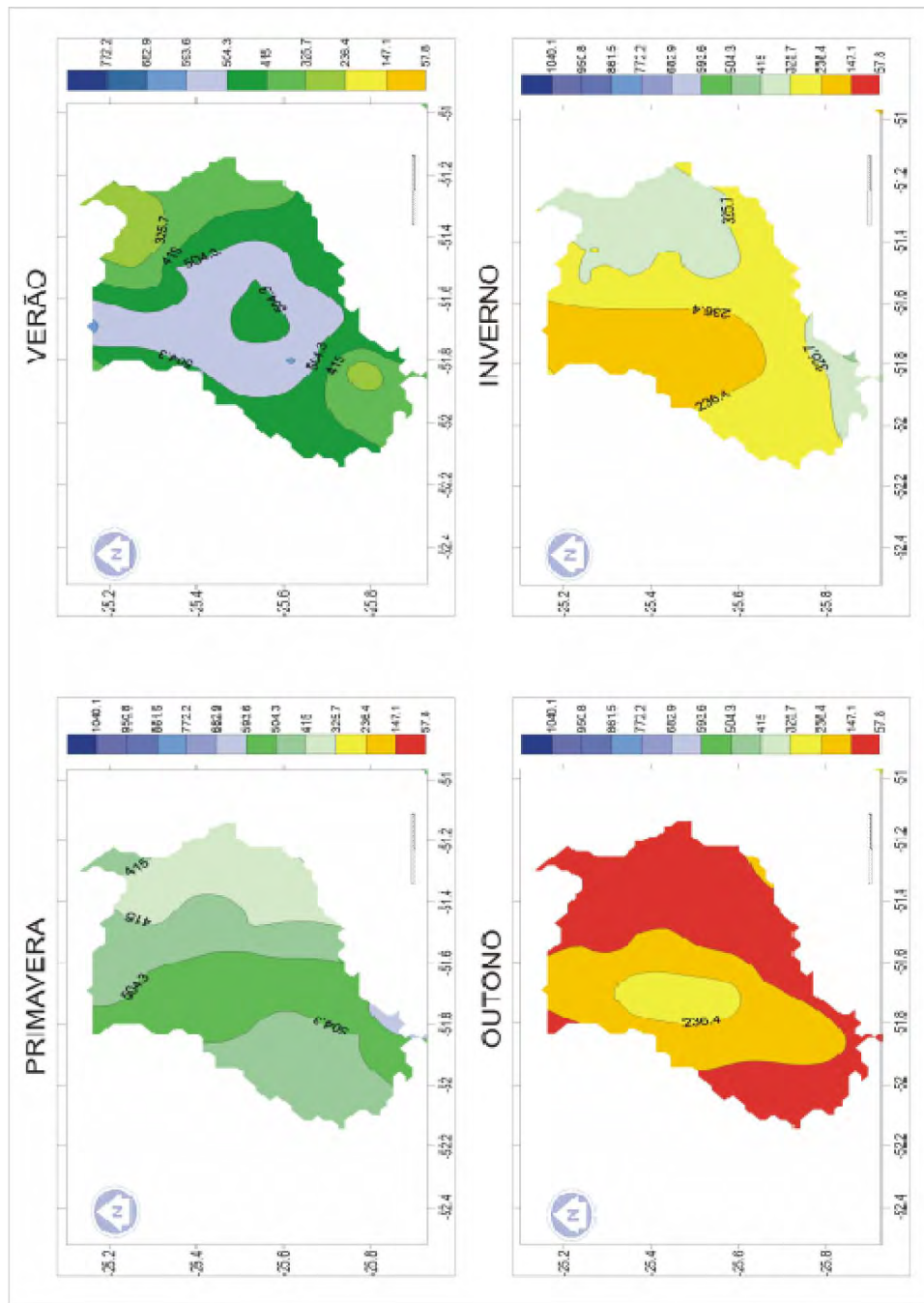


Figura 23. Variabilidade sazonal da chuva no ano padrão seco (2006) na bacia do rio Jordão.

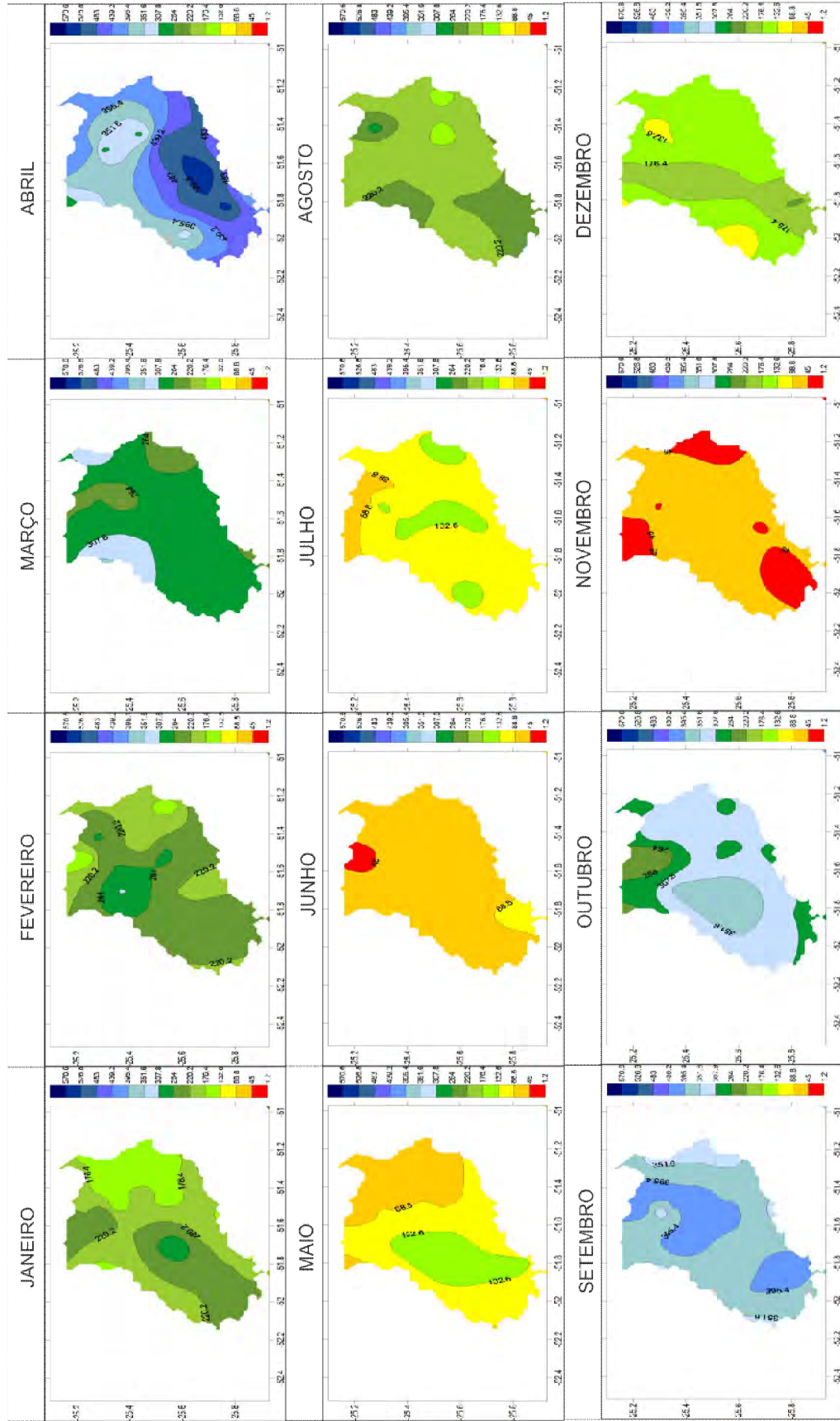


Figura 24. Variabilidade mensal da chuva em ano padrão chuvoso (1998) na bacia do rio Jordão.

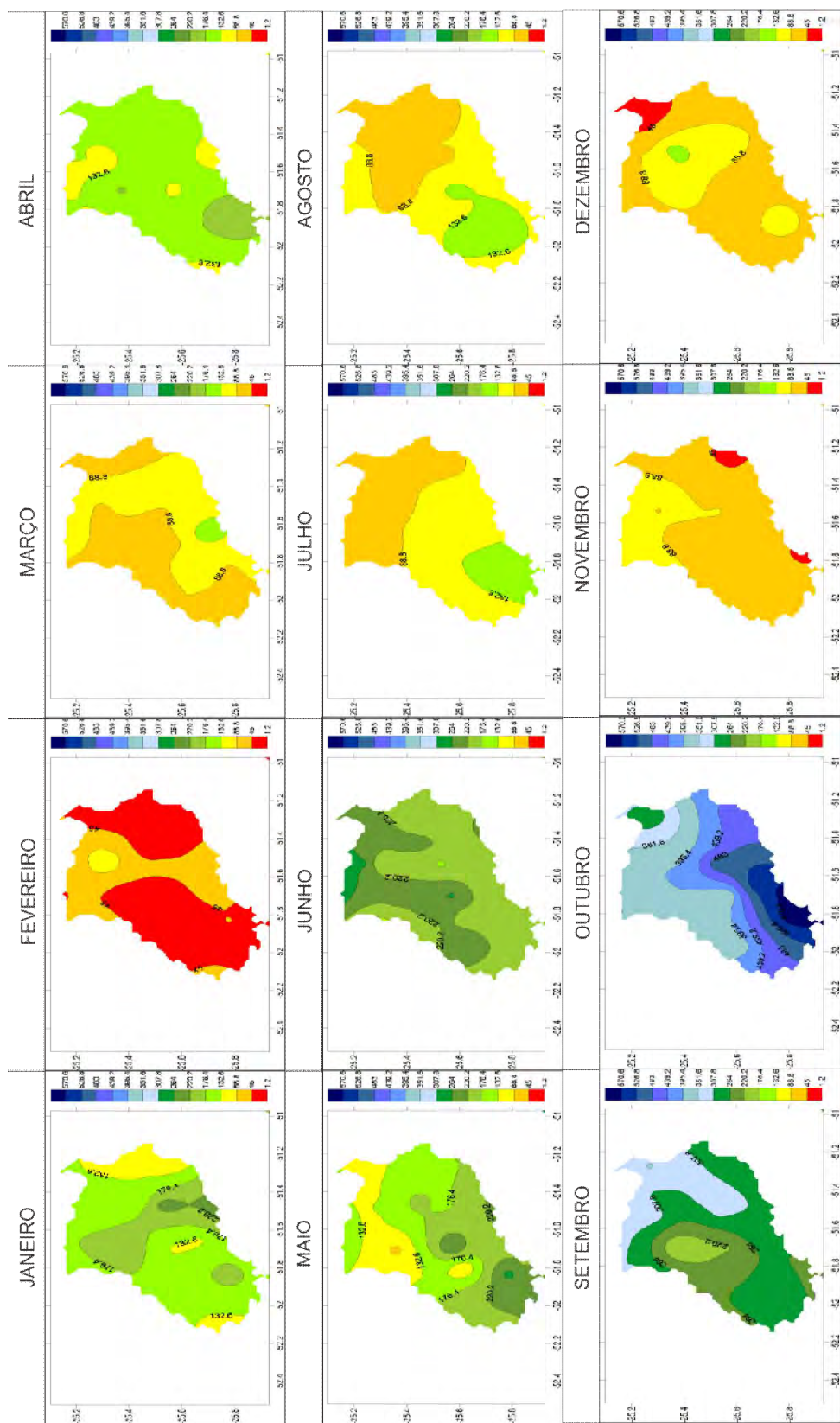


Figura 25. Variabilidade mensal da chuva em ano padrão habitual (2005) na bacia do rio Jordão.

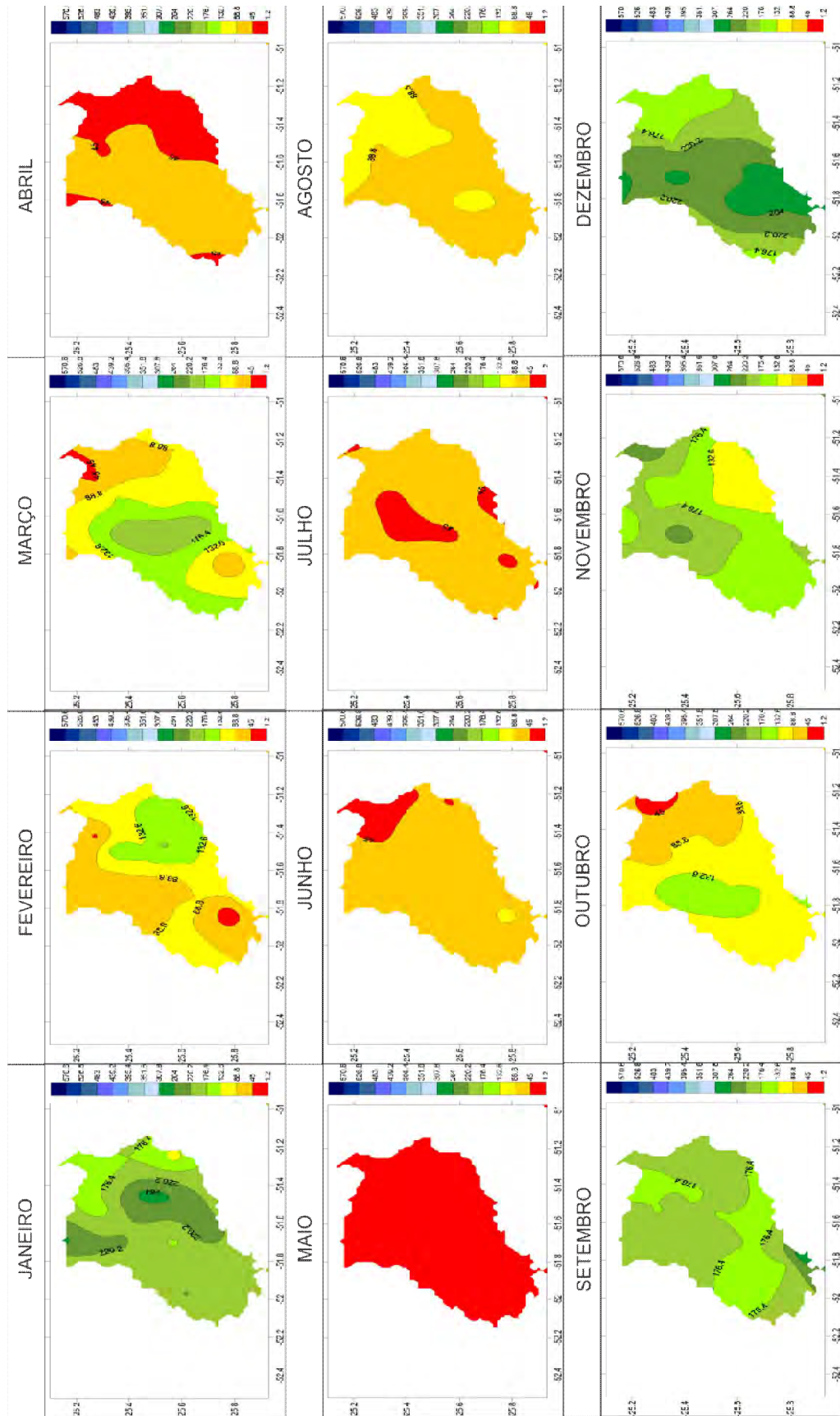


Figura 26. Variabilidade mensal da chuva em ano padrão seco (2006) na bacia do rio Jordão.

#### 5.4 Distribuição da chuva nos meses de inverno nos anos padrão

No inverno, como constatado anteriormente, a característica é de concentração dos maiores valores de chuva ao Sul da bacia. No inverno de 1998 este arranjo é confirmado na bacia com chuva entre 772,2-593,6mm. Têm-se os maiores valores distribuídos no sentido SO-NE da área conforme os menores valores, de 504,3-325,7, são visualizados da área central rumando para NO.

Neste inverno destaca-se em pluviometria o mês de setembro, com valores mais elevados tanto no Sul quanto no setor Norte (395,6-439,2mm), uma vez que a predominância espacial de chuva foi de 351,6-395,3mm. O mês de agosto foi menos chuvoso com a predominância de chuva entre 176,4-220,1mm e com os maiores índices ao Sul, com 220,2-263,9mm.

O inverno do ano habitual (2005) demonstra a diminuição dos valores de chuva. O arranjo segue a mesma lógica, porém, incurtando para Sul, não se estendendo até o NE como no ano chuvoso. Os maiores índices foram da ordem de 504,3-593,5mm. o domínio da área foi da classe de 415-504,2mm e os menores valores precipitados, a O-NO, foram de 325,7-414,9mm.

Assim como no ano chuvoso, o mês de setembro foi o de maior pluviosidade. Do mesmo modo como no ano de 1998 os maiores valores neste mês também podem ser vistos no N-NE da bacia (307,8-351,5mm) diminuindo para SE, em especial no setor Centro-Oeste. O domínio de chuva neste mês foi de 264-307,7mm. Os meses de julho e agosto tem comportamento tanto quantitativo como espacial semelhantes na distribuição da chuva. Em ambos choveu mais no S-SO (132,6-176,4mm) tendo o Norte com os menores índices (45-88,7mm) e a área central como intermediária de chuva (88,8-132,5mm).

O ano seco (2006) marca o inverno com os menores valores de chuva na comparação destes anos tidos como padrão. Os maiores valores de chuva estão ao Sul e a NE da bacia (325,7-415mm). Os menores valores localizam-se, por sua vez, na extensão que segue do centro para o NO (147,1-236,3mm). os demais valores que seguem do SO margeando as demais áreas são da ordem de 236,4-326,7mm.

Novamente, o mês de setembro foi o mais chuvoso, com o domínio de 176,4-220,2mm. Os meses de julho e agosto atestam a baixa pluviosidade dos meses de inverno, com o domínio das chuvas entre 45-88,7mm. Disso, ressalta-se que o mês de setembro, nos três anos padrão foi o mais chuvoso da estação sazonal de inverno e que o mês de agosto foi o mais seco.

Constatou-se que, quanto mais os valores de maior pluviosidade na bacia se estendem para no rumo de S-SE para N-NO mais chuvoso será o inverno, como ocorreu em 1998.

### **5.5 Distribuição da chuva nos meses de primavera nos anos padrão**

No ano de 1998 (chuvoso) a primavera correspondeu ao comportamento característico desta estação sazonal avaliados anteriormente, com chuvas mais elevadas na zona Norte. Neste ano, as chuvas foram mais concentradas no setor tido como de menor pluviosidade nas demais estações, estendendo-se de NO para Sul com valores precipitados de 861,5-593,6mm. A predominância de chuva se deu nos demais setores com chuvas entre 504,3-593,5mm com orientação de SO-NE.

Nesta estação o mês de outubro apresentou a maior pluviosidade na área com o predomínio de chuvas entre 307,8-351,5mm precipitados. O setor onde choveu mais foi aquele que se organiza na região Centro-Oeste da bacia com 351,8-395,4mm. No setor NO obteve-se os menores valores, na ordem de 307,7-220,1mm, assim como no extremo S-SO.

O mês de novembro foi o mais seco deste ano com domínio das chuvas entre 48-88,7mm uma vez que os setores NO, SO e Leste obtiveram os menores valores (1,2-45mm).

O ano de 2005 (habitual) denota comportamento quantitativo semelhante ao ano de 1998 (chuvoso), porém, com a expansão dos valores de maior pluviosidade mais para S-SE. Neste setor encontram-se precipitações sazonais de 682,9-

772,2mm, assim como na região NO e em um pequeno setor central. Os menores valores distribuem-se entre o SO (504,3-593,5mm) e no NE (504,2-325,7mm).

Novamente o outubro apresenta-se como o mais chuvoso com chuvas que decrescem (570,6-395,4mm) no sentido Norte no rumo que segue SO-NE. Nos meses de novembro e dezembro as chuvas decaem significativamente em relação a outubro quando predominam na bacia chuvas entre 45-88,7mm com os maiores valores no sentido Leste-NO.

Constata-se neste ano que, ao contrário do ocorrido no ano chuvoso (1998) as chuvas têm sua orientação de S-SE para N-NO demonstrando a dinâmica atmosférica distinta causadora dos eventos pluviométricos em relação ao ano de 2005. Tal fato não é justificável apenas pelo mês de abril, pois, mesmo com pouca expressividade, os meses de novembro e dezembro organizaram-se do mesmo modo. Além disso, o número de dias de chuva segue o mesmo arranjo espacial.

Em 2006 os contingentes de chuva de primavera foram os menores dos três anos analisados. Os maiores valores concentraram-se em uma zona que se estendeu do S-SE da bacia até o NO. Estes valores abarcam os 504,3-593,6mm. Os índices decaem para SO para a classe que compreende 415-504,2mm. O mesmo ocorreu para E-NE onde os valores decaíram até 325,7mm.

Nesta primavera o mês de maior pluviosidade foi dezembro que tem no setor Sul da bacia os maiores índices de chuva com 264-307,7mm precipitados. A ela se junta a classe de 220,2-263,9mm que se estende, a partir daquela primeira, até o NO da bacia. Observa-se mais uma vez que os valores diminuem até os 132,2mm para SO e E-NE. Deste modo, pode-se dizer que o mês de dezembro foi o que mais contribuiu no arranjo espacial das chuvas desta primavera, da mesma maneira que, em relação ao número de dias de chuva, além de ser o que apresenta os índices mais elevados, também é o que apresenta o arranjo mais semelhante com o modo como se deu a distribuição na estação.

## 5.6 Variabilidade da erosividade na bacia do rio Jordão nos anos padrão

O estudo da erosividade na bacia do rio Jordão, segue, em suma, os enunciados da *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Deve-se atinar novamente ao fato que foi feita uma adaptação do método, uma vez que o uso da USLE é mais freqüente nas ciências do solo e no conjunto dos propósitos agronômicos. A estas áreas do conhecimento científico o conhecimento das médias da variável já é de conteúdo a análise. Aqui, portanto, em concordância com os propósitos da Climatologia Geográfica, por meio da análise rítmica, os valores médios no modelo são substituídos por valores absolutos e, acredita-se que esta deve ser a lógica dos estudos sobre a erosividade em Geografia.

### 5.6.1 Distribuição da erosividade anual

Verificaram-se importantes distinções que diz respeito ao contingente de potencial erosivo das chuvas nos três anos padrão. O ano de 1998 (padrão chuvoso) foi o que correspondeu aos maiores impactos da chuva na bacia do rio Jordão, onde as classes erosivas entre 11648,2-12769,7 e 12769,8-13891,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> determinam 65,7% da erosividade anual. Juntam-se as classes de erosividade comentadas anteriormente as classes que compreendem 10526,6-11648,1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com 17,1% da erosividade anual, conforme pode ser visto na Tabela a seguir.

**Tabela 12. Distribuição de classes de erosividade anual e frequência de postos na área de estudo.**

nº	Classes	1998			2005		2006	
		Cor	F.A	%	F.A	%	F.A	%
1	6040.2-7161.7	Amarelo	0	0,0	0	0,0	13	37,1
2	7161.7-8283.3	Amarelo	0	0,0	1	2,9	13	37,1
3	8283.4-9404.9	Amarelo	0	0,0	3	8,6	7	20,0
4	9405-10526.5	Laranja	1	2,9	17	48,6	1	2,9
5	10526.6-11648.1	Vermelho	6	17,1	9	25,7	0	0,0
6	11648.2-12769.7	Vermelho	12	34,3	3	8,6	0	0,0
7	12769.8-13891.2	Vermelho	11	31,4	2	5,7	0	0,0
8	13891.3-15012.8	Vermelho	5	14,3	0	0,0	0	0,0

Org. AMARAL, A. A do (2012).

O ano de 2005 (padrão habitual) atesta a diminuição dos valores de erosividade em relação ao ano de 1998. A classe predominante de impacto da chuva correspondeu a 9405-10526,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com 48,6% da erosividade do ano. Esta classe é seguida pelos valores entre 10526,6-11648,1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com 9%. Percebe-se pela tabela acima que neste ano os valores da erosividade foram melhor distribuídos quantitativamente uma vez que, pode-se aferir aos valores entre 9405-10526,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> como característicos da erosividade na bacia do rio Jordão-PR.

O ano de 2006 (padrão seco) configura-se como o de menor erosividade em relação aos outros dois anos padrão. As classes entre 6040,2-7161,7 e 7161,8-8283,2 9405-10526,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com maior frequência (ver Tabela) correspondem 74,2% da erosividade deste ano. Neste ano o potencial erosivo das chuvas se limita a 10526,5 9405-10526,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Disso, quanto ao comportamento anual da erosividade pode-se afirmar que:

- O ano de 1998 (chuvoso) foi o de maior potencial erosivo seguido pelos anos de 2005 (habitual) e 2006 (seco) respectivamente.
- Os excepcionalismos são comprovados pela distribuição quantitativa do conjunto valores entre os três anos padrão, uma vez que os anos de 1998 e 2006 denotam extremos de erosividade forte e fraca, respectivamente.

Do ponto de vista espacial, conforme Figura 27 verificou-se que:

- a) O setor meridional da bacia é aonde as chuvas apresentam o maior potencial erosivo. Tal assertiva é válida tanto para ano habitual, como para ano extremo chuvoso e seco.
- b) O ano chuvoso (1998) apresenta a menor variabilidade da erosividade ao passo que o ano habitual (2005) apresenta à maior.

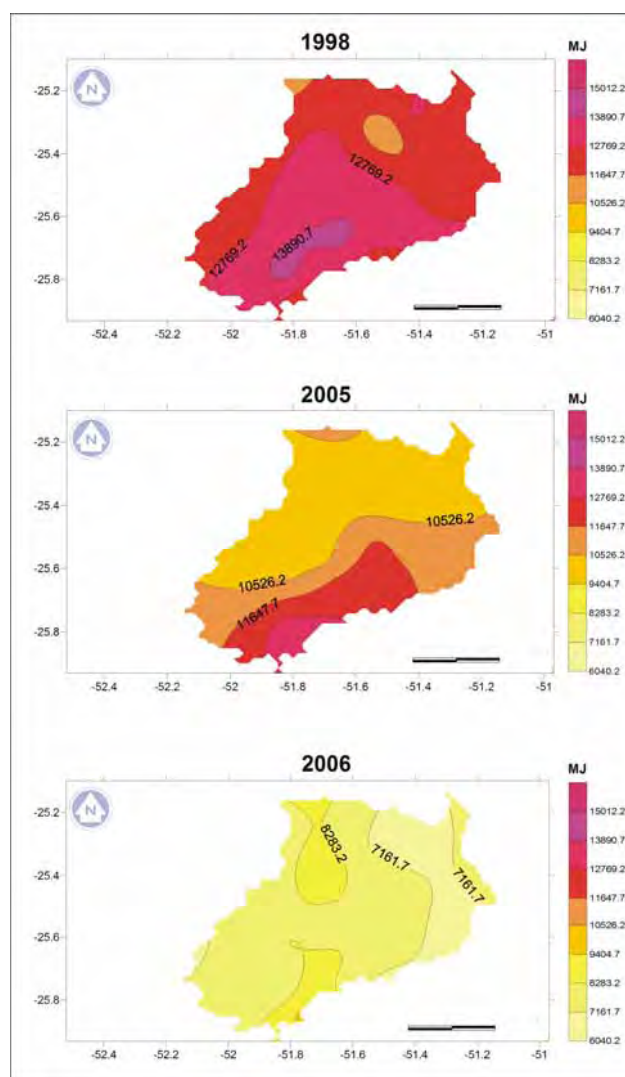


Figura 27. Erosividade na bacia do rio Jordão-PR nos anos padrão.

### 5.6.2 Distribuição da erosividade sazonal

Do mesmo modo que foi verificada a variabilidade temporo-espacial da erosividade na escala anual, o mesmo ocorreu no nível sazonal. No ano de 1998 (chuvoso) percebe-se que as estações de outono e inverno foram as que apresentaram as chuvas mais potencialmente erosivas (Figura 28). A distribuição das classes isoerosivas podem ser verificadas na tabela a seguir.

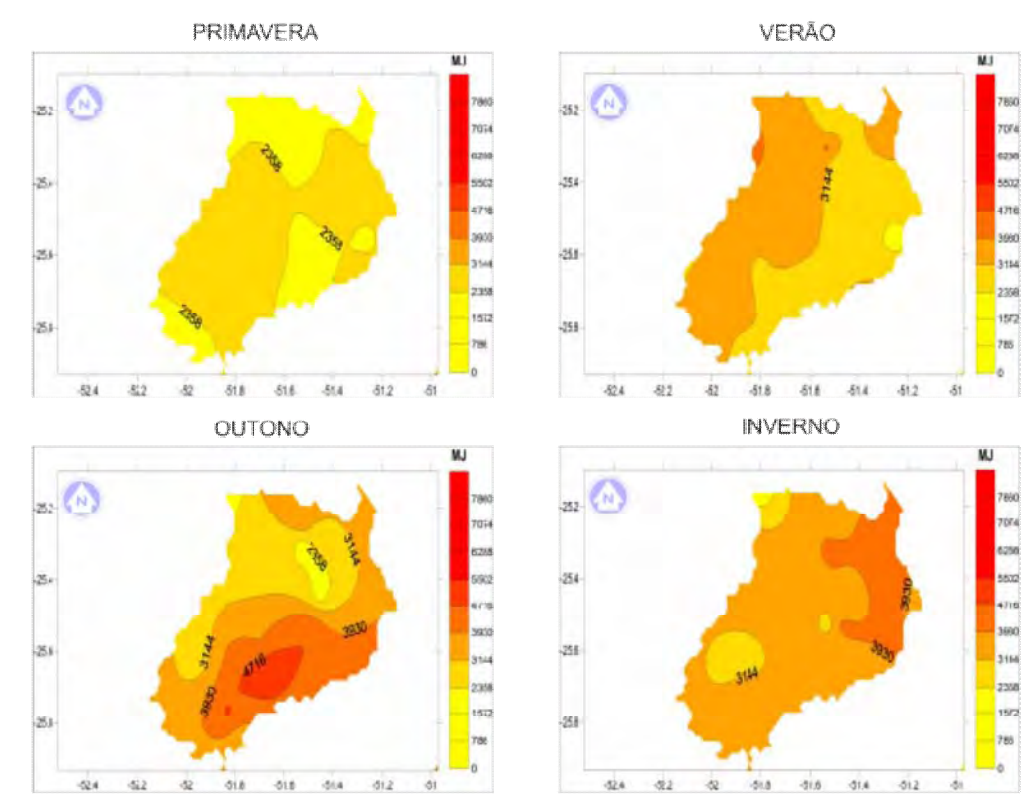
**Tabela 13. Distribuição das classes de erosividade mensal na bacia do rio Jordão-PR.**

nº	Classe	Cor
1	0-786	Amarelo
2	786.1-1572.1	Amarelo
3	1572.2-2358.2	Amarelo-alaranjado
4	2358.3-3144.3	Alaranjado
5	3144.4-3930.4	Vermelho
6	3930.5-4716.5	Vermelho
7	4716.6-5502.6	Vermelho
8	5502.7-6288.7	Vermelho
9	6288.8-7074.8	Vermelho
10	7074.9-7860.9	Vermelho

Org. AMARAL, A. A do (2012).

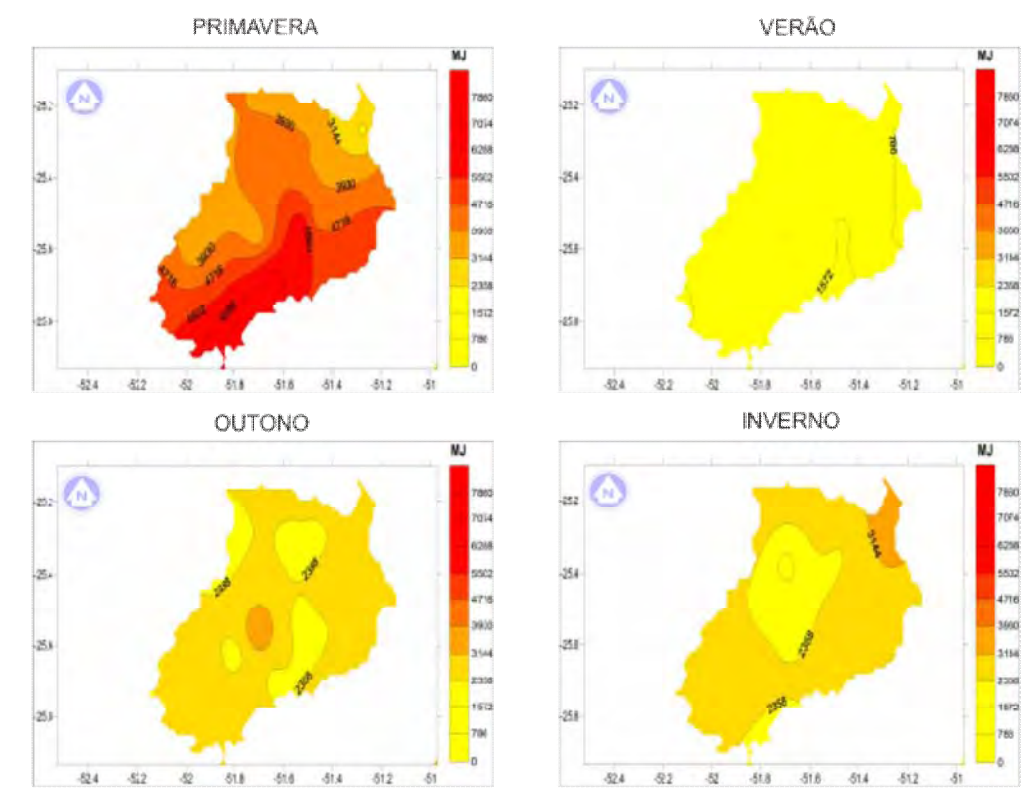
O outono, assim como o período hibernal, apresentou como classe mais representativa de erosividade os valores entre 3144,4-3930,4 e 3930,5-4716,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Juntam-se a estes valores, para estes períodos, as classes que compreendem 3930,5-4716,5 mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. No inverno os maiores contingentes podem ser observados no setor N-NE da bacia ao passo que no outono a superioridade localiza-se ao S-SE .

Para este ano, 1998, observa-se que os menores valores erosivos foram na primavera e verão respectivamente. Na primavera, estação do ano de 1998 com os menores valores de impacto da chuva no solo, predominaram as classes de 2358,3-3144,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, se estendendo no sentido SO-NE e 1572,2-2358,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas zonas N-NE, Sul e SO.



**Figura 28. Distribuição da erosividade sazonal na bacia do rio Jordão no ano padrão chuvoso (1998).**

O ano de 2005 (habitual) comporta-se, sazonalmente, de maneira distinta do ano de 1998 (chuvoso). Se, neste último o inverno e outono obtiveram os maiores valores de erosividade, em 2005 esta característica remete às estações sazonais de primavera e inverno, respectivamente (Figura 29). Na primavera, prevaleceram valores entre 3144,4-3930,4 e 3930,5-4716,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Os maiores valores distribuíram-se entre o setor S-SO alongando-se paulatinamente para Norte seguindo o interflúvio da bacia.



**Figura 29. Distribuição da erosividade sazonal na bacia do rio Jordão no ano padrão habitual (2005).**

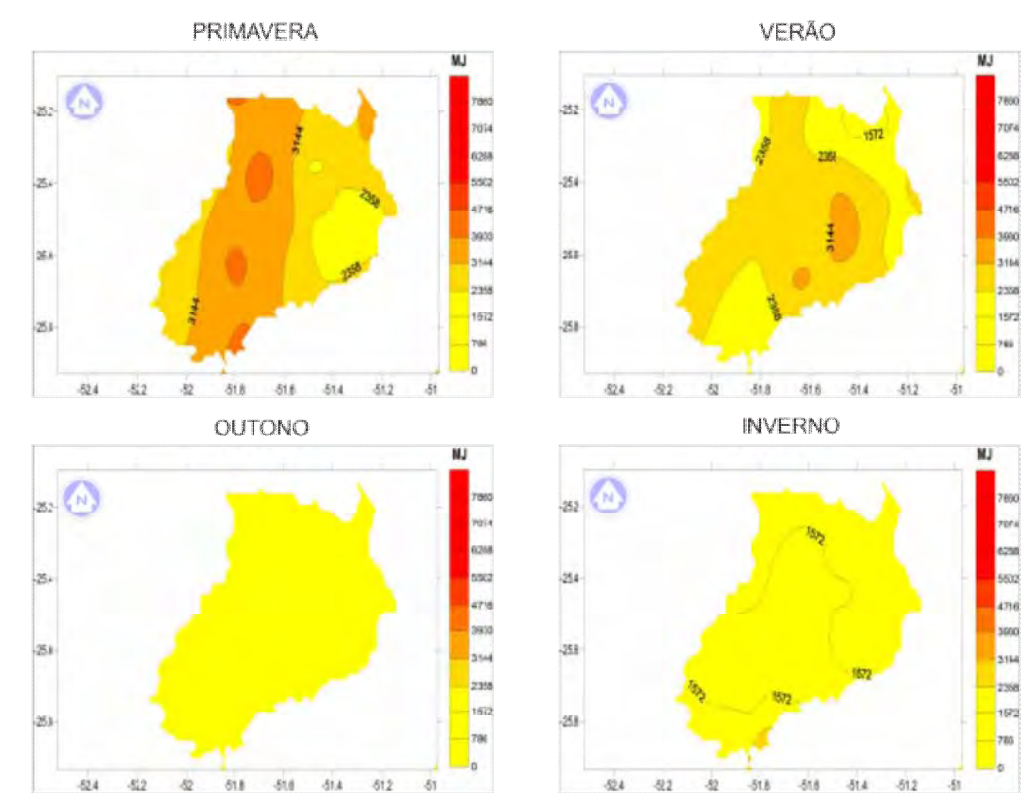
No inverno predominam valores entre 2358,3-3144,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> na maior porção da bacia, com excessão de um núcleo de 1572,2-2358,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> na área Centro-Oeste e de uma pequena área entre 3144,4-3930,4 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> no extremo N-NE da unidade.

O verão e o outono, respectivamente, obtiveram os menores valores de erosividade. O verão teve como valor representaivo na maior parte da bacia o limiar entre 786,1-1572,1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, sendo que em termos de variabilidade no espaço encontra-se apenas outra classe isoerodente na bacia, seja ela no setor N-NE que figura entre 0-786 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. O outono configurou-se com valores de erosividade no patamar de 1572,2-2358 juntamente com índices entre 2358,3 e 3144,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> na maior porção da bacia.

O ano de 2006 (seco) atesta a primavera e o verão como estações sazonais mais erosivas (Figura 30), ambas com valores superiores de erosividade entre

2358,3-3144,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Como pode ser observado na Figura 30, a primavera destaca-se configurando uma zona isoerosiva que se estende de SO para NO.

Por sua vez, o outono e o inverno são os que apresentam os menores impactos da chuva no solo, uma vez que o potencial erosivo da chuva atinge, no seu máximo, o limite de 1572,2-3144,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.



**Figura 30. Distribuição da erosividade sazonal na bacia do rio Jordão no ano padrão seco (2006).**

De toda esta conjuntura da dinâmica sazonal da erosividade nos três anos padrão pode-se afirmar que:

- Habitualmente, a primavera, seguida pelo inverno, detém as maiores erosividades. O oposto corresponde ao outono e o verão, que possui os menores índices acumulados de impacto erosivo da chuva.
- Em ano de excesso de chuva o inverno mantém elevadas taxas de erosividade, figurando juntamente com o outono ao passo que o verão, agora

juntamente com a primavera, foram as estações do ano menos erosivas do ponto de vista do impacto da chuva.

- c) No caso de ano com déficit de chuva, a primavera retorna a ser, agora juntamente com o verão, as estações sazonais mais erosivas ao passo que o inverno e, principalmente o outono, são as menos erosivas.
- d) No inverno os maiores valores de erosividade ocupam os setores setentrionais da bacia, principalmente em ano chuvoso, onde o arranjo espacial é mais pronunciado.
- e) Na primavera, em ano habitual, verifica-se a maior variabilidade dos valores. O arranjo se dá, em ordem decrescente, de Sul para Norte e o setor Leste da bacia destaca-se em anos extremos (tanto positivos quanto negativos) como de menores valores.
- f) No verão em ano habitual os valores são bem distribuídos pela bacia. Em ano chuvoso os maiores valores se concentram em uma faixa que se estende de SO a NO da bacia ao passo que em ano seco este setor de maiores valores erosivos se estendem para o centro da bacia.
- g) No outono, em ano chuvoso, os maiores valores podem ser identificados em uma faixa que preenche desde o SO até o NE da bacia. Em ano habitual os valores são bem distribuídos, porém com alguns núcleos de menores e maiores valores na região central e em ano seco observa-se a maior homogeneidade na distribuição dos valores, não se destacando um setor.

### **5.6.3 Distribuição da erosividade mensal**

Afunilando ainda mais a análise, perpassemos agora ao comportamento mensal, como desdobramento da análise anual e sazonal. Como são numerosos os meses do ano, aqui serão retratados os meses de maior e menor impacto das chuvas em estratégia comparativa dos anos padrão para que possamos adentrar no nível diário.

Além disso, conforme a distribuição das classes de acordo com a técnica empregada (Tabela 14), seja ela a de Sturges, assim como foi feito com a chuva, observou-se que em alguns anos grande parte dos meses do ano, principalmente

naqueles de baixo valores de erosividade, não ocorre a variabilidade espacial do fenômeno. Neste caso, isso vem a reforçar a amplitude do fenômeno valorizando aqueles meses excepcionais (extremos) em termos de potencial erosivo da chuva.

nº	Classes	Cor
1	93.3-773.8	Amarelo
2	773.9-1454.4	Amarelo
3	1454.5-2135	Amarelo
4	2135.7-2815.6	Amarelo-alaranjado
5	2815.7-3496.2	Alaranjado
6	3496.2-4176.8	Vermelho-alaranjado
7	4176.9-4857.4	Vermelho
8	4857.5-5538	Vermelho
9	5538.1-6218.6	Vermelho
10	6118.7-6899.2	Vermelho
11	6899.3-7579.8	Vermelho

**Tabela 14. Distribuição das classes de erosividade mensal na bacia do rio Jordão-PR.**

Como pode ser visto na

Figura 31, em termos quantidade de erosividade no ano de 1998 (chuvoso) destacam-se os meses de março, abril, setembro e outubro. O mês de abril apresentou os maiores valores erosivos. O Setor S-SE contou com os maiores valores no entorno de 3496,2-4176,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> sendo esta classe a mais representativa na bacia, ao passo que o contingente diminuiu para NO aonde alcança 2135,7-2815,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. os menores valores de erosividade podem ser visualizados no centro Norte e extremo NO da área com índices de erosividade na classe de 1454,5-2135 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

O mês de setembro foi o segundo mês mais erosivo na bacia do rio Jordão no ano de 1998. O centro Norte da bacia contou com os maiores impactos, na ordem de 2135,7-2815,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. o restante da bacia obteve erosividade na ordem de 1454,5-21-35 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

Estes dois meses confirmam e explicam a afirmação feita anteriormente de que o outono e o inverno foram as estações mais erosivas do ano chuvoso, pois, ambos destacam-se consideravelmente no quadro anual em termos de erosividade. No mais, a maior parte dos meses não apresentam impacto erosivo significativo.

Como pode ser visto na Figura 32, o mês de outubro obteve a maior erosividade no ano de 2005 (habitual). O setor mais impactado pela chuva foi o SE com 5538,1-6218,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Estes valores diminuem conforme direção NE e NO, principalmente em relação a este último, aonde atingem 2815,7-3496,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

Outro mês com valores elevados de erosividade foi setembro. Ao contrário do mês de outubro, a orientação decrescente dos índices segue direção de Norte para Sul. Com impacto da chuva menor que outubro, os maiores valores neste mês foram de 2135,7-2815,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ao Norte da área. No restante da bacia dominou os valores de 1454,5-2135 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

Já o ano seco, 2006, apresenta um quadro diferente dos demais em relação aos meses de maior erosividade. Neste ano figuram os meses de dezembro e janeiro como mais erosivos (Figura 33).

O mês de dezembro foi o mais erosivo com o seu setor Sul como mais afetado aos impactos da chuva (2135,7-2815,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). Este valor é seguido pela isoerodente de 1454,5-2135,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> que se expande por toda a área, no sentido S-NO. No SO e E-NE os valores decrescem para 773,9-1454,4 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

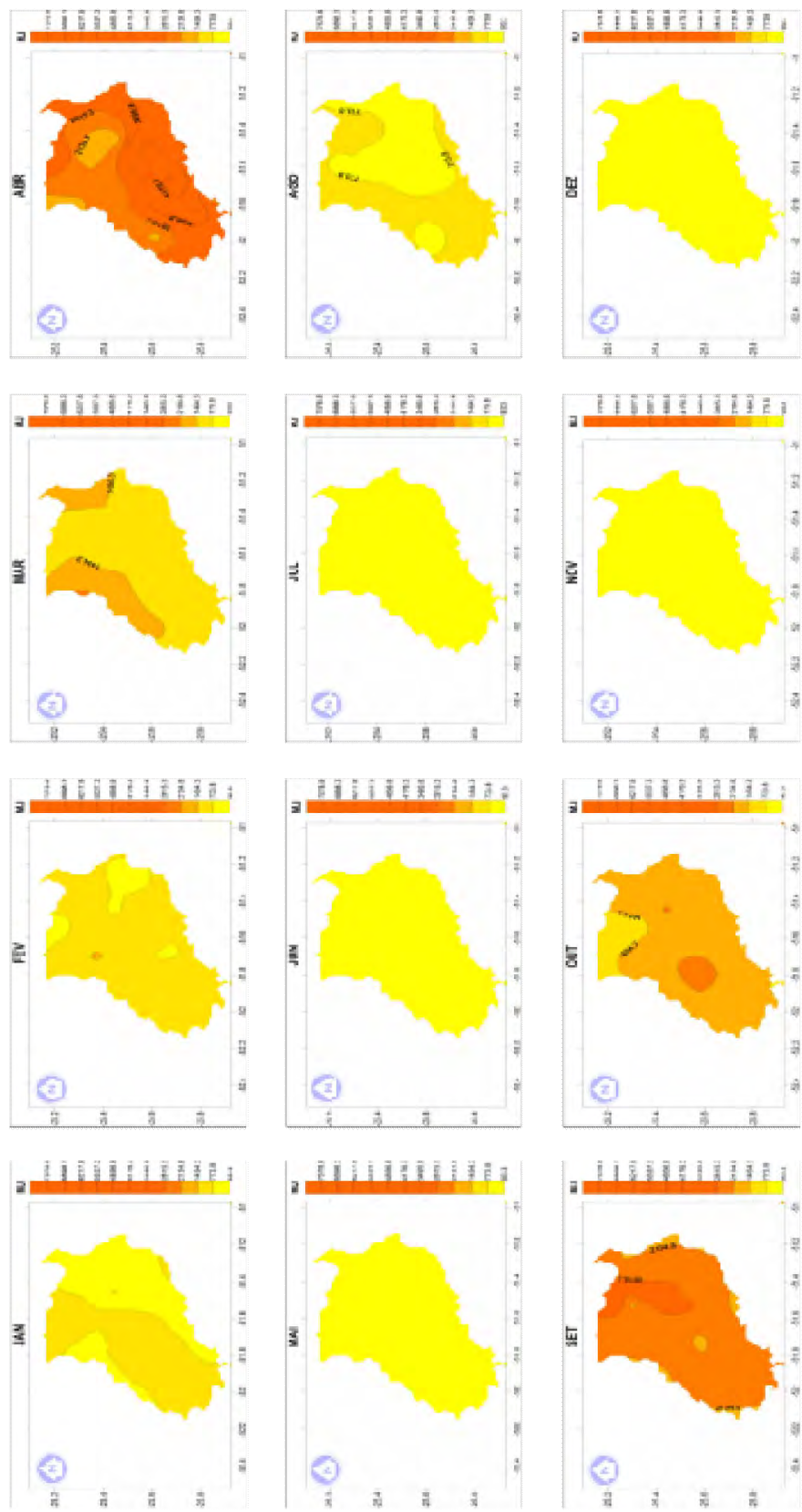


Figura 31. Distribuição mensal da erosividade na bacia do rio Jordão-PR no ano padrão chuvoso (1998).

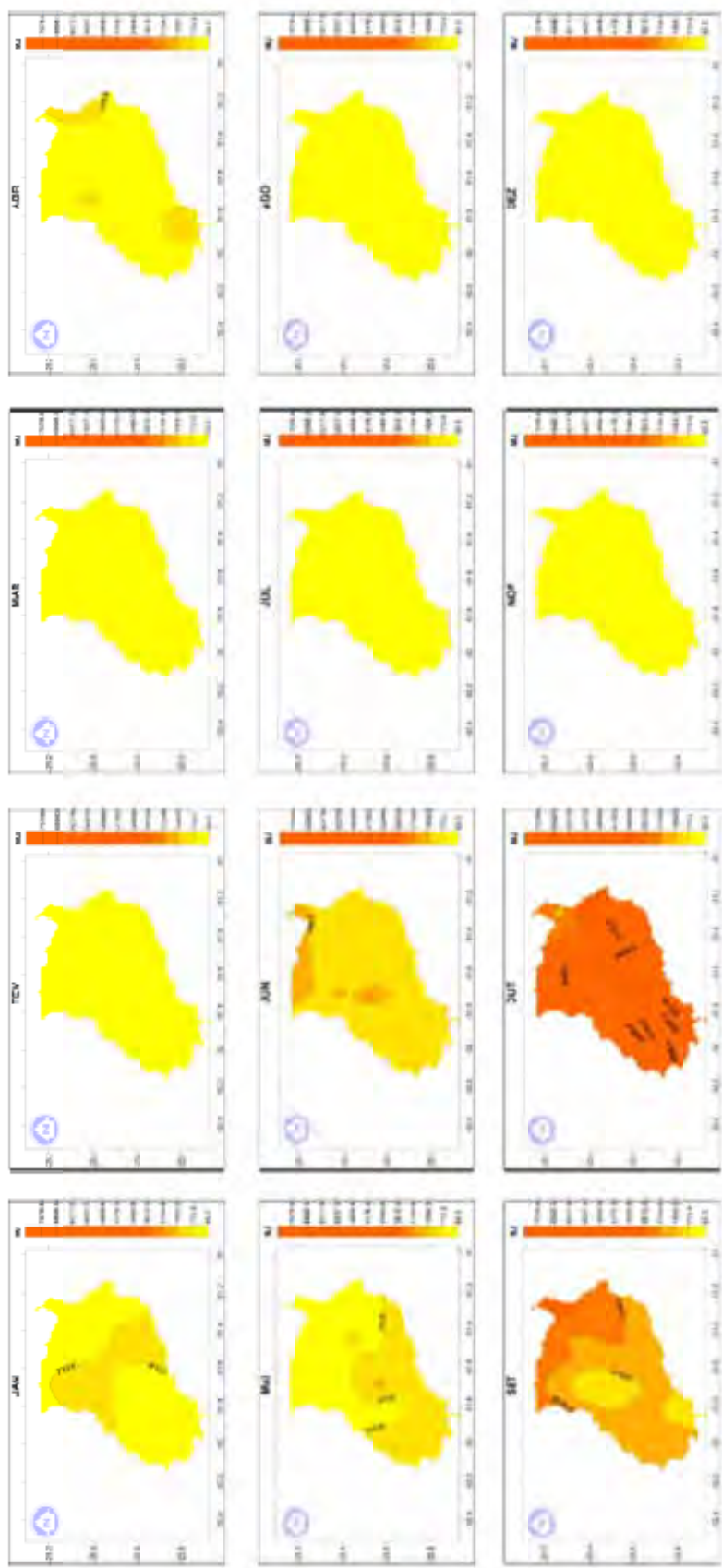


Figura 32. Distribuição mensal da erosividade na bacia do rio Jordão-PR no ano padrão habitual (2005).

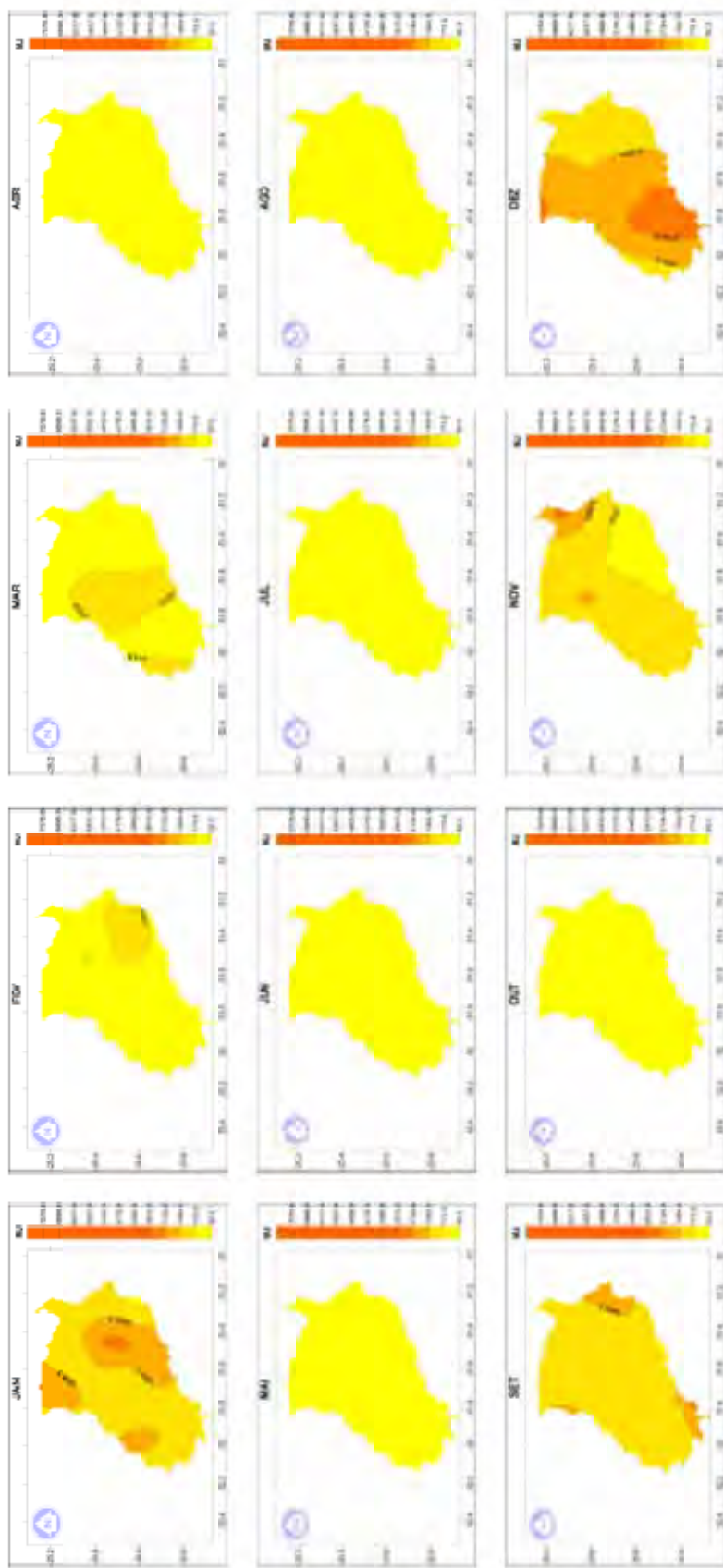


Figura 33. Distribuição mensal da erosividade na bacia do rio Jordão-PR no ano padrão seco (2006).

## 6 A CHUVA E A EROSÃO EM GUARAPUAVA-PR: ANÁLISE RÍTMICA DOS TIPOS DE TEMPO EROSIVOS

### 6.1 Distribuição temporal dos eventos erosivos nos anos padrão

Como este estudo tem como objetivo principal avaliar o fenômeno na escala diária, em concordância com a dinâmica da atmosférica causadora dos impactos erosivos, a análise rítmica dos tipos de tempo será realizada na cidade de Guarapuava-PR, pois, este local é o único na bacia que possibilitou tal análise uma vez que somente ele possui informações diárias dos elementos meteorológicos como temperatura, pressão atmosférica, umidade etc, além de dados horários de chuva para a avaliação da intensidade da mesma, conforme explicado no item referente aos procedimentos metodológicos.

Assim, foi construído uma representação Figura 34. Dinâmica diária da chuva e dos eventos erosivos em Guarapuava-PR nos anos padrão chuvoso (1998), habitual (2005) e seco (2006)., que representa a dinâmica da chuva nos três anos padrão em Guarapuava-PR no nível diário. Acoplado a este gráfico está a representação dos eventos de magnitude (intensidade) iguais ou superiores a 10mm/h que são considerados como erosivo.

No ano de 1998 pode ser observado que, com exceção dos meses de junho e julho, todos os demais contaram com eventos erosivos. Este ano foi o que obteve o maior número de eventos >10mm/h, totalizando 40, conforme Tabela 15, seguido pelo ano de 2005 (29) e 2006 (23).

**Tabela 15. Distribuição quantitativa dos eventos erosivos nos anos padrão.**

<b>Classe (mm/h)</b>	<b>1998</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
<b>10 a 20</b>	31	22	19
<b>21 a 30</b>	8	6	4
<b>&gt; 30</b>	1	1	0
<b>Total</b>	40	29	23

Org. AMARAL, A. A do (2012)

Quanto a análise por classe de chuva > 10mm/h, o ano de 1998 (chuvoso) também lidera a estatística no que remete aos eventos que compõem o intervalo entre 10 e 20mm/h, posto que congrega 31 eventos, seguido pelo ano de 2005 (22) e 2006 (19). Na classe imediatamente superior, seja ela a que agrupa os 21-30mm/h o ano chuvoso também é o mais competitivo, porém, com uma diferença menor em relação aos demais com 8 eventos ao passo que 2005 soma 6 e 2006 4 eventos. E, por fim, na classe de maior impacto erosivo da chuva (>30mm/h) ocorreram apenas dois eventos em Guarapuava-PR nestes três anos, 1 em 1998 e 1 em 2005.

Sazonalmente, conforme Tabela 16, pode-se observar que ocorreu bastante variabilidade na distribuição dos eventos pluviométricos erosivos. No ano chuvoso, na classe de 10-20mm/h, destaca-se o verão, seguido pelo inverno, primavera e, enfim, o outono. Porém, na classe imediatamente superior, seja ela 21-30mm, ocorre uma mudança na distribuição. Os eventos mais erosivos translocam-se para o outono que é seguido pelo inverno e pela primavera, uma vez que o verão não computa nenhum evento. Já na classe >30mm/h verifica-se evento somente no outono. Constata-se então, que o verão e o inverno foram às estações com maior número de eventos erosivos, porém, o outono foi a estação mais erosiva pois, contabilizou eventos erosivos em todas as classes durante este ano chuvoso

**Tabela 16. Distribuição quantitativa dos eventos erosivos sazonais nos anos padrão.**

1998				
Classe	PRI	VER	OUT	INV
10 a 20	7	12	3	9
21 a 30	1		5	2
> 30			1	
<b>Total</b>	8	12	9	11
2005				
Classe	PRI	VER	OUT	INV
10 a 20	7	6	5	4
21 a 30	3	2	1	
> 30			1	
<b>Total</b>	10	8	7	4
2006				
Classe	PRI	VER	OUT	INV
10 a 20	7	9	1	2
21 a 30	2	1	1	
> 30				
<b>Total</b>	9	10	2	2

Org. AMARAL, A. A do (2012).

No ano de 2005 (habitual) a primavera passa a contar com o maior número de eventos >10mm/h, seguida pelo verão, outono e inverno. A primavera e o verão também lideram nos eventos de 21-30mm/h e são seguidos pelo outono. Verifica-se, mais uma vez, assim como ocorreu no ano chuvoso (1998), que o outono possui eventos erosivos em todas as classes de chuva.

Por fim, no ano seco (2006) o verão e o outono foram os que contabilizaram mais eventos erosivos, respectivamente, no entanto, a primavera pode ser considerada mais erosiva pelo fato de possui mais eventos erosivos de 21-30mm/h uma vez que neste ano não ocorreu nenhum evento acima de 30mm/h.

No quadro mensal (Tabela 17), no ano de 1998 é notável, assim como na análise pluviométrica e na erosividade, a importância do mês de abril no cômputo das chuvas erosivas. Este mês soma 8 eventos e é acompanhado apenas pelo mês setembro com 6, fevereiro com 5. Porém, o mais interessante é que este mês apresenta chuvas erosivas em todas as classes, sejam elas 10-20mm/h (3 eventos), 21-30mm/h (4 eventos) e >30mm/h (1 evento). Como pode ser visto, na classe de 21-30mm/h, juntamente com o mês de novembro (1 evento) são os únicos a apresentar este patamar de chuva. Este mês é o único a apresentar chuva acima de 30mm/h. Tal cenário é tem fortes implicações no processo de erosão hídrica.

**Tabela 17. Distribuição quantitativa dos eventos erosivos mensais nos anos padrão.**

1998												
Classe (mm/h)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
10 a 20	4	5	3	3			2	1	6	3	1	4
21 a 30				4							1	
> 30				1								
Total	4	5	3	8	0	0	2	1	6	3	2	4
2005												
Classe (mm/h)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
10 a 20	2	2	2			3		1	3	3	1	3
21 a 30		1	1	1		1					1	2
> 30												
Total	2	3	3	1	0	4	0	1	3	3	2	5
2006												
Classe (mm/h)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
10 a 20	4	2	3			1			1	3	3	1
21 a 30		1		1								2
> 30												
Total	4	3	3	1	0	1	0	0	1	3	3	3

Org. AMARAL, A. A do (2012).

No ano de 2005 (habitual) destaca-se o mês de dezembro no quadro anual com 5 eventos seguido por junho com 4. Estes dois meses, juntamente com fevereiro, março, abril e novembro são os únicos que contabilizaram eventos na classe de 21-30mm/h. Neste ano não ocorreram eventos de chuva >30mm/h.

Já no ano de 2006, janeiro sagrou-se o mês com maior número de eventos (4) seguido pelos meses de fevereiro (3), Março (3) outubro (3) novembro (3) e dezembro (3). Os únicos meses com eventos de 21-30mm/h foram fevereiro, abril e dezembro, uma vez que neste ano também não tivemos chuvas acima de 30mm/h.

Dada a dinâmica da chuva e da erosividade analisados no item anterior e, principalmente, a distribuição dos eventos de chuva considerados erosivos, decidiu-se por analisar, pelo viés da análise rítmica dos tipos de tempo, os meses de abril e dezembro, uma vez que estes dois meses se destacaram no cenário dos três anos padrão no que tange ao papel erosivo da chuva.



## 6.2 Análise rítmica dos tipos de tempo e das chuvas erosivas nos meses de abril nos anos padrão em Guarapuava-PR

### 6.2.1 Abril de 1998

No dia 01 tem-se um evento pluviométrico de 7,6mm resultado da repercussão da Frente Polar Atlântica que passou pela região de Guarapuava no final do mês de março e que neste dia já se encontra a altura de Santos, no litoral paulista. Já pode ser observado um Anticiclone Migratório Polar de 1028 HPa mobilizando-se entre as latitudes 31 e 45°S, com centro sobre a foz do *Rio de La Plata*. A carta sinótica do dia já aponta pressões de 1016 HPa na área de estudo, no Centro-Sul do Paraná.

No dia 02 estabelece-se a Massa Polar Atlântica na região sob a ação da isóbara de 1020 HPa. Percebe-se a queda das mínimas aumentando a amplitude das temperaturas (

**Figura 42. Ritmo diário dos tipos de tempo, gênese da chuva e intensidade das chuvas nos meses de abril nos anos padrão em Guarapuava-PR.** Figura 42) e diminuição da umidade, o que atesta a entrada da PA na região. Por exercer domínio dos tipos de tempo por apenas dois dias, a PA, ainda fraca, permanece até o dia 05. Este dia marca o envelhecimento da PA (agora com seu núcleo de 1028 HPa mais afastado do continente, no meridiano 43°O), dando espaço para descida de ares intertropicais e possibilitando o desenvolvimento de duas áreas de baixa pressão, o mais importante deles com centro na costa do Atlântico Sul argentino (47°S e 63°O), ambos com 1008 HPa. Já se observa neste dia áreas de Instabilidade Tropicais na área de estudo (que no dia 04 localizava-se entre o NO do estado Sul rio grandense e o Chaco), com céu parcialmente nublado. Neste momento o núcleo do Anticiclone Polar que outrora, no dia 03, dinamizava-se com 1030 HPa, chega no dia 06 com 1024 HPa e já dista do continente.

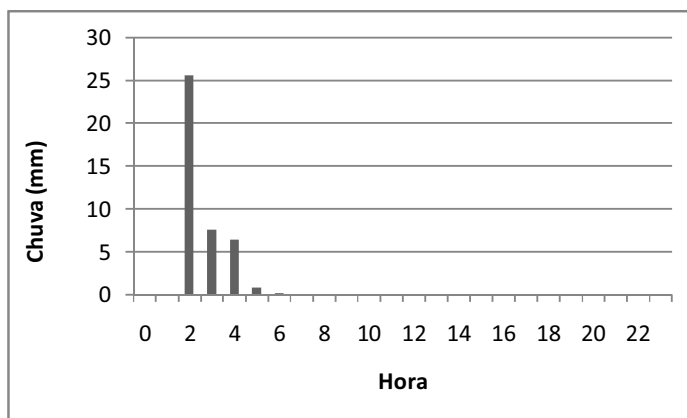
No dia 06 ao tempo em que a PA perde força, já envelhecida, e ocorre o avanço dos sistemas intertropicais a latitudes maiores (avanço da TA), desenvolve-

se uma frontogênese inicialmente orientada para o oceano, entre os paralelos 40 e 45°S, na costa Argentina.

Com a estiagem de 5 dias, porém com a presença da PA, que garantiu temperaturas mais amenas, o que condicionou baixa evapotranspiração, o solo apresentou pouca perda de água (CAD e ARM na **Figura 42**). No dia 06 o solo está com 94,5% de água ainda armazenada. Isso, do ponto de vista hidrogeomorfológico implica, a princípio, em pouca vulnerabilidade aos eventos pluviais mais habituais no decorrer do ano, que possuem a característica de serem bem distribuídos no tempo. No entanto, tal condição, em associação com eventos de importante magnitude pluviométrica pode causar perdas de solo consideráveis no sistema geomorfológico.

No dia 07, impulsionada por novo fluxo de ar com núcleo de 1020 hPa na altura da Patagônia Argentina, observa-se a FPA na região Oeste e central do Paraná, causando atividade pluvial de 40,6mm em 4 horas neste dia. É neste mesmo dia que ocorre o primeiro impacto erosivo da chuva (= ou > 10mm/h) em Guarapuava, onde entre às 03:00h e 04:00h ocorreu um evento de 25,6mm (Figura 35). Com passagem rápida, a FPA, no dia 08, às 12:00 HMG já se encontra inclinada a deixar o continente na latitude de 20°S, no litoral paulista.

Neste caso deve-se prestar atenção ao jogo estabelecido entre os tipos de tempo. Observa-se que decorreram 5 dias entre uma frente fria e outra; as duas tiveram passagens rápidas e a última posicionando-se entre a PA distribuída no campo de 1020 hPa, estabelecida no Norte da Argentina e a TA, ambas atraídas pelo gradiente da baixa do Chaco.



**Figura 35. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 07/04/1998.**

Seguindo, no dia 8 tem-se atividade pluvial de 3,4mm como repercussão da Frente Polar Atlântica ao passo que o a PA que se dirigia à retaguarda da FPA já chega envelhecida na região da bacia do rio Jordão no dia 09, pelo que se percebe às elevações da temperatura. Este cenário reconstituído apresenta o primeiro do total de três episódios de chuva com potencial a causar erosão.

Somadas os valores de chuva causados pela FPA nestes dois dias tem-se um excedente de 35,8mm de água no solo. Isso remete, faz-se justo lembrar, à vulnerabilidade do solo não somente pelos fatores impacto cinético da gota ou pelo salpico, que se dá no início do processo pluvial, mas também à erosão pelo transporte de sedimentos pelo escoamento, exatamente pelo excedente hídrico. Este terceiro momento do processo erosivo, pressupõe-se, está relacionado com a duração do evento pluvial para o qual o sistema geomorfológico irá reagir dependendo das condições iniciais.

No dia 10 inicia o domínio dos sistemas atmosféricos intertropicais, onde é mais enunciada à atuação da TA. Até o dia 14, devido ao desabastecimento de ar frio no Sul do continente americano para dinamizar os processos frontogênicos não houve chuva. Com temperaturas mais elevadas e índices menores de umidade, elevaram-se os processos de evapotranspiração e, no dia 14 o solo conta com 90,3% de água armazenada, o que atesta a retirada de água do solo que os eventos anteriores haviam depositado.

A região da área de estudo manteve-se estável na isóbara de 1012 HPa. A Massa Tropical Atlântica, por conta da atuação imperante do Anticlone Tropical Atlântico até a 35°S foi ameaçada no domínio dos tipos de tempo somente no dia 14 com o fortalecimento do Anticlone Migratório Polar, o que possibilitou a formação de uma frontogênese com seu eixo localizado na divisa entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul.

Já no dia 15, devido ao não avanço da PA, que se encontra fixa na região central da Argentina, e pelo afastamento do continente pelo Anticiclone Tropical Atlântico desdobrando-se no enfraquecimento da TA, definiu-se uma calha induzida

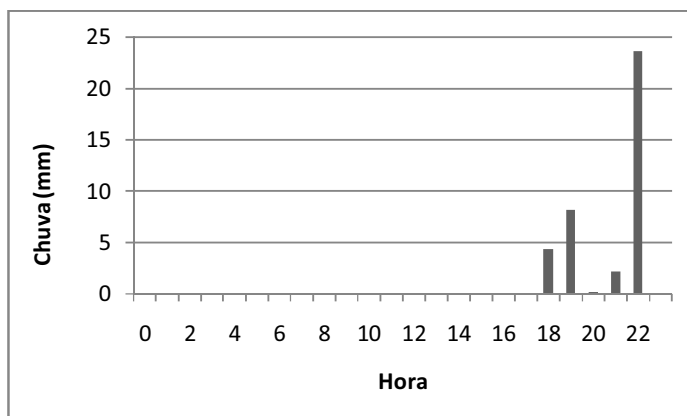
entre o Sul do Paraguai e o SE do Rio Grande do Sul (30°S) já com registros de chuva. Disso advieram as áreas de Instabilidade Tropical na área de estudo devido ao contato do ar Tropical Atlântico com o ar Tropical Continental.

No dia seguinte (16) a situação é a mesma, com a diferença que o contato entre os tipos de tempo tropicais continentais e tropicais atlânticos se dá mais ao Norte, na latitude de 25°S. A calha induzida se posiciona exatamente sobre a área de estudo, justificando as chuvas que totalizaram 28mm em Guarapuava. Dia 17, devido ao avanço do ar frio da PA, dinamiza-se a FPA exatamente sobre Guarapuava (às 12:00 HMG) porém pela falta de umidade, a mesma dilui-se no mesmo dia, chovendo apenas 1,4mm (figura 36).

Se no domínio da TA entre os dias 10 a 14 houve a retirada de água do solo resultando na deficiência hídrica climatológica, os eventos dos, principalmente, dias 15 e 16, que foram bem distribuídos no dia, serviram para a reposição da umidade.

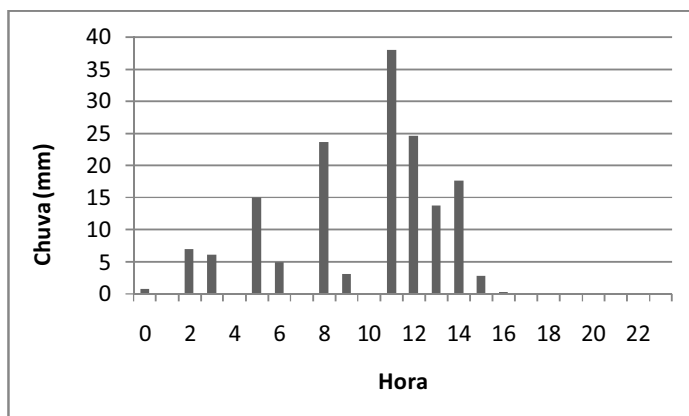
O dia 18 marca a entrada da Massa Polar com Anticiclone no Norte da Argentina, garantindo, assim como nos dias 19 e 20, a estabilidade da atmosfera, com céu limpo e uma significativa amplitude da temperatura diária, que terá seu máximo no dia 20, onde ela, a PA, já se encontra senil. Esta incursão da PA, desta vez, deu-se pelo interior, o que possibilitou o embate do sistema atmosférico extratropical (frio e seco), com o intertropical Atlântico (quente e úmido) e Continental (quente e seca). A PA recua para SO já no dia 19 com 1018 hPa e, no dia 20 já é uma Massa Polar Velha.

No dia 21 estabelece-se a TA pela eliminação do ar frio, resultando em céu limpo o dia todo. Neste mesmo dia já se forma, devido ao avanço da TC, Linhas Instabilidade que causam chuva entre os paralelos 35 e 42°S na costa argentina. Na retaguarda do ar quente encontra-se dinamizado o Anticiclone Migratório Polar, com 1020 hPa, induzindo a Instabilidade Tropical à latitudes menores, sem causar frontogênese. No dia 22 o eixo principal da Instabilidade já se encontra no Sul do território gaúcho. Neste mesmo dia dinamiza-se a FPA justamente sobre a área de estudo, ocorrendo chuvas a partir das 18 horas até às 22h que acumularam 38,6mm sendo que, às 22h tem-se um evento erosivo totalizando 23,6mm/h (Figura 36), exatamente no início das chuvas produzidas pela da FPA.



**Figura 36. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 22/04/1998.**

No dia 23 define-se o Anticiclone Tropical Atlântico com centro (1020 HPa) entre os paralelos 10 e 20° S e os meridianos 33 e 16°O com extensão de 1012 HPA que ocupa o território nordestino, parte do Centro-Oeste e o Sudeste brasileiro. Entre os paralelos 45 e 54°S e 65 e 52°O já está definido um Anticiclone Migratório Polar com centro de 1030 HPa, emitindo seu gradiente para Norte. Percebe-se novamente o papel exercido pela depressão do Chaco na atração dos sistemas inter e extratropicais. O contato entre ambos, já no dia 22, deu-se sobre a área de estudo e, devido á semelhança dos gradientes barométricos da PA, ao Sul, e da TA, ao Norte, a FPA, bloqueada, permanece estacionária sobre Guarapuava todo o dia 23. O resultado disso, como pode ser observado no gráfico abaixo, foi à ocorrência de 15 horas de chuva sendo que se contabilizou 6 eventos erosivos em um dia de 158,4mm de chuva (Figura 37).



**Figura 37. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 23/04/1998.**

Ainda, no dia 24, a FPA permanece estacionária sob a região, acumulando 17mm precipitados, dissipando-se para o Oceano no dia seguinte. O jornal *O Estado de São Paulo* assim relata este episódio em sua edição de 25 de abril de 1998:

“Cerca de 500 pessoas ficaram desabrigadas com a chuva e os ventos que atingiram o Paraná ontem, informou a Defesa Civil em Curitiba. O município mais afetado foi Guarapuava, no centro do estado. Aproximadamente 300 pessoas tiveram as casas destelhadas ou inundadas pelas águas do rio cascavel. “Tivemos, em menos de 24 horas, as chuvas de quatro ou cinco meses”, disse o prefeito” [...].

A figura na seqüência dá a noção da magnitude deste episódio no sistema hidrogeomorfológico do local.

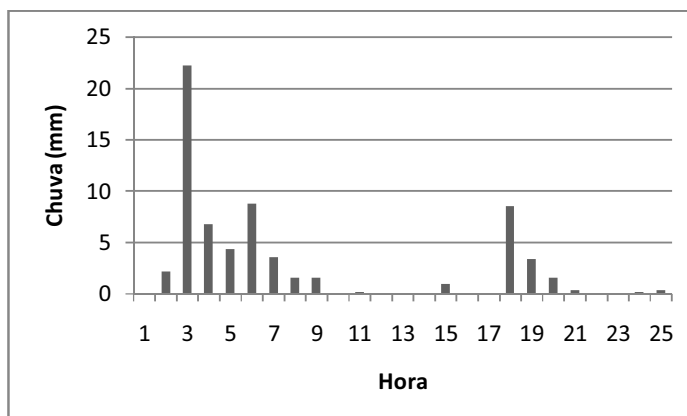


**Figura 38. Impacto hidrogeomorfológico na cidade de Guarapuava no dia 25/04/1998.** Fonte: Prefeitura municipal de Guarapuava-PR (2012).

Bem, este evento de extrema magnitude implicou em importantes impactos ao sistema geomorfológico. Climatologicamente pode-se aferir que o impacto se dá em condições em que o solo já estava com 100% de Capacidade de Água Disponível (CAD), pois, no dia 22 já havia sido sanado o déficit anterior deixado pela TA.

No dia 25 manifesta-se a PA, já tropicalizada. Sua incursão limita-se ao Norte do Paraná posto que foi obrigada a retroceder pela pressão exercida pelos sistemas intertropicais continentais e oceânicos, registrando, este dia, apenas 7,6mm. Nos dias 26 (22,6mm acumulados) e 27, verifica-se um sistema de 1006 hPa entre o Paraguai e o Oeste do Paraná, Santa Catarina e o Rio Grande do Sul, formando uma calha induzida que gerou instabilidade com chuva no contato da TA com a Massa Tropical Atlântica justamente sobre o Paraná.

No dia 28 desenvolve-se outra frontogênese entre dois centros de baixa, um sobre o Mato Grosso do Sul (1006 hPa) e outro sobre o Uruguai (1002 hPa). Esta frente produz pluviosidade de 67mm neste dia, sendo que registra-se entre as 00 e 01:00h 22,2mm precipitados. Esta frente tem sua atuação prolongada até o dia 30.



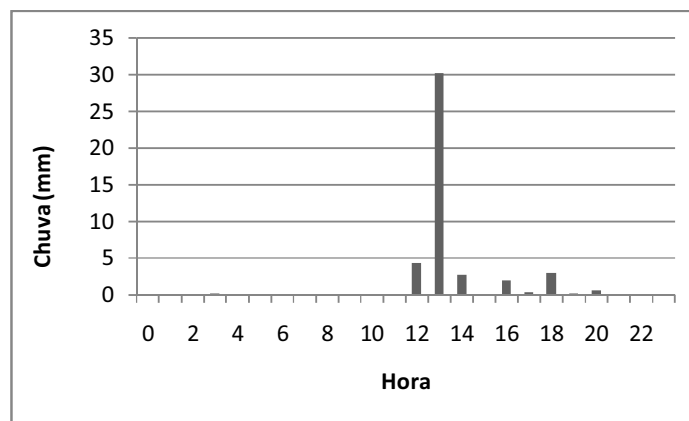
**Figura 39. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 28/04/1998.**

### 6.2.2 Abril de 2005

O mês principia com uma frente fria localizada no paralelo 40°S no litoral Norte argentino. O Anticiclone Atlântico domina aquele Oceano com um vasto centro de 1022 HPa com centro de 1024 HPa entre a latitude 47°S e longitude 38°O. A NO deste centro, entre o NE da Argentina e o Paraguai encontra-se o sistema Tropical Continental com 1006 HPa. Estes dois sistemas formam uma calha induzida que gera instabilidade entre o N-NE do Rio Grande do Sul e o Paraguai. Devido à incursão da PA para Norte alastrando-se pela calha formada no interior da Argentina até 20°S, acontece o deslocamento da TC para Leste e o afastamento para Leste da TA. Deste modo, a calha induzida, no dia 02, passa a se concentrar sobre o Estado do Paraná, garantindo a instabilidade na área de estudo onde chove 12mm, porém, sem potencial erosivo.

No dia 03, a frente que no dia anterior encontrava-se na divisa entre Brasil e Uruguai está inclinada a deixar o continente na altura do Paraná, resultando em chuva de 5,8mm em Guarapuava. No dia 04, ocorre um bloqueio pela TA ao Norte da FPA, determinando que a FPA, que se dinamizava já no oceano, retorne para o continente. Neste dia, choveu 43,8mm, dos quais 30,2 precipitou entre as 13 e 14:00h (Figura 40).

Pelas características da distribuição da chuva no tempo (cronológico) neste dia, percebe-se que o sistema descarregou praticamente toda a sua energia em apenas um segmento horário de atividade. Este episódio segue dois dias de chuva, por isso, na análise das implicações erosivas do mesmo, dada as condições iniciais, pode-se aferir que o solo já apresentava excedente hídrico de 8mm no dia 04. O evento de 4,4mm que antecede o evento erosivo trata de amortecer o impacto da gota da chuva no solo, esta é uma questão a ser considerada.



**Figura 40. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 04/04/2005.**

O excedente hídrico propicia outra forma de impacto da chuva que é a potencialização do escoamento superficial (fluxo hortoniano) principalmente na erosão dada pelo escoamento laminar ou em sulcos em áreas fortemente degradadas ou recentemente cultivadas.

Por outro lado, isso não constitui regra, uma vez que o fator impacto da gota de chuva e o salpico ou *splash* são importantes fatores no processo de desagregação das partículas do solo que determinam a carga de sedimento do fluxo, conforme apontam estudos de Guerra e Botelho (2005) dentre outros, podendo então, haver elevadas taxas de fluxo hortoniano sem transporte de sedimentos suficientes para a elevação da taxa de perda de solo em concordância com os altos valores de chuva.

Do dia 05 ao dia 07 incide a soberania da TA nas condições do tempo atmosférico até a latitude de 45°S onde no dia 06 mobiliza-se uma frente fria orientada para o Atlântico entre o *Golfo de San Matias* e as *Ilhas Malvinas*. Ainda

neste dia, observa-se uma calha induzida de umidade na divisa entre o Brasil e Uruguai pelo Rio Grande do Sul sob a ação da TA e TC. No dia 07, os ares intertropicais ganham latitude e levam as instabilidades tropicais até a foz do *Rio de La Plata*. No dia 08 a PA ganha força e a frente já pode ser visualizada com seu vértice superior na altura dos 30°S já totalmente no Oceano sendo que as áreas instáveis acompanham este vértice (franja) gerando chuvas de 11mm em Guarapuava, não causando impacto erosivo.

Do dia 09 ao 12, ao mesmo tempo em que ocorre a supremacia dos tipos de tempo regulados pela TA, observa-se o gradual fortalecimento das ondas de NO que, no dia 13 chega a formar, juntamente com a TA Linhas de Instabilidade na área de estudo, porém, com registro de apenas 0,4mm de chuva.

No dia 14 a TA retorna e dita os tipos de tempo até o dia 18. Neste período (do dia 09 ao 18), o Anticiclone Migratório Polar, mais recuado, juntamente com o Anticiclone Atlântico chegam a formar mais de uma dezena de frentes frias no Sul da América do Sul, porém, com pouca expressão latitudinal em suas incursões. Junta-se a isso, as suas trajetórias sempre sendo ordenada para o Oceano antes mesmo de atingir o território brasileiro.

No dia 19 e 20, devido às Linhas de instabilidade que acompanhavam uma frente fria que, na altura da foz do *Plata* já se destina ao Oceano, e pelo contato entre a TA de 1020 com a TC de 1008 HPa choveu 16,2mm, o mesmo que ocorre no dia 20 com 0,8mm. Neste mesmo dia já se observa a o avanço pelo interior do continente da PA com centro de 1022 HPa no N-NE da Argentina, justamente na Oeste da Instabilidade Tropical.

Nos dias 21 e 22 ocorre o retorno da TA na área de estudo garantindo o tempo “bom”. No dia 23, devido à dinâmica da PA que no dia 21 tem seu núcleo translocado para o Uruguai já com 1020 HPa, na região se instaura novamente linhas de Instabilidades Tropicais que causam chuvas de 0,8mm em Guarapuava. Ainda neste dia observa-se, exatamente sobre a bifurcação entre o Pacífico e o Atlântico, um núcleo do Anticiclone Migratório Polar de 1028 HPa e uma frente fria a 45°S (*Golfo de San Jorge*).

No dia 24 os sistemas intertropicais recuam a latitudes menores ao passo que o Anticiclone Atlântico distancia-se do continente. Novamente, junto a franja de menor latitude da frente fria que outrora se encontrava a 45°S (*Golfo de San Jorge*) e neste momento está a Leste de Montevideo, é acompanhada de linhas de instabilidade Tropical de direção SE-NE que faz conexão com ar de 1006 hPa sobre o Brasil Central a 20°S. No dia 24 precipitou 1,6mm e no dia 25 1,8mm. Neste último dia o centro da PA (localizada no mesmo local) que no dia 23 registrava 1028 hPa e está mais abastecida de ar frio com 1040 hPa.

A PA, no dia 26, após sua trajetória para N-NE chega com seu centro sobre a foz do *Plata* com 1020 hPa, expandindo seu gradiente até o Norte do país, caracterizando o estado da atmosfera na área de estudo neste dia.

No próximo dia ocorre a mudança das condições do tempo, porém cabe ressaltar um importante fato. Desde o dia 09, como pode ser visto na figura 39 na página 109, o solo não atingia o patamar de 100% de armazenamento de água. O mínimo foi no dia 18 com 78,9%. Nem mesmo a chuva de 16,2mm ocorrida no dia 19 foi o suficiente para atingir os 100% (encharcamento do solo). Tal situação atesta a vulnerabilidade a eventos concentrados de chuva (efeito *splash*), o que não aconteceu.

Os 100% de armazenamento de água no solo é atingida no dia 27, quando chove 13,8mm, adicionadas as chuvas do dia 28 (7,8mm), 29 (11,6mm) e 30 (0,4mm), ocorridas devido ao confronto entre o ar da PA, que, divide-se em duas células, uma recuando para o Atlântico na latitude do *Plata* (1024 hPa) e outro no Norte da Argentina com 1022 hPa. Assim, a área de estudo assiste o confronto, novamente, entre a PA, a TA dinamizadas, agora, pelo fraco gradiente de NO, o que proporcionou a ocorrência de Linhas de Instabilidade com pouca umidade, uma vez que a PA consegue mater-se, mesmo Velha, por 2 dias no Brasil Central.

Com isso, os dias 28 e 29, juntamente com o dia 04, são os únicos dias com excedente hídrico, lembrando que o excedente do primeiro é expressivamente superior. No primeiro, o excedente se dá por conta da ação da FPA que chega até a ficar estacionária na área de estudo ao passo que no segundo observa-se a ação de Linhas de Instabilidade Tropicais associadas à ação, na retaguarda, da PA.

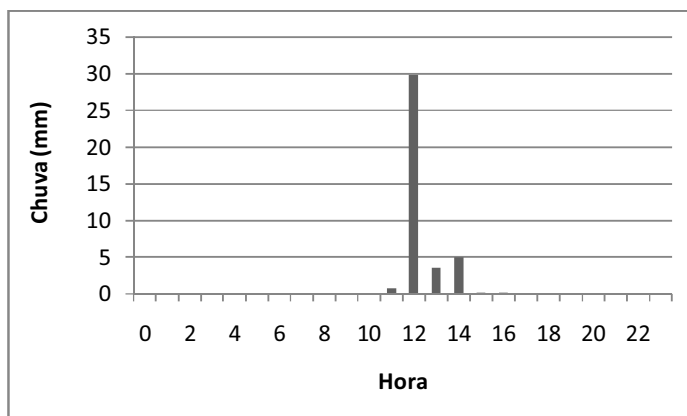
### 6.2.3 Abril de 2006

O mês inicia com o domínio das condições o tempo pela TA até o dia 07. No dia 01 o centro do Anticiclone Atlântico assenta-se no meridiano 50°O na altura de Montevideu com 1026 HPa, aonde permanece até o dia 04 quando inicia sua marcha para longitudes menores mobilizado pelo avanço de ar frio de direção N-NE. Porém, este Anticiclone Migratório Polar não é forte o suficiente para avançar a latitudes menores posto que seu máximo latitudinal se dá no Uruguai no dia 07.

No dia 08 a PA já está diluída e a TA avança mais para o Sul. Assim como nos dias anteriores, podem ser observados diversos centros de baixa pressão na América do Sul Intertropical, principalmente entre o N-NE argentino e a Bolívia, na Amazônia brasileira, entre o Estado do Amazonas e o Mato Grosso, e no território Peruano.

Neste dia, por conta do avanço da TA para Sul, dissipando a PA e o avanço por parte dos ares intertropicais, em especial o Equatorial, mobilizado pela baixa central na América do Sul, forma-se uma calha induzida de umidade de direção SE-NO que se estende desde a latitude 45°O, na altura do *Plata* até a 51°O na área de estudo.

Por conta desse cenário de Instabilidade Tropical, que permanece no dia 09 precipita 39,6mm causando impacto erosivo em Guarapuava, como pode ser visto na Figura 41.



**Figura 41. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 09/04/2006.**

Neste episódio é importante a consideração do fato de que, desde o dia 25 de março (Figura 34) quando choveu 2,5mm não havia precipitação em Guarapuava. Por esta razão, chega-se ao dia 08 com 71,8% de água armazenada no solo e com o maior valor de deficiência hídrica no mês.

Como o evento erosivo (29,8mm às 12:00h, no dia 09) deu-se após uma chuva de 0,8mm, pressupõe-se que a dinâmica erosiva deste evento tenha sido governada pelo efeito *splash* (salpico) uma vez que o evento ocorreu sobre solo com grave deficiência hídrica. Isto remete ao processo de desagregação das partículas do solo que, em teor de baixa umidade, favorece a grande carga de sedimentos em suspensão no escoamento da água por efeito gravitacional. Aqui, aponta-se este tipo de evento como de grande impacto erosivo na perda de solo.

Do dia 10 ao 14 retorna-se ao cenário anterior de domínio dos tipos de tempo pelo Anticiclone Tropical Atlântico. Há de se observar que, no dia 13, um centro de baixa pressão de 1004 HPa sobe a tal modo latitudinalmente que chega a alcançar os 43°S, nas proximidades de Buenos Aires. Ao Sul deste local, na intersecção entre o paralelo 45°S e o meridiano 55°O, visualiza-se um Anticiclone Migratório Polar de 1018 HPa. Tal conjuntura propicia a formação de áreas de instabilidade entre estes dois centros de pressão convergentes (de direção SE-NO).

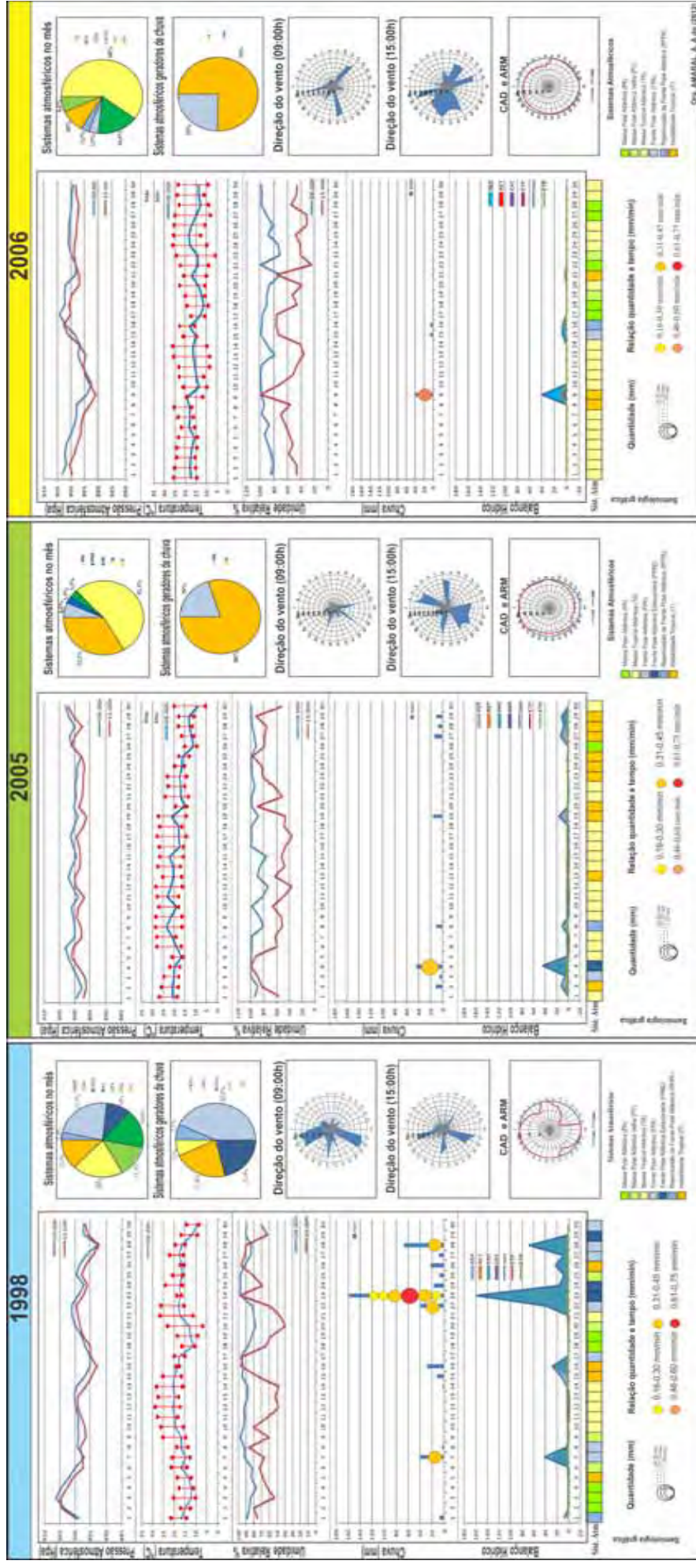
No dia 14 as áreas de instabilidade dão lugar a uma frente fria que se forma sobre a *Bahia Blanca*. Esta frente de rápida propagação pelo litoral, chega a Guarapuava já no dia 15 e causa chuva de 6,8mm. Neste mesmo dia o PA que

mobiliza-se na retaguarda da frente fria tem seu centro de 1036 hPa na região central da Argentina. No próximo dia observa-se o fortalecimento da TA e a FPA já se direciona ao oceano, porém, permanece estacionária até o dia 17 na transição entre o litoral paranaense e paulista. Neste sentido, a chuva de 6,2mm observada no dia 16 é resultado da Repercussão da FPA que já havia passado pela região, porém, deixou umidade o suficiente ocorrência de precipitação.

Dia 17 a PA alcança a área de estudo com 1016 hPa. Neste mesmo dia, pressionada pelas correntes de NO, a PA inicia sua lenta mobilização para Leste. Bem abastecida de ar frio, este sistema atmosférico permanece na região até o dia 19, quando já está Velha. No próximo dia já dinamiza-se novamente uma nova frente entre a *Bahia Blanca* e a foz do *Rio de La Plata* ao passo que em Guarapuava a TA retorna no domínio atmosférico. Atraída pela baixa continental no NE argentino, a FPA movimenta-se com agilidade e traz em sua retaguarda a PA. A frente tem sua incusão muito rápida e no 21, por conta de sua trajetória novamente pelo litoral, e seu embate com a TA, forma áreas de instabilidade atmosférica na área de estudo.

Dia 22 a PA se estabelece novamente na região, novamente com sua incursão pelo interior, com seu centro de 1018 hPa no paralelo 25°S, porém, as com temperaturas amenas. No dia 23 a PA já se encontra em estágio envelhecido e continentalizado pois observa-se uma grande amplitude térmica, ao ponto que no dia 24 a TA domina novamente as condições do tempo, situação que permanece até o dia 26 quando novamente a PA chega a latitudes menores e permanece os dias 27 e 28. O mês termina com os dias 29 e 30 sob o controle da TA.

Figura 42. Ritmo diário dos tipos de tempo, gênese da chuva e intensidade das chuvas nos meses de abril nos anos padrão em Guarapuava-PR.



### **6.3 Análise rítmica dos tipos de tempo das chuvas erosivas nos meses de dezembro nos anos padrão em Guarapuava-PR**

#### **6.3.1 Dezembro de 1998**

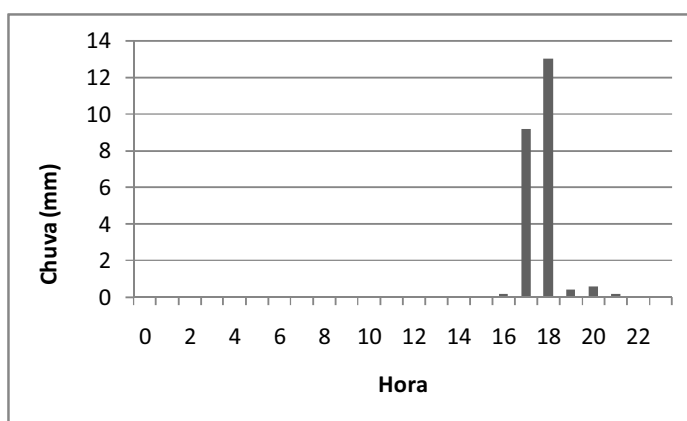
O mês principia com o domínio das condições de tempo pela TA. Como pode ser visto na Figura 52, os ventos oscilam entre N-NE e N-NO. Tal contexto já é um indicativo do próximo cenário de tipos de tempo sobre a área de estudo, seja ela, a entrada e domínio no dia 03 pela EC. Com a queda suave da temperatura e aumento considerável da umidade chega-se o primeiro evento pluviométrico do mês, ocorrido no próprio dia 03 (3,2mm). Este dia marca uma situação interessante na organização espacial dos tipos de tempo no Brasil. É explícita a marca divisória entre a TA e a EC que se deu exatamente na fachada litorânea do país, estendendo-se desde o Estado do Ceará até a *Bahia Blanca* na Argentina. Neste panorama, exerceu papel fundamental na modificação dos tipos de tempo na área de estudo um centro de baixa pressão localizado na intersecção entre o paralelo 30°S e o meridiano 60°O sobre a Argentina com 1006HPa, conforme segue a descrição.

No dia 04, por obra de uma célula de baixa localizada no Norte da Argentina no dia anterior que acabou por se bifurcar em duas células de 1006HPa, a mais próxima sobre o Oeste do território sul-riograndense, acabou por trazer muita instabilidade sobre a região sul, em especial sobre a área de estudo. Neste dia precipitou 18mm sobre Guarapuava, não sendo nenhum dos segmentos de chuva de caráter erosivo.

Com o déficit de água no solo sanada por dois dias de chuva, no dia 05 impõe-se a TC que resguarda seu domínio até o dia 08 quando é vencida pela TA. Esta, avançando no sentido Oeste, na área de estudo, em embate com a TC e a EC proporciona chuvas no dia 09 de 7mm resultado da ação da instabilidade tropical. Neste mesmo dia observa-se o centro do Anticiclone Migratório Polar dinamizando-se entre o paralelo 45°S e o meridiano 53°W posto que a franja da frente a ele associado encontra-se à altura de Porto Alegre.

No dia seguinte, 10, o sistema frontal localiza-se sobre o Paraná, com rápida passagem. Mesmo muito dinâmico, o mesmo causa chuvas erosivas sobre Guarapuava, conforme pode ser visto na figura abaixo. Como pode ser observado, neste dia, choveu 23,6mm computando uma chuva erosivas às 18:00h (13mm - Figura 43).

Quando da ocorrência deste episódio, dada as condições de armazenamento de água no solo, considerando o último evento de chuva ocorrido no dia 05, pode-se aferir que o solo encontrava-se com 91,6% de água disponível no dia 08. Com o evento ocorrido no dia 09, o armazenando passa a ser de 96,6% ao passo que os 100% são adquiridos no dia 09 com os 23,6mm de chuva resultando no maior excedente de água registrado no mês (18,2mm).



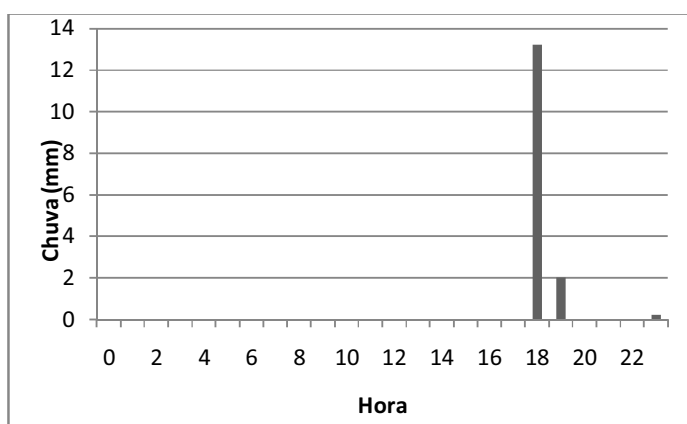
**Figura 43. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 10/12/1998.**

No dia 11 impõe-se a dinâmica da TC com célula de 1004HPa sobre toda a região Sul do Brasil ao passo que a FPA acaba por dissipar-se ao Oceano. No dia 12 outra mudança no tempo atmosférico de Guarapuava. Novamente, a TA consegue avançar sobre a TC afastando o seu núcleo para o Atlântico. Este embate chega a dinamizar a FPA, porém, ao Norte da área de estudo, na altura da capital paulista. Cabe destacar que, a TC encontra-se no meio Norte da Argentina com um centro de 1006HPa.

A TA domina as condições do tempo atmosférico até o dia 14 quando, no dia 15, sede lugar a EC. No dia 16, o contexto é o seguinte: a célula de baixa pressão que se encontrava, então, no dia 14 sobre o meio Norte argentino desdobra-se em

duas células de 998HPa, uma entre o território gaúcho e a foz do *Rio de La Plata*, associada a uma FPA, e outra sobre a fronteira entre o Paraguai e a Argentina e outra entre a fronteira do território paulista e fluminense. Na traseira da célula de baixa sobre o Rio Grande do Sul, na altura da *Bahia Blanca* identifica-se a PA com centro de 1018HPa.

Impulsionada pelos ares do Sul e bloqueada pelos ares intertropicais a FPA age em Guarapuava por dois dias. No dia 16 ela precipita 13,6mm dos quais 13,4mm precipitaram às 18:00h (Figura 44).

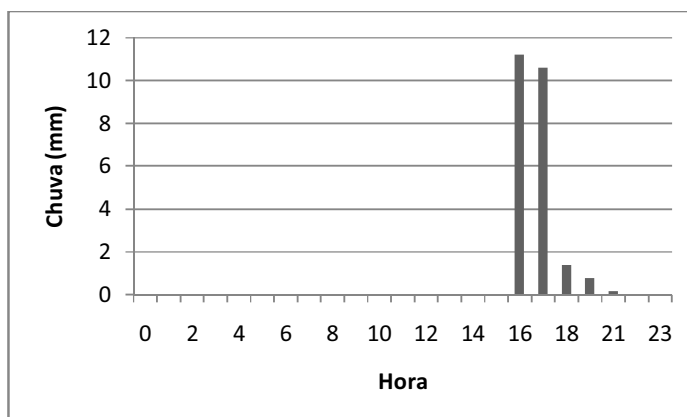


**Figura 44. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 16/12/1998.**

No dia 17 tem-se o avanço da FPA que, outrora, encontrava-se entre o Estado do Rio Grande do Sul e o Uruguai, na altura de Montevideú. Com sua franja de menor latitude sobre a área de estudo e seu centro de frontólise localizada próximo ao continente no paralelo junto à Lagoa dos Patos, este sistema não foi de caráter intenso no que diz respeito às suas atividades pluviométricas, com acumulado de 6,2mm sobre Guarapuava. Este terceiro episódio de chuvas em Guarapuava vem a sanar a retirada consecutiva de 4 dias de água do solo, uma vez que, no dia 15, o mesmo registra 90,9 dos 100% de armazenamento.

No dia 18 volta à ativa, na região, a TC sendo substituída nos dias 19 e 20 pela TA. Esta, com centro de 1018 HPa na altura do litoral paulista, no próprio dia 20 é atraída para O-SO pelo gradiente da TC que domina a porção central da América do Sul (1000HPa). O mesmo ocorre com a PA que, com centro de 1018HPa sobre a Patagônia, é atraída para N-NE.

Dinamizada pela TC a FPA domina o tipo de tempo atmosférico no dia 21 na região Sul. Estendendo-se desde o Leste do Rio Grande do Sul até o Centro-Sul do Estado paranaense, este sistema atmosférico causa chuvas que acumulam 24,2mm em Guarapuava sendo dois deles erosivos, as 16 e 17:00h respectivamente (Figura 45).



**Figura 45. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 21/12/1998.**

Quanto à retirada de água do solo, esta foi modesta. Até o dia 20, o solo contava com 95,2% de água armazenada. Isso decorre do fato de que, entre estes dois último episódios de chuva decorreram apenas 3 dias. Este último episódio de chuva marca o último excedente de água no solo neste mês de dezembro (17,6mm) uma vez que os tipos de tempo subseqüentes levam ao comportamento de regime de água no solo que tende à deficiência.

O intervalo de tempo correspondente aos dias 22 a 27 denota o domínio da TA em Guarapuava. Este período configura-se no mais seco neste mês com 6 dias sem chuva. Neste período até chegam a se dinamizar sistemas convectivos instáveis causadores de chuva, porém, ao norte da área de estudo, limitados a região Sudeste.

O último episódio de chuva que ocorre neste mês se dá nos dias 28 e 29 por conta de uma FPA que avançou rapidamente pelo Sul do país. No dia 28 precipitou 5,6mm e no dia 29 1,8mm. Como, já no dia 29, a FPA já se dissipava para o Oceano, no dia 30 a TC se fazia presente dando espaço a atuação da TA no dia 31 quando o mês encerra com um dos menores índices de água disponível no solo.

### 6.3.2 Dezembro de 2005

O mês de dezembro deste ano habitual inicia com chuva de 7,8mm no dia 01 em decorrência da ação de uma FPA localizada entre a TA, com um grande centro (abarcando os paralelos 15 e 45°S nas latitude 20 e 0°W) de 1022HPa, e a PA de 1028HPa com seu centro de pressão na *Bahia Blanca*, no litoral argentino. Esta frente dinamiza-se entre o Paraná e Santa Catarina. No meio Norte da Argentina já pode ser observado uma célula de baixa da TC com 1010HPa que virá a influenciar na dinâmica *a posteriori* das condições do tempo na região de Guarapuava.

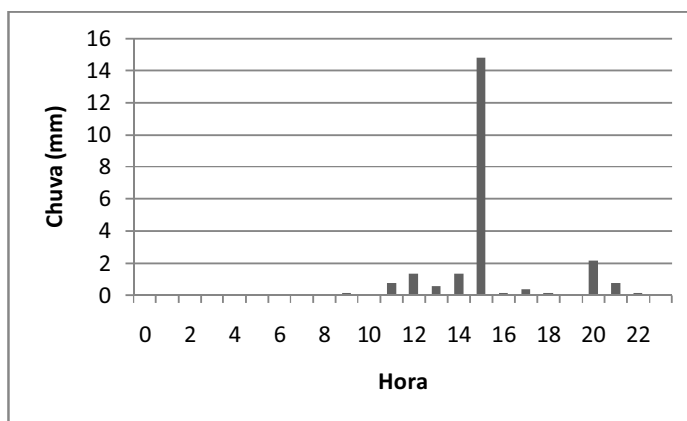
No dia seguinte, 02, a PA (envelhecida) avança no sentido Norte e condiciona o tempo atmosférico em Guarapuava com núcleo de 1024HPa sobre a capital uruguaia. A TA, por sua vez, recua, estando seu núcleo agora na altura do paralelo de 20°S. No dia 03 assiste-se a chegada da TA. Cabe observar que, devido ao aumento latitudinal da célula de baixa que, outrora localizada no Norte da Argentina na região de Cordoba, agora se estende até o litoral argentino na *Bahia Blanca* onde se dinamiza outra FPA.

No dia 04 a FPA já se mobiliza na fronteira entre Brasil e Uruguai e, em Guarapuava já se sente o prenúncio da chegada da frente pela grande amplitude diária da temperatura e queda da pressão atmosférica, que caracterizam a situação pré-frontal. A FPA chega à área de estudo no dia 05, quando da ocorrência de 11,4mm de chuva, sem evento erosivo. Nestes três dias sem chuva, o solo atinge 92% de água disponível.

Assim como no dia 05, no dia 06 a FPA permanece na região, porém, não registra chuvas em Guarapuava. Do dia 07 ao dia 15 assiste-se ao maior episódio de estiagem do mês, sob a égide da TA. No dia 15 o solo registra 82,6% de água disponível. No dia 15 chega a chover 1,2mm, devido à presença de áreas de instabilidades tropicais. Com chuva insuficiente para suprir o déficit, neste dia o solo registra 80,6% de água disponível.

No dia 16 adentra-se em Guarapuava a TC. Este sistema atrai pelo seu gradiente a FPA surgida no dia 15 na altura do *Golfo de San Jorge* (litoral argentino

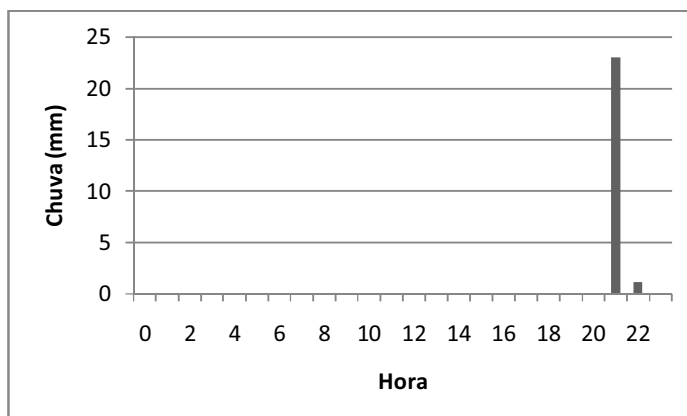
no paralelo 46°S) e, no dia 17 chove 8mm na área de estudo. Este sistema frontal permanece estacionário na região central e Norte paranaense até o dia 19 por conta do bloqueio por parte da PA de 1022HPa. No dia 18 choveu 23,2mm em Guarapuava, sendo que é registrada uma chuva erosiva as 15:00h (Figura 46).



**Figura 46. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 18/12/2005.**

No dia seguinte a FPA dissipa-se e, não registra-se atividade pluviométrica. Porém, no dia 18, na altura do *Golfo de San Matias* (entre os paralelos 41 e 42°S) forma-se uma nova FPA que, no dia 20 atinge a área de estudo com 7mm de chuva.

Nos dias 21 e 22 com a descida latitudinal e o rumo da TA para Oeste esta massa de ar domina o tempo atmosférico na região. No próprio dia 22, pelo movimento da TA e fluxo de ar da PA mais ao Sul, na altura de Montevideu, forma-se uma nova FPA que, no dia 23 atinge Guarapuava com chuva de 24,2mm, sendo que as 21:00h tem-se um evento de pluviosidade erosiva, de 23mm (Figura 47).

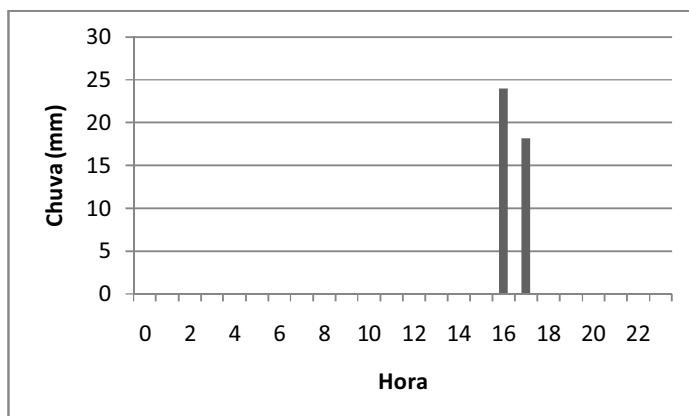


**Figura 47. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 23/12/2005.**

Este sistema frontal permanece sobre a região até o dia 24, donde precipitou 8mm. Neste dia, sobre a *Bahia Blanca* identifica-se o núcleo da PA de 1022HPa. A NE desta área, na região da latitude 25°S e 20°O localiza-se o centro da TA com 1024HPa. No dia seguinte, dado este arranjo, a PA, já em caráter envelhecido atua sobre a região Centro-Sul do Paraná.

No dia 26, devido ao embate entre a EC (com núcleo de 1008 sobre o Centro-Oeste brasileiro) e a TA que se deu exatamente na região central do Paraná tivemos dois eventos erosivos em Guarapuava, uma vez que estes dois eventos são responsáveis pela chuva do dia, que foi de 42,2mm sendo 24mm às 16:00h e 18,2mm às 17:00h (Figura 48).

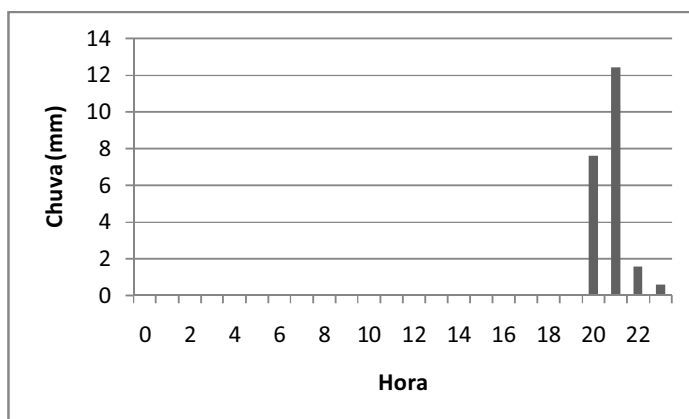
O dia 26, dado uma seqüência em que, de 4 dias 3 registraram chuvas, dois deles com intensidade o suficiente a causar erosão, o solo apresenta o maior excedente de água com 37,5mm.



**Figura 48. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 26/12/2005.**

Por fim, incorre o domínio da TA que se estende dos dia 27 ao dia 30 posto que este tipo de tempo só será substituído no último dia do ano quando, por conta de um sistema frontal surgido no *Golfo de San Matias* no dia 28, traz, no dia 31, chuvas de 22,2mm com um evento erosivo de 12,4mm às 21:00h (Figura 49).

**Figura 49. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 31/12/2005.**

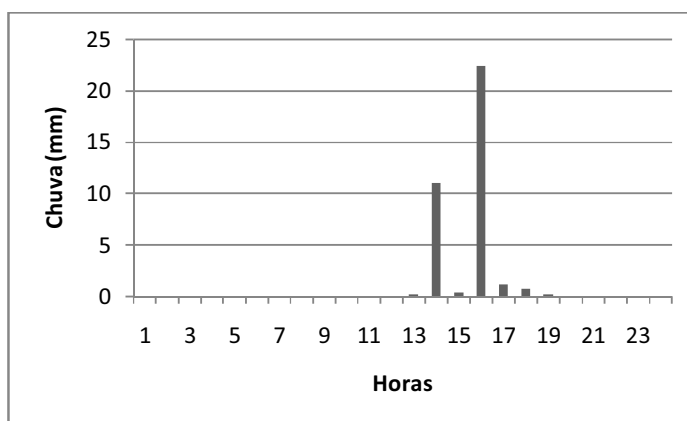


### 6.3.3 Dezembro de 2006

Dezembro deste ano seco principia com o domínio das condições do tempo pela TA, situação que permanece até o dia 04. No dia 02, ha de se atentar ao fato, forma-se um sistema frontal na altura da foz do *Rio de La Plata*. Com seu

deslocamento preferencial pelo Oceano, esta FPA que no dia 06 localiza-se com sua franja na intersecção entre o paralelo 20°S e o meridiano 40°O deixa em sua retaguarda a presença de Áreas de Instabilidades Tropicais resultado da importação de ar úmido da TA pela TC com centro de 1010HPa em boa porção da região Sul brasileira. As Áreas de Instabilidade marcam presença pelo aspecto pluvial. Como pode ser visto na Figura 50, neste dia, 06, chove 36,2mm, uma vez que, às 13:00h choveu 11mm e às 15:00h a chuva foi de 22,4mm.

Esta chuva ocorreu em um momento em que o solo dispunha de 83,3% de água em seu corpo. Com os eventos ocorridos no dia 06 o solo atinge os 100% de água disponível, uma vez que, chega a registrar um excedente de 17,5mm.



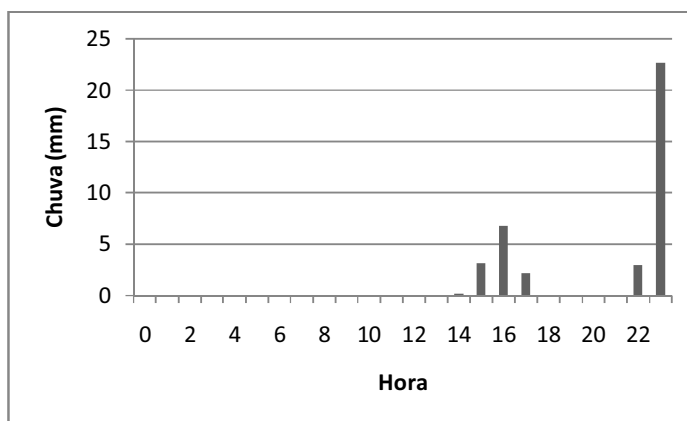
**Figura 50. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 06/12/2006.**

Do dia 07 ao dia 19 ocorre o domínio dos sistemas atmosféricos intertropicais alternado-se a TA e, em decorrência da relação desta com a TC, as Áreas de Instabilidade Tropical. Estas, por conta do avanço da TC para latitudes maiores e longitudes menores, importando umidade da TA causa chuvas em Guarapuava nos dias 09 (3mm), 14 (0,6mm) e 16 (5,6mm). Neste período formam-se duas frentes frias, uma no dia 14 na altura da *Bahia Blanca*, porém, esta dissipa-se logo para o Oceano na latitude do médio litoral gaúcho. A segunda com origem, novamente, sobre a foz do *Rio de La Plata*, no dia 18, terá repercussão no dia 20 na área de estudo.

Este período marca o maior segmento de tempo com retirada seqüencial de água do solo do mês. No dia 19 o solo agrega 77,7% de água uma vez que os

eventos de chuva ocorridos não foram suficientes para suprir as deficiências acumuladas.

A FPA que se formou entre no dia 18 sobre o Uruguai, conjugada com uma célula de baixa pressão em seus dois vértices, atinge Guarapuava no dia 20 com um total pluviométrico de 38mm. Destes, registra-se um evento erosivo de 22,6mm (Figura 51) às 23:00h.



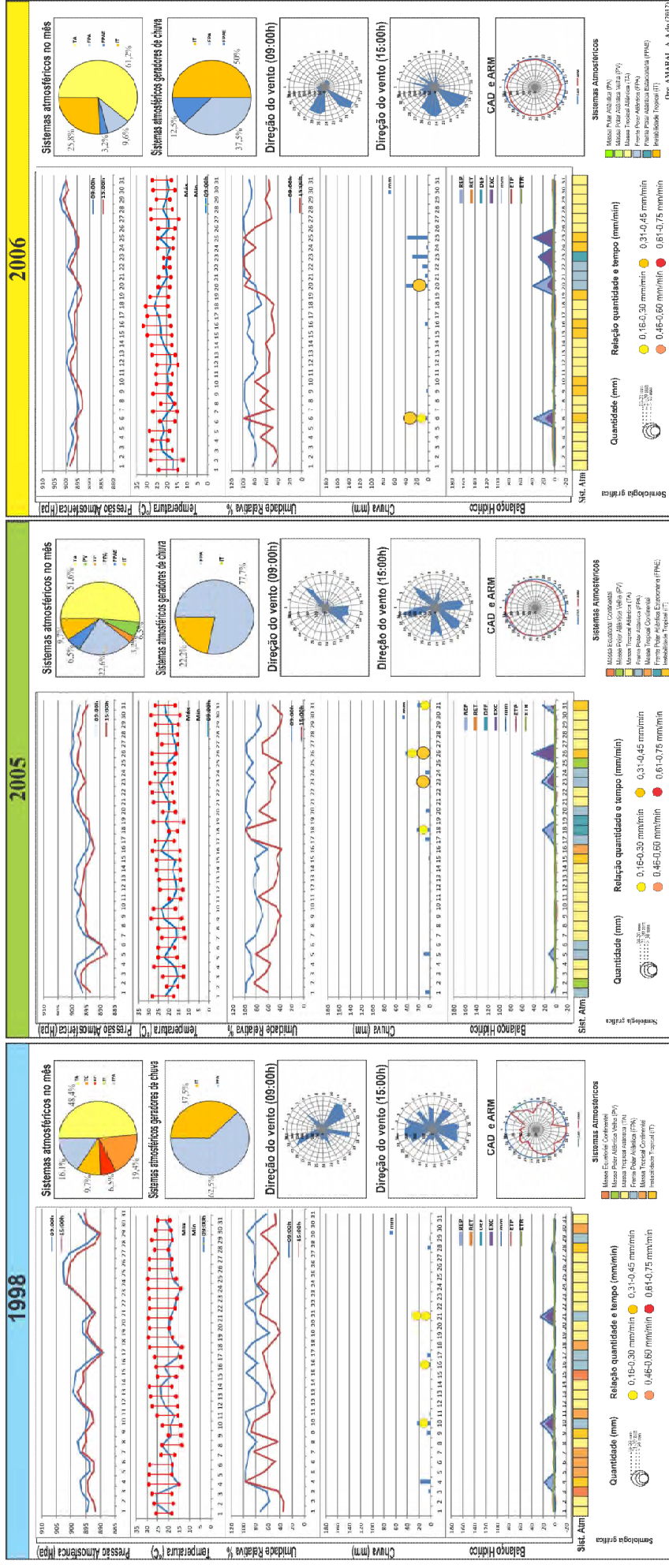
**Figura 51. Dinâmica da chuva em Guarapuava-PR no dia 20/12/2006.**

Neste mesmo dia, na fronteira entre o território brasileiro e uruguaio, pela ação conjugada da TC resguardada ao interior com a PA atuando pelo setor Centro-Ocidental da Argentina juntamente com a TA ativa no litoral sobre a mesma latitude, se dinamiza uma frontogênese que, após a dissipação da FPA antesequente, se torna responsável pelas chuvas do dia 21 (6,2mm) 22 (9,4mm) e 23 (28,4mm), quando se encontra em caráter de estacionária, porém, já assinalando sua dissipação.

Após a passagem desta FPA restam algumas Áreas de instabilidade pós-atividade frontal nos dias 24 e 25 e, após estes dias, a TA retorna com sua influência até findar o ano atmosférico de 2006.

A ação conjugada da FPA e das Áreas de Instabilidade resultaram no maior excedente de água no solo do mês registrado no dia 25 (34,9mm). O Ano finda com 86,8% de água no solo, da a dinâmica da TA.

Figura 52. Rítmo diário dos tipos de tempo, gênese da chuva e intensidade das chuvas nos meses de dezembro nos anos padrão em Guarapuava-PR



## 7 CONCLUSÃO

Constatou-se que os dois tipos de tempo geradores de chuva na área de estudo foram as Instabilidades Tropicais e a Frente Polar Atlântica, cada um deles exercendo importante influência em determinada época do ano. Verificou-se que as Áreas de Instabilidade Tropical são de suma importância na geração das chuvas nos meses de abril de ano seco e habitual. À exceção, e, neste caso, excepcionalidade, se deu pela atuação pronunciada da Massa Polar Atlântica (PA) em ano chuvoso (abril de 1998).

Quanto a isso, pode-se afirmar, dado o período e o local analisado, que a região Centro-Sul do Estado do Paraná, no que diz respeito ao andamento da chuva e de seu potencial à erosão, no mês de abril, é estritamente dependente da dinâmica do Anticiclone Polar Atlântico e de seu respectivo desdobramento, a Massa Polar Atlântica (PA).

Pode ser observado que, conforme se dá o abastecimento de ar frio pela PA ocorre à dinamização da Frente Polar Atlântica (FPA), interferindo tanto na sua gênese, orientação e trajetória. Conforme pode ser visto no ANEXO 4, no mês de abril de 1998, o de maior concentração de chuva e de maior número de eventos erosivos, a FPA teve sua gênese no continente, entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul, comparado aos demais meses dos anos padrão quando esta, preferencialmente tem sua gênese, já orientada para o Oceano e com sua trajetória para NE, na extensão que abrange a foz da bacia platina até o *Golfo de San Jorge* no litoral argentino.

Do mesmo modo, e de forma ainda mais concisa, a FPA assume importância na geração das chuvas no mês de dezembro. Em todos os dezembros avaliados a importância da FPA é capital na geração das chuvas, mesmo em uma época do ano em que a FPA tem sua origem mais ao Sul do continente Sul-americano e, por conta disso, ruma para o Oceano na altura de latitudes maiores. Pode-se observar que este tipo de tempo é o principal gerador, tanto de chuvas quanto de chuvas erosivas na área de estudo (ANEXO 2).

Aqui, hipotetiza-se, baseado nas constatações feitas por Monteiro (1969) referente ao período hibernar de 1957 e 1963 para um transecto que compreendeu o eixo entre as cidades de Porto Alegre- RS a Caravelas-BA que, por ter sua gênese mais distante da área de estudo, a FPA não é forte o suficiente para gerar elevados número de eventos erosivos nesta época do ano na área de estudo, sendo necessário, portanto uma análise anual dos tipos de tempo para vislumbrar onde concentram-se, habitualmente, seus maiores impactos erosivos.

Neste contexto, em particular das chuvas de dezembro, é nítida a importância assumida pelos sistemas atmosféricos continentais, em particular o Tropical Continental localizado preferencialmente no centro da América do Sul. Este, como constatado por Monteiro (1963) assume o papel de atração da FPA. Aliás, a área de estudo indica, preferencialmente em dezembro, a área de contato dos três principais sistemas atmosféricos atuantes durante o ano, sejam eles a PA, a TC e a TA.

Portanto, podem-se aferir dois tipos de impacto erosivo na área de estudo e que denotam dois processos erosivos distintos, tanto em condições atmosféricas quanto geomorfológicas. O primeiro relaciona-se ao impacto da gota da chuva no solo quando da ocorrência de chuvas concentradas e com pouca duração. Tal situação remete tanto às chuvas erosivas causadas pela FPA como pelas Instabilidades Tropicais quando o evento pluviométrico se dá em condições em que o solo não se encontra saturado. O segundo remete, estritamente, à FPA e refere-se tanto ao impacto da gota da chuva quanto ao papel desempenhado pela mesma no transporte de sedimentos em situação em que, devido à duração do fenômeno, o solo se encontra em estágio saturado. Isto pressupõe que o fenômeno da erosão hídrica deve começar a ser avaliado de onde ele começa, ou seja, nos estados da atmosfera.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Ecosistemas do Brasil**. São Paulo: Metalivros. 2008. 100 p.

BARRETO, A. G. de O; BARROS, M. G. E; SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, Nov-dez, 2008, p. 2443-2460.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.

BIGARELLA, J. J; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba, Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985, 329. p.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000.264f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BRASIL, **Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE)**, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: Julho de 2008.  
BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**, 2 ed, Rio De Janeiro, 2007, 316p.

BRUNET, R. Models in geography ? A sense to research. In: **European Journal of Geography** [En ligne], Dossiers, 12ème Colloque Européen de Géographie Théorique et Quantitative, St-Valéry-en-Caux, France, 7-11 septembre 2001, article 204, mis en ligne le 18 décembre 2001, consulté le 31 août 2012. URL : <http://cybergeog.revues.org/4288> ; DOI : 10.4000/cybergeog.4288.

CASTRO FILHO, C; CATANEO, A; BISCAIA, R. C. M. Utilização da metodologia de Wilkinson para cálculo do potencial erosivo da chuvas em cinco localidades do Paraná. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, n. 6, 1982, p. 240-241.

CHRISTOFOLETTI, A. Complexidade e auto-organização aplicadas em estudos sobre paisagens morfológicas fluviais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, 7., 1997, Curitiba. Anais...Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 9-19.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Edgar Blucher/USP 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Sao Paulo: Edgard Blucher, 1999.

DEMERITT, D; WAINWRIGHT, j. Models, Modelling, and Geography. In: CASTLER, ROGERS, A; SHERMAN, D. **Questioning Geographical**. Oxfrord: Blackwell, 2005, p. 206-225.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FOURNIER, F. The effect of factor on soil erosion: stimates of solids transported in suspension in runoff. **Association hydrologic Int. Public**. V. 38, 1960, 6p.

GERARDI, L.H; SILVA, B.C.N; **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981, 161p.

HAGGETT, P; CHORLEY, R. **Network Analysis in Geography**. London, Edward Arnold, 1972, 348 p.

HUDSON, N. **Soil Conservation**. Cornell University Press, Ithaca, New York, 1971.

LAKATOS, I. **A história da ciência e sua reconstrução racional**. In: HACKING, I (Org). Hong Kong, Oxford University, 1983.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. et al. **Soil erosion research methods**.

Washington: Soil and Water Conservation Society, 1988, p. 141-160.

MAACK, R. **Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina**. Curitiba, Arquivos de Biologia e Tecnologia (IBPT), v. 11, 1947, p.63-154.

MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina, **Arq. Biol. Téc.** Curitiba, n. 2. p. 67-154.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3 ed. Curitiba, Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MONTEIRO, C. A de. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**, Grupo de Estudos CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, UNESP, Rio Claro, 2000. (CD-ROM).

MONTEIRO, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 1, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1971, 21p.

MONTEIRO, C. A. de F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: Algumas considerações metodológicas a propósito do Brasil Meridional. In: **Revista Geográfica XXXI**, n. 57, Rio de Janeiro, IPGH 1962, p. 29-44.

MONTEIRO, C. A. de F. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas de tempo (pequeno ensaio metodológico sobre os estudos do clima no escopo da Geografia. In: **Revista Geográfica**, XXXIII, nº 58, Tomo XXXII, Rio de Janeiro, 1º Semestre, 1963, p. 169-180.

MONTEIRO, C. A. de F. Sôbre um índice de participação de massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. In: **Revista Geográfica**, n. 61, Rio de Janeiro, IPGH, 1964, p. 59-68.

MONTEIRO, C. A. de F. A frente polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil: contribuição metodológica a análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. In: **Série Teses e Monografias**, n. 1, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1969, 68p.

MONTEIRO, C. A. F. Clima da Região Sul. **Geografia Regional do Brasil**, IBGE, 1963, p. 117-169.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no planalto basáltico da bacia do Paraná (SW Paraná / NW Santa Catarina: primeira aproximação. In: **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 27, n. 4, p. 541-553, 2008.

PARANÁ, **Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR)**, 2009.

PARANÁ, **Instituto das Águas do Paraná**, 2010.

PARANÁ, **Sistema Meteorológico Paranaense (SIMEPAR)**, 2010.

PARANÁ, **Minérios do Paraná S.A. (MINEROPAR)**, 2010.

PARANÁ. **Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia (ITCG)**, 2010.

PARANÁ. **Sistema Meteorológico Paranaense (SIMEPAR)**. 2011.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M. & MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.439-444, 1993.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D. da; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; OLIVEIRA, P. E. de. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005, 382 p.

SALAMUNI, E.; Ebert, H. D.; Hasui, Y. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 469-478, Dez. 2004.

SORRE, M. **Les fondements de la géographie humaine**. Paris, ed: Armand Colin, 1951.

THORNTON, C. W; An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev.** v. 38, 1948, p.55-94.

THORNTON, C. W; MATHER, J. R. **The water balance**. In: Climatology, New Jersey: Drexel institute of Technology, 1955, 104p.

VILLELA, S. M, MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

WEAST, E. C. Handbook of chemistry and physics: a ready reference book of chemical and physical data. In: **CRC Press**, Cleveland, 1976, p. 207-208.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **American Geophysical Union Transactions**, Washington, D.C., v. **39**: 1958 285-291,

WISCHMEIER, W.H; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. In: **American Geophysical Union Transactions**, Washington, D.C., n. **39**, 1958, p.285-291,

WLATRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná. Atualização influencia do “El Niño” e “La Niña” e estimativa para cenários futuros**. [Dissertação de Mestrado] Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 107p.

ZANDONADI, L; ZAVATTINI, J. A. As Chuvas na Bacia do Paraná: procedimentos utilizados para contornar falhas existentes em dados de séries pluviométricas. In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010, Fortaleza - CE. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2010.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alínea, 2004. 398p.

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático. In: **Geografia**, Rio Claro, v. 23, n. 3, p. 5-24, 1998

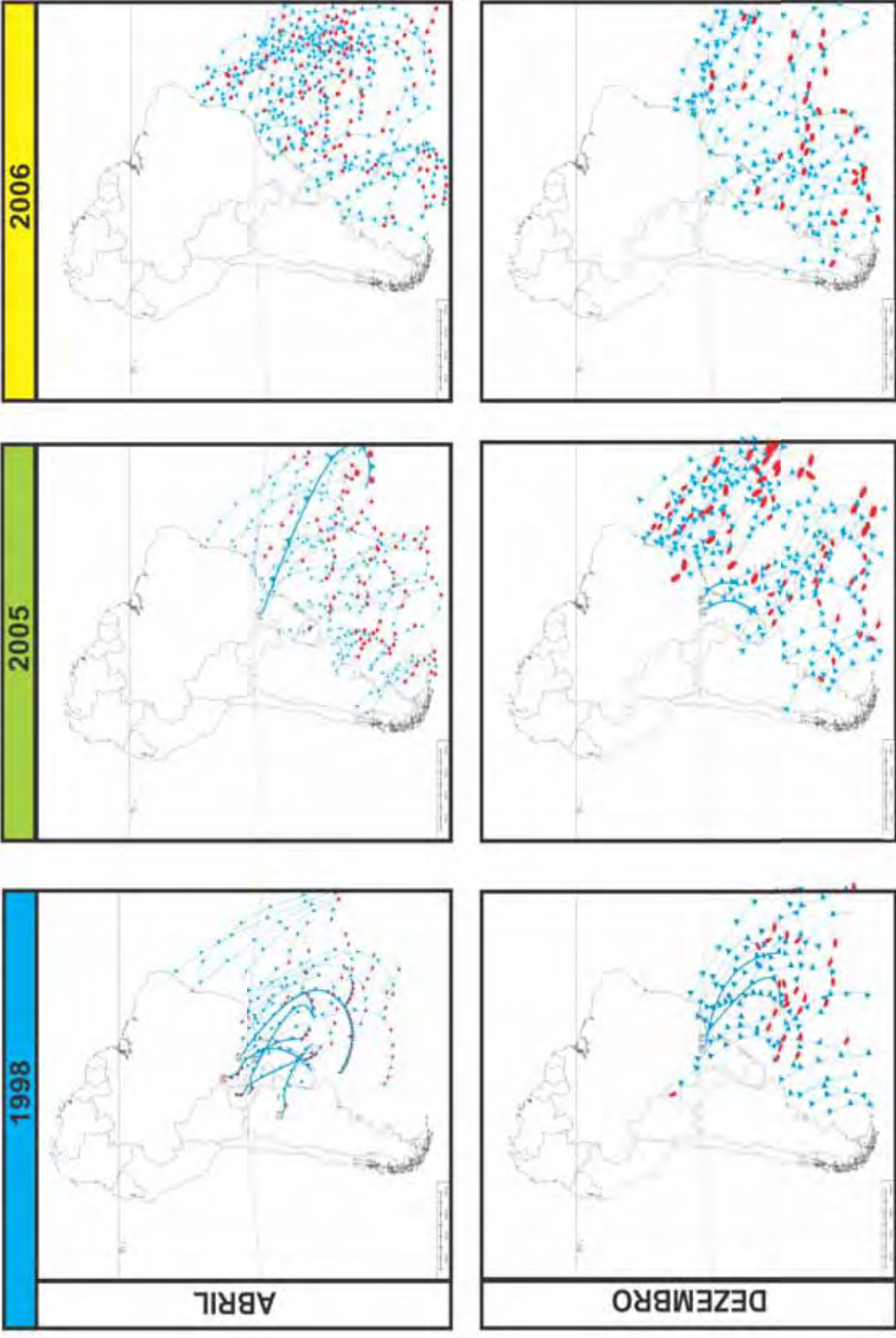


## **ANEXOS**



## ANEXO II

Distribuição e orientação da FPA nos meses de abril e dezembro nos anos padrão



Evento Erosivo

Org. AMARAL, A. A do (2012)