

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do  
Rio Grande do Sul

**Cristiano Nunes dos Santos**

Pelotas, 2008

CRISTIANO NUNES DOS SANTOS

**EL NIÑO, LA NIÑA E A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NO  
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Produção Vegetal).

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Elena Gonzales Mendez

Co-Orientadores: Prof. Dr. José Carlos Lago

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rita de Cássia Fraga Damé

Pelotas, 2008

Dados de catalogação na fonte:  
( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

S237e Santos, Cristiano Nunes dos

El Nino, La Nina e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul / Cristiano Nunes dos Santos. - Pelotas, 2008.  
138f.

Tese ( Doutorado em Produção Vegetal ) –Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2008, Marta Elena Gonzalez Mendez, Orientador; co-orientador José Carlos Lago e Rita de Cássia Fraga Damé.

1. Erosividade 2. ENOS 3. Isoerodentes I. Gonzalez Mendez, Marta Elena (orientador) II Lago, José Carlos (Co-orientador) III. Damé, Rita de Cássia Fraga IV. Título.

CDD 631.459

**Banca examinadora**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Jacondino de Campos

---

Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Vieira de Assis

---

Dr. Silvio Steinmetz

---

Prof. Dr. José Carlos Lago  
(Presidente)

Para minha esposa Márcia, minha filha Luana e minha mãe Christina pelo apoio durante esta caminhada, compreensão pelas horas de convívio negadas e pela calma nos meus momentos de desilusão e nervosismo. A vocês dedico com amor este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof<sup>a</sup> Marta Elena Gonzales Mendez por acreditar neste trabalho, e possibilitar a execução deste ao ser minha orientadora;

Ao Prof. José Carlos Lago pela amizade e orientação neste trabalho;

À Prof<sup>a</sup> Rita de Cássia Fraga Damé, pela amizade e auxílio nos cálculos de intensidade máxima de precipitação;

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade em realizar o Curso;

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, pelo apoio e amizade que nos dedicaram;

Aos valorosos colegas de pós-graduação nosso reconhecimento pela amizade e auxílio sempre que necessário;

À Estação Agroclimatológica de Pelotas e a Agência Lagoa Mirim da UFPel pelo livre acesso aos seus registros climatológicos;

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (8ºDISME) pela cessão dos seus registros climatológicos;

À Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária pela cessão dos seus registros climatológicos;

À Fundação Universidade Federal do Rio Grande pela cessão dos seus registros climatológicos;

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. João Baptista da Silva pela orientação nos testes estatísticos.

A Prof<sup>a</sup> Ana Cláudia Rodrigues de Lima pelo auxílio na elaboração do Abstract.

À Janaina pelo auxílio na leitura dos pluviogramas e ao Alexandre, Luiz, Marli, Adriano, Juraci, Jesus, Ângela, Nelson, Fernanda, Amanda e Gabriel, pela amizade e apoio.

Para uma mente ampla, nada é pequeno.

Sir Arthur Conan Doyle

## Resumo

SANTOS, Cristiano Nunes dos. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. 2008. 141f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A erosão acelerada é a principal causa do declínio da sustentabilidade dos solos agricultáveis. Para que seja mantida a capacidade produtiva dos solos em níveis satisfatórios, é necessário o conhecimento dos fatores responsáveis pela erosão e como condicionam o processo. Em anos de El Niño ou La Niña, são observados desvios nos índices pluviométricos do Rio Grande do Sul, os quais podem causar igual variação nos índices de erosividade. Os objetivos deste estudo foram os de determinar os índices de erosividade das chuvas e traçar as linhas isoerodentes do Estado do Rio Grande do Sul e avaliar a influência do fenômeno ENOS (El Niño – Oscilação Sul) no comportamento erosivo das chuvas. O Estado foi dividido em doze regiões homogêneas de acordo com o Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Rio Grande do Sul. Foram utilizados os registros pluviográficos disponíveis nos municípios de Porto Alegre, Santa Maria, Torres, Rio Grande, Vacaria, Caxias do Sul, Júlio de Castilhos, Santa Rosa, Ijuí, São Borja, Uruguaiana, Bagé, Encruzilhada do Sul e Pelotas e registros pluviométricos diários de noventa e um municípios. Foram utilizados os índices  $P > 10\text{mm}$  e Coeficiente de Fournier modificado por Lago (2000) para a determinação das equações a serem usadas para o cálculo dos índices de erosividade dos municípios do entorno dos pólos regionais. Com base nos índices de erosividade obtidos foram traçadas as linhas isoerodentes mensais e anuais da área objeto deste trabalho. Foi concluído que os índices de erosividade aumentam do Litoral para o Alto Vale do Uruguai devido às variações observadas na precipitação erosiva e na intensidade das chuvas, que, neste estudo, apresentaram o maior potencial erosivo no período de Verão e o menor no de Inverno. Os índices de erosividade sofreram desvios durante as ocorrências do ENOS. Conclui-se que o evento El Niño proporcionou importantes desvios positivos nos índices médios mensais de erosividade, enquanto que o evento La Niña provocou, também em termos médios, desvios negativos nos valores de erosividade. Os resultados ressaltam a importância do manejo conservacionista adequado, notadamente nas ocorrências do El Niño.

Palavras-chave: Erosividade. ENOS. Isoerodentes.

## **Abstract**

SANTOS, Cristiano Nunes dos. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. 2008. 141f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Accelerated erosion is the main cause in the decline of sustainable agricultural soils. Maintaining the capacity of the soils productivity, in satisfactory levels, is necessary to know the factors responsible for the erosion and how it can influence in the process. In years of El Niño or La Niña, deviations from the pluviometric indexes are observed in the Rio Grande do Sul, which can cause similar variation in the erosivity indexes. The objectives of this study were to determine the erosivity indexes and to draw the isoerodents maps of the state of Rio Grande do Sul and the influence of the ENOS phenomenon on rain erosion. The state was divided in twelve homogeneous regions, according to the Agroecological and Economic Macro zoning of the state of Rio Grande do Sul. Available pluviographycal data in the stations of Porto Alegre, Santa Maria, Torres, Rio Grande, Vacaria, Caxias do Sul, Júlio de Castilhos, Santa Rosa, Ijuí, São Borja, Uruguaiana, Bagé, Encruzilhada do Sul and Pelotas, as well as daily pluviometrical data of ninety one locations, were utilized. Indexes of  $P > 10\text{mm}$  were used and the Coefficient of Fournier, modified by Lago (2000), to determine the equations to be used for calculation of erosivity indexes of the surrounding counties of the regional pole. Based on the erosivity indexes obtained, isoerodent lines were drawn (monthly and annually) for the region studied. It was concluded that the erosivity indexes increase from the Coast to High Walley of Uruguay due to the observed variations in erosive precipitation and to the intensity of rains, which present the highest erosive potential in the Summer period and the lowest in Winter. It was concluded that El Niño showed important positive deviations on the mean indexes of erosivity, per month while La Niña, in the average, negative deviations in the erosivity values. Results of this study highlight the importance of an adequate conservationist management, especially when El Niño occurs.

**Keywords:** Erosivity. ENOS. Isoerodents.

## Lista de Figuras

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Mapa do Rio Grande do Sul subdividido em regiões agroecológicas. ....                                            | 25 |
| Figura 2 – Mapa esquemático da localização das estações dos municípios em estudo.....                                       | 27 |
| Figura 3 – Conjunto câmera – suporte pronto para a fotodigitalização. ....                                                  | 31 |
| Figura 4 – Transferência das fotos de pluviogramas para o computador portátil. ....                                         | 32 |
| Figura 5 – Pluviogramas fotodigitalizados e detalhe dos mesmos ampliados no computador.....                                 | 32 |
| Figura 6 – Modelo esquemático e foto do suporte desenvolvido por Nunes & Lago.                                              | 33 |
| Figura 7 – Suporte desenvolvido por Nunes & Lago (desmontado). ....                                                         | 34 |
| Figura 8 – Variações na montagem do suporte desenvolvido por Nunes & Lago. ....                                             | 34 |
| Figura 9 – Detalhamento de uma chuva: aclives uniformes e trecho de maior intensidade. ....                                 | 37 |
| Figura 10 – Mapa esquemático da “web site” desenvolvida para divulgação da tese. ....                                       | 43 |
| Figura 11 – Página de abertura da “web site” desenvolvida para divulgação da tese. ....                                     | 44 |
| Figura 12 – Mapa da Região 1 – Depressão Central. ....                                                                      | 45 |
| Figura 13 – Precipitação média mensal do município de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005.....                         | 46 |
| Figura 14 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005. .... | 48 |
| Figura 15 – Precipitação média mensal do município de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000.....                          | 51 |
| Figura 16 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000.....   | 52 |
| Figura 17 – Mapa da Região 2 – Litoral. ....                                                                                | 54 |
| Figura 18 – Precipitação média mensal do município de Torres, RS. Período de 1986 a 2005. ....                              | 55 |
| Figura 19 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Torres, RS. Período de 1986 a 2005.....        | 57 |

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 20 – Precipitação média mensal do município de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004.....                                 | 59 |
| Figura 21 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004. ....         | 61 |
| Figura 22 – Mapa da Região 3 – Planalto Superior.....                                                                             | 63 |
| Figura 23 – Precipitação média mensal do município de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993.....                                    | 64 |
| Figura 24 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993. ....            | 65 |
| Figura 25 – Mapa da Região 4 – Serra do Nordeste.....                                                                             | 68 |
| Figura 26 – Precipitação média mensal do município de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a 2005.....                              | 69 |
| Figura 27 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a 2005. ....      | 70 |
| Figura 28 – Mapa da Região 5 – Planalto Médio. ....                                                                               | 72 |
| Figura 29 – Precipitação média mensal do município de Júlio de Castilhos. Período de 1984 a 2003.....                             | 74 |
| Figura 30 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Júlio de Castilhos, RS. Período de 1984 a 2003. .... | 75 |
| Figura 31 – Mapa da Região 7 – Alto Vale do Uruguai. ....                                                                         | 77 |
| Figura 32 – Precipitação média mensal do município de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998.....                                 | 78 |
| Figura 33 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998. ....         | 80 |
| Figura 34 – Mapa da Região 8 – Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz.....                                                        | 82 |
| Figura 35 – Precipitação média mensal do município de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994. ....                                      | 83 |
| Figura 36 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994. ....               | 85 |
| Figura 37 – Mapa da Região 9 – São Borja - Itaqui. ....                                                                           | 87 |
| Figura 38 – Precipitação média mensal do município de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004.....                                  | 88 |
| Figura 39 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004.....           | 89 |
| Figura 40 – Mapa da Região 10 – Campanha.....                                                                                     | 92 |
| Figura 41 – Precipitação média mensal do município de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.....                                 | 93 |
| Figura 42 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.....          | 95 |
| Figura 43 – Precipitação média mensal do município de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005. ....                                      | 97 |

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 44 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.....                 | 99  |
| Figura 45 – Mapa da Região 11 – Serra do Sudeste. ....                                                                             | 101 |
| Figura 46 – Precipitação média mensal do município de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005. ....                        | 102 |
| Figura 47 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005. .... | 103 |
| Figura 48 – Mapa da Região 12 – Região das Grandes Lagoas.....                                                                     | 106 |
| Figura 49 – Precipitação média mensal do município de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.....                                     | 107 |
| Figura 50 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005. ....             | 108 |
| Figura 51 – Isoerodentes anuais do Estado do Rio Grande do Sul.....                                                                | 111 |
| Figura 52 – Isoerodentes do mês de Janeiro. ....                                                                                   | 115 |
| Figura 53 – Isoerodentes do mês de Fevereiro.....                                                                                  | 117 |
| Figura 54 – Isoerodentes do mês de Março.....                                                                                      | 118 |
| Figura 55 – Isoerodentes do mês de Abril.....                                                                                      | 119 |
| Figura 56 – Isoerodentes do mês de Maio. ....                                                                                      | 121 |
| Figura 57 – Isoerodentes do mês de Junho. ....                                                                                     | 122 |
| Figura 58 – Isoerodentes do mês de Julho. ....                                                                                     | 123 |
| Figura 59 – Isoerodentes do mês de Agosto.....                                                                                     | 124 |
| Figura 60 – Isoerodentes do mês de Setembro. ....                                                                                  | 126 |
| Figura 61 – Isoerodentes do mês de Outubro.....                                                                                    | 128 |
| Figura 62 – Isoerodentes do mês de Novembro. ....                                                                                  | 129 |
| Figura 63 – Isoerodentes do mês de Dezembro. ....                                                                                  | 130 |

## Lista de Tabelas

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Características climatológicas da área em estudo. ....                                                                                                     | 26 |
| Tabela 2 – Estações meteorológicas utilizadas.....                                                                                                                    | 28 |
| Cont. Tabela 2 – Estações meteorológicas utilizadas. ....                                                                                                             | 29 |
| Cont. Tabela 2 – Estações meteorológicas utilizadas. ....                                                                                                             | 30 |
| Tabela 3 – Leitura do pluviograma de uma chuva erosiva. ....                                                                                                          | 36 |
| Tabela 4 – Modelos das equações de correlação utilizadas para determinação dos índices de erosividade dos municípios do entorno dos pólos regionais. ..               | 39 |
| Tabela 5 – Distribuição mensal do fenômeno ENOS nos anos de 1961 a 2005. ....                                                                                         | 40 |
| Cont. Tabela 5 – Distribuição mensal do fenômeno ENOS nos anos de 1961 a 2005. ....                                                                                   | 41 |
| Tabela 6 – Classes de erosividade da chuva média anual e média mensal. ....                                                                                           | 42 |
| Tabela 7 – Características das precipitações médias mensais de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005. ....                                                         | 46 |
| Tabela 8 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005. ....                 | 48 |
| Tabela 9 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Porto Alegre, RS. .... | 49 |
| Tabela 10 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Porto Alegre, RS. ....     | 50 |
| Tabela 11 – Características das precipitações médias mensais de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000. ....                                                         | 51 |
| Tabela 12 – Características dos índices médios mensais de erosividade de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000. ....                                                | 52 |
| Tabela 13 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Santa Maria, RS.....  | 53 |
| Tabela 14 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Santa Maria, RS.....       | 53 |

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 15 – Características das precipitações médias mensais de Torres, RS.<br>Período de 1986 a 2005. ....                                                                   | 55 |
| Tabela 16 – Características dos índices médios mensais de erosividade e<br>intensidades de precipitação de Torres, RS. Período de 1986 a 2005.....                            | 57 |
| Tabela 17 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de<br>Torres, RS. ....        | 58 |
| Tabela 18 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Torres, RS.<br>.....            | 58 |
| Tabela 19 – Características das precipitações médias mensais de Rio Grande, RS.<br>Período de 1990 a 2004. ....                                                               | 59 |
| Tabela 20 – Características dos índices médios mensais de erosividade e<br>intensidades de precipitação de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004.<br>.....                   | 61 |
| Tabela 21 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Rio<br>Grande, RS.....     | 62 |
| Tabela 22 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Rio<br>Grande, RS.....          | 62 |
| Tabela 23 – Características das precipitações médias mensais de Vacaria, RS.<br>Período de 1974 a 1993. ....                                                                  | 64 |
| Tabela 24 – Características dos índices médios mensais de erosividade e<br>intensidades de precipitação de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993...                             | 65 |
| Tabela 25 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de<br>Vacaria, RS. ....       | 67 |
| Tabela 26 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Vacaria,<br>RS. ....            | 67 |
| Tabela 27 – Características das precipitações médias mensais de Caxias do Sul,<br>RS. Período de 1986 a 2005. ....                                                            | 69 |
| Tabela 28 – Características dos índices médios mensais de erosividade e<br>intensidades de precipitação de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a<br>2005. ....                 | 70 |
| Tabela 29 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Caxias<br>do Sul, RS. .... | 71 |
| Tabela 30 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade<br>em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Caxias do<br>Sul, RS. ....      | 72 |
| Tabela 31 – Características das precipitações médias mensais de Júlio de Castilhos,<br>RS. Período de 1984 a 2003. ....                                                       | 74 |

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 32 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Júlio de Castilhos, RS. Período de 1984 a 2003. ....                 | 75 |
| Tabela 33 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Júlio de Castilhos, RS. .... | 76 |
| Tabela 34 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Júlio de Castilhos, RS. ....      | 77 |
| Tabela 35 – Características das precipitações médias mensais de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998. ....                                                                 | 78 |
| Tabela 36 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998. ....                         | 80 |
| Tabela 37 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Santa Rosa, RS. ....         | 81 |
| Tabela 38 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Santa Rosa, RS. ....              | 82 |
| Tabela 39 – Características das precipitações médias mensais de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994. ....                                                                       | 83 |
| Tabela 40 – Características dos índices médios de erosividade de erosividade e intensidades de precipitação de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994. ....                        | 85 |
| Tabela 41 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Ijuí, RS. ....               | 86 |
| Tabela 42 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Ijuí, RS. ....                    | 86 |
| Tabela 43 – Características das precipitações médias mensais de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004. ....                                                                  | 88 |
| Tabela 44 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004. ....                          | 89 |
| Tabela 45 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de São Borja, RS. ....          | 91 |
| Tabela 46 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de São Borja, RS. ....               | 91 |
| Tabela 47 – Características das precipitações de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991. ....                                                                                | 93 |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 48 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.                          | 95  |
| Tabela 49 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Uruguaiana, RS.          | 96  |
| Tabela 50 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Uruguaiana, RS.               | 96  |
| Tabela 51 – Características das precipitações médias mensais de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.                                                                        | 97  |
| Tabela 52 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.                                | 99  |
| Tabela 53 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Bagé, RS.                | 100 |
| Tabela 54 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Bagé, RS.                     | 100 |
| Tabela 55 – Características das precipitações médias mensais de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005.                                                         | 102 |
| Tabela 56 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005.                 | 103 |
| Tabela 57 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Encruzilhada do Sul, RS. | 105 |
| Tabela 58 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Encruzilhada do Sul, RS.      | 105 |
| Tabela 59 – Características das precipitações médias mensais de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.                                                                     | 107 |
| Tabela 60 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.                             | 108 |
| Tabela 61 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Pelotas, RS.             | 110 |
| Tabela 62 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Pelotas, RS.                  | 110 |

## Sumário

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 Introdução .....                                                   | 16  |
| 2 Revisão de Literatura .....                                        | 18  |
| 3 Material e Métodos .....                                           | 25  |
| 3.1 Localização, Caracterização e Seleção das áreas .....            | 25  |
| 3.2 Digitalização dos registros pluviográficos .....                 | 30  |
| 3.3 Estimativa da erosividade das chuvas .....                       | 35  |
| 3.4 Caracterização das ocorrências de El Niño e La Niña .....        | 40  |
| 3.5 Variação mensal dos índices .....                                | 41  |
| 3.6 Classes de erosividade da chuva média anual e média mensal ..... | 41  |
| 3.7 Linhas isoerodentes .....                                        | 42  |
| 3.8 Divulgação na Internet .....                                     | 43  |
| 4 Resultados e discussão .....                                       | 45  |
| 4.1 Região 1 – Depressão Central .....                               | 45  |
| 4.2 Região 2 – Litoral .....                                         | 54  |
| 4.3 Região 3 – Planalto Superior .....                               | 62  |
| 4.4 Região 4 – Serra do Nordeste .....                               | 67  |
| 4.5 Região 5 – Planalto Médio .....                                  | 72  |
| 4.6 Região 7 – Alto Vale do Uruguai .....                            | 77  |
| 4.7 Região 8 – Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz .....          | 82  |
| 4.8 Região 9 – São Borja - Itaqui .....                              | 87  |
| 4.9 Região 10 – Campanha .....                                       | 92  |
| 4.10 Região 11 – Serra do Sudeste .....                              | 100 |
| 4.11 Região 12 – Região das Grandes Lagoas .....                     | 105 |
| 4.12 Linhas isoerodentes .....                                       | 111 |
| 4.12.1 Linhas isoerodentes anuais .....                              | 111 |
| 4.12.2 Linhas isoerodentes mensais .....                             | 115 |
| 5 Conclusões .....                                                   | 132 |
| Referências .....                                                    | 133 |
| Apêndice .....                                                       | 138 |

## 1 Introdução

A erosão acelerada é, sem dúvida, a principal causa do declínio da sustentabilidade dos solos agricultáveis. As perdas de solos por ano, devido a erosão, são da ordem de  $50 \text{ Mg ha}^{-1}$  ( $\text{t ha}^{-1}$ ) em sistemas de plantio convencional. Mesmo em áreas com sistemas de plantio direto as perdas de solo podem chegar a  $10 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , e em áreas de cultivo mínimo as perdas de solo são da ordem de  $20 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Considerando-se a cultura do milho com uma produtividade de  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , num sistema de plantio direto podemos ter uma perda de solo de  $1,6\text{kg}$  para cada  $1\text{kg}$  de milho produzido. Em um sistema de plantio convencional, essa relação pode chegar a  $8,3\text{kg}$  de solo erodido para cada  $\text{kg}$  de milho produzido.

Para que os valores de perdas de solos sejam mantidos em níveis satisfatórios, garantindo assim a sustentabilidade dos solos agricultáveis, é necessário o conhecimento dos fatores responsáveis pela erosão e como eles condicionam este processo.

A erosividade das chuvas é um dos principais fatores condicionantes do processo de erosão hídrica. Por erosividade entende-se a capacidade das chuvas em provocar erosão. A erosividade é dependente da energia cinética da precipitação, que é definida pela sua intensidade, pelo tamanho das gotas e pela velocidade terminal das mesmas no momento de impacto na superfície do solo.

A erosividade atua na primeira fase do processo de erosão, a desagregação, que é a mais importante. Os índices de erosividade variam de uma região para outra, em função do tipo de solos, das explorações agrícolas e dos fenômenos atmosféricos atuantes.

Em ano de ENOS (El Niño Oscilação Sul) é verificado um aumento (fase quente – El Niño) ou diminuição (fase fria – La Niña) nos índices pluviométricos do Rio Grande do Sul, causando variação nos índices de erosividade.

O mapeamento das variações nos índices de erosividade deve ser feito, preferencialmente, através de registros pluviográficos. Este procedimento permite o cálculo da energia cinética das chuvas utilizando-se a intensidade das precipitações.

No entanto, em regiões onde a malha de estações pluviográficas é insuficiente ou mal distribuída, é possível a utilização de registros da precipitação diária para a obtenção dos índices de erosividade. Nestes casos, deve-se trabalhar com regiões homogêneas do ponto de vista agroecológico, onde em cada uma delas exista pelo menos uma estação que disponha de registros pluviográficos.

Os municípios de Santa Maria, Santa Rosa, Ijuí, São Borja, Uruguaiana, Bagé, Encruzilhada do Sul, Pelotas, Jaguarão, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar já possuem seus índices de erosividade calculados, sendo que os municípios de Bagé, Encruzilhada do Sul, Pelotas e Rio Grande também possuem seus índices de erosividade avaliados segundo a influência do fenômeno ENOS. Mas estes dados, por serem pontuais, são insuficientes para a determinação do comportamento dos índices de erosividade das chuvas no Estado como um todo. Mesmo utilizando-se de dados pluviométricos para a determinação dos índices de erosividade, o mapeamento atual restringe-se a Metade Sul e a Fronteira Oeste do Estado.

Dentro deste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi determinar o comportamento dos índices de erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul e a influência dos eventos atmosféricos conhecidos como El Niño e La Niña sobre estes índices. Para isso, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Determinar e atualizar os índices de erosividade das chuvas para os municípios detentores de registros pluviográficos;
- Determinar os índices de erosividade das chuvas para os municípios detentores de registros pluviométricos atualizados, através de equações de correlação;
- Determinar a influência do fenômeno ENOS nos índices de erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul;
- Traçar as linhas isoerodentes mensais e anuais da região em estudo;
- Traçar as linhas isoerodentes mensais e anuais da região em estudo durante o período de influência do fenômeno ENOS e na sua ausência (meses neutros);
- Desenvolver uma página para internet para divulgação e consulta dos dados obtidos no estudo.

## 2 Revisão de Literatura

A erosividade das chuvas pode ser definida como a capacidade potencial das mesmas em causar erosão. A sua atuação inicia na primeira fase do processo que é a desagregação, ou seja, a destruição dos agregados que compõem a estrutura do solo. O impacto direto das gotas de chuva na superfície descoberta do solo, dada sua energia cinética, promove a anulação das forças que mantinham os agregados estáveis. Assim, os diferentes constituintes dos agregados ficam dispersos e, por apresentarem pequena massa, são passíveis de remoção. O escoamento superficial se encarrega de transportar estes materiais para as partes mais baixas do terreno ou para os açudes e rios. Evidentemente que a remoção continuada destes constituintes acaba por trazer ao solo uma série infindável de danos como, por exemplo, a destruição dos agregados, a exposição de horizontes inferiores, a retirada da matéria orgânica e nutrientes, a redução da aeração e infiltração da água. Esta agressão continuada proporciona, ainda, considerável declínio na produtividade do solo, trazendo consigo sérios reflexos econômicos e sociais que acabam por desvalorizar as áreas e contribuir para o êxodo rural (HUDSON, 1977; LAGO, 1985; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A erosividade das chuvas é uma característica sobre a qual não é possível exercer qualquer tipo de controle. A capacidade das chuvas em provocar erosão é dependente de suas características físicas como intensidade, tamanho e velocidade terminal das gotas. Estas características definem a energia cinética no momento do impacto contra o solo. Outras características temporais como duração e frequência são também importantes na definição do potencial erosivo das chuvas de uma região. Além da intensidade e energia cinética também é relevante a duração da chuva, que é o complemento da intensidade e a combinação dos dois determina a chuva total. Dependendo da duração e da intensidade da chuva, os efeitos sobre as perdas de solo serão mais ou menos significativos (LAGO, 2000).

Neste contexto, a frequência das chuvas é um fator que influencia sobremaneira as perdas de solo. Se os intervalos entre as chuvas erosivas forem curtos e o teor de umidade no solo for alto a possibilidade das chuvas

desenvolverem enxurradas maiores é significativo, mesmo com chuvas de baixa intensidade (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

O conhecimento das características físicas da chuva e sua relação com o potencial erosivo foi impulsionado pelos trabalhos de Laws & Parsons (1943) e Best (1950) que estudaram o tamanho e distribuição das gotas de chuva e sua relação com a intensidade das precipitações e com a velocidade de impacto na superfície. Concluíram que as precipitações de maior intensidade também são as de maior potencial em provocar erosão.

Laws (1941) conseguiu medir, através de método fotográfico, a altura que as gotas de chuva de diferentes tamanhos necessitavam para atingir 95% de sua velocidade terminal e concluiu que as gotas menores adquirem mais rapidamente sua velocidade terminal. Baseados nestas observações Wischmeier & Smith (1958) concluíram, para diversas localidades dos Estados Unidos, que, quando os demais fatores condicionantes do processo de erosão são mantidos constantes, a perda de solo de uma área desprovida de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva: energia cinética e sua intensidade máxima em 30 minutos. À associação da energia cinética total de uma chuva multiplicada pela intensidade máxima em 30 minutos denominaram índice de erosividade ( $EI_{30}$ ). Essa foi a melhor correlação encontrada para expressar o potencial erosivo das chuvas e chamaram-na de índice de erosão.

Segundo Hudson (1977) a erosividade das chuvas nas regiões tropicais e subtropicais é muito mais significativa do que em regiões de clima temperado. Considerou que apenas 5% das chuvas em clima temperado têm capacidade erosiva, enquanto que 40% em clima tropical possuem esta capacidade. Outro aspecto salientado são as intensidades de precipitação que podem ultrapassar  $150\text{mm h}^{-1}$  nas regiões tropicais e raramente excedem os  $75\text{mm h}^{-1}$  nas regiões de clima temperado. Hudson (1977) ainda destaca a variação mensal e estacional dos índices de erosividade que aumentam dos meses de primavera para os de verão e diminuem dos meses de outono para os de inverno. Esta informação é de grande valia para o planejamento das atividades conservacionistas, pois o conhecimento antecipado permite a utilização de técnicas adequadas para minimizar os seus efeitos.

A metodologia proposta por Wischmeier (1959) para estimativa da capacidade erosiva das chuvas requer a utilização de registros pluviográficos.

Através da leitura dos pluviogramas é possível a determinação da energia cinética e a intensidade máxima de precipitação em 30 minutos. Utilizando-se esta metodologia foram definidas as linhas isoerodentes dos Estados Unidos, iniciadas por Wischmeier (1962) e concluídas por Wischmeier & Smith (1978). Os trabalhos desenvolvidos por Lombardi Neto (1977), Lago (1984), Bertol (1993), Bertol (1994), Lago (2000), Santos (2003), Moreira (2006) e Cogo, Eltz e Cassol (2006) para diferentes regiões, demonstram a validade do método para as condições brasileiras.

Existem marcantes diferenças regionais no que se refere à erosividade das chuvas. Os meses do ano onde se concentram os mais altos índices coincidem, normalmente, com os de chuvas de mais alta intensidade. No entanto, a correlação entre precipitação total e índice de erosividade das chuvas é baixa (HUDSON, 1977).

Por outro lado, a escassez de registros pluviográficos tem levado ao desenvolvimento de equações que correlacionam os índices de erosividade com a precipitação total, mensal ou a precipitação erosiva diária.

Vários pesquisadores encontraram índices ou equações que permitiram avaliações confiáveis da capacidade erosiva das chuvas utilizando registros pluviométricos. Os resultados obtidos por Fournier (1960) comprovaram a possibilidade de estimativas com boas correlações com as perdas de solo. Os trabalhos deste pesquisador indicam que os parâmetros utilizados na estimativa da erosividade podem ser dependentes de condições locais como localização geográfica, topografia e tipo de medida. Constatou-se, ainda, que seria difícil o estabelecimento de um parâmetro de uso universal.

Arnoldus (1977) modificou o Coeficiente de Fournier substituindo a precipitação média do mês de maior precipitação pela precipitação média mensal e conseguiu bons resultados no mapeamento das isoerodentes do Marrocos. Ressaltou, entretanto, a necessidade de separar a área a ser mapeada em regiões climáticas homogêneas. Roose (1977) em pesquisas realizadas em 20 estações meteorológicas no Oeste da África encontrou boa relação entre erosividade anual e precipitação anual, possibilitando o mapeamento das isoerodentes da região.

No Uruguai, Pannone et al. (1983) definiram as isoerodentes utilizando o método do  $El_{30}$  combinado com o coeficiente de chuva de Fournier (1960). Mikhailova et al. (1997) definiram as isoerodentes de Honduras utilizando registros pluviométricos correlacionados com o  $El_{30}$  de Wischmeier.

Esta alternativa, que embora apresente limitações por não utilizar as intensidades das precipitações, tem proporcionado uma ampliação nas estimativas da erosividade também em algumas regiões brasileiras.

Através da metodologia proposta por Wischmeier (1959), adaptada por Cabeda (1976) e expressa em unidades do Sistema Internacional de acordo com Foster et al. (1981) e da modificação do Coeficiente de Fournier, Lago (2000), determinou os índices de erosividade das chuvas para a Metade Sul do Rio Grande do Sul e Moreira (2006) determinou os índices de erosividade das chuvas das regiões agroecológicas Campanha, São Borja – Itaqui, Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz Gonzaga e Alto Vale do Uruguai do Estado do Rio Grande do Sul, tendo ambos traçado as linhas isoerodentes das regiões estudadas.

Um dos fenômenos atmosféricos que pode causar variação nos índices de erosividade das chuvas é o ENOS. O El Niño Oscilação Sul é um fenômeno de grande escala cuja região de origem é situada no Oceano Pacífico Tropical. O fenômeno é constituído por dois componentes: o primeiro de natureza oceânica (El Niño), associado às mudanças na temperatura das águas, e o segundo de natureza atmosférica (Oscilação Sul), relacionado à correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste desse Oceano (GLANTZ, 1991; REPORTS..., 2006, GRIMM et al., 1997, SANTOS, 2003).

Em condições normais, os ventos na região equatorial sopram de leste para oeste (ventos alísios), carregando a água quente superficial. Isto determina um aumento do nível do mar, em torno de 60cm, no Pacífico oeste e uma grande diferença de temperatura entre as águas a leste e oeste desse Oceano. O carregamento da água quente superficial para oeste faz com que, a leste, águas frias sejam trazidas à superfície (ressurgência), carregando nutrientes que alimentam o fitoplâncton, base da cadeia alimentar marinha, favorecendo a fauna local. Sobre as águas quentes na Indonésia o ar é mais quente e úmido, devido à grande evaporação local, causando a ascensão de ar na atmosfera, formação de nuvens e precipitação. Na faixa tropical, o ar que sobe a oeste (baixa pressão atmosférica) tende a descer sobre as águas frias a leste (alta pressão atmosférica). Em consequência, tem-se baixa incidência de nuvens e de precipitação nesta região (NOAA, 2001).

Em condições de El Niño, os ventos alísios enfraquecem, podendo até mesmo inverter sua direção normal. Com isso diminui tanto o acúmulo de água

quente no Pacífico oeste, como a ressurgência das águas frias no Pacífico leste. Diminuindo a diferença de temperatura entre leste e oeste, acaba reduzindo ainda mais os ventos alísios. O nível da superfície do mar diminui a oeste e aumenta até 25cm próximo à costa da América do Sul. As mudanças na temperatura da superfície do mar, devido à grande extensão de abrangência, modificam a circulação atmosférica tropical. O ar que, em condições normais sobe no Pacífico oeste e desce no Pacífico leste, passa a subir no Pacífico central e descer no Pacífico oeste e norte da América do Sul, diminuindo as chuvas nessas regiões. Quando ocorre El Niño, o aquecimento das águas do Pacífico leste, em geral, inicia no outono, atinge o máximo no verão e dura, aproximadamente, um ano. Contudo, a intensidade do fenômeno, sua evolução e duração, variam de evento para evento. É um fenômeno não cíclico, cuja frequência de ocorrência varia de três a sete anos (NOAA, 2001).

Em condições de La Niña há um fortalecimento das condições normais do oceano e da atmosfera na região tropical do Oceano Pacífico. Os ventos alísios são intensificados, o que acarreta um aumento no carregamento das águas quentes para leste e no ressurgimento das águas frias no Pacífico leste. As diferenças de temperatura tendem a se acentuar, o que, por sua vez, auxiliam a intensificação dos ventos alísios (NOAA, 2001).

Ainda segundo NOAA (2001), a ocorrência do fenômeno ENOS induz profundas modificações climáticas na região tropical e, também, em várias regiões do globo terrestre. Estas modificações são consequências da adição de grandes quantidades de energia, a qual é dissipada através de ondas de calor que tendem a se propagar em percursos preferenciais na atmosfera. No sudeste da América do Sul as ondas de calor tendem a intensificar a corrente de jato subtropical (ventos que sopram na região subtropical de oeste para leste, posicionado em torno de 10km de altitude). A corrente de jato intensificada determina bloqueios na atmosfera, podendo fazer com que as frentes frias fiquem semi-estacionárias sobre o extremo sul do Brasil, causando excessos de chuva.

Segundo Fontana e Berlato (1997), a climatologia da precipitação durante eventos ENOS mostra que para o Rio Grande do Sul, na fase quente do fenômeno (El Niño) é observada ocorrência de precipitação superior à média climatológica em quase todos os meses do ano, mas especialmente em dois períodos distintos. O período principal é na primavera do ano de início do fenômeno, especialmente nos meses de outubro e novembro, com um repique no final do outono do ano seguinte,

em maio e junho. Tendência semelhante foi mostrada por Grimm et al. (1997) para o Estado do Paraná. Nessa fase do ENOS, os impactos são maiores em toda a Metade Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, ocorrendo aumentos médios de precipitação de 40 a mais de 60mm. Grimm et al. (1997) mostraram que na primavera as regiões do Estado do Paraná mais influenciadas pelo fenômeno são o sudoeste e o litoral.

Na fase fria (La Niña) observa-se, no Rio Grande do Sul, precipitação abaixo da média climatológica, quando comparado a períodos do ano coincidentes com os da fase quente (El Niño). Em relação à distribuição espacial, verifica-se que a região oeste é a mais afetada, apresentando reduções de 80 a 120mm em grande parte do Estado, sendo as diferenças crescentes no sentido leste-oeste (FONTANA E BERLATO, 1997). É importante salientar que as áreas de maior influência do ENOS sobre a precipitação da Região Sul são exatamente onde a agricultura tem também grande expressão, o que enfatiza a importância de um maior detalhamento e quantificação da influência desse fenômeno, visto que, possivelmente, seja a agricultura a maior beneficiária deste tipo de informação.

Os impactos da fase quente do ENOS (El Niño) na agricultura da Região Sul do Brasil dependem da cultura, época do calendário agrícola em que ocorrem chuvas acima da normal e área considerada. Para as culturas de inverno, como o trigo, tendo em vista que há excedente hídrico normal na maior parte da região nessa época do ano, o El Niño é, em geral, desfavorável. As culturas de inverno, entretanto, representam apenas 6% da produção total de grãos da região. O período mais crítico do calendário agrícola ao excesso de precipitação pluvial é o da maturação e colheita. As chuvas excessivas na colheita (final de abril e maio de 1983), provocadas pelo El Niño de 1982/83, determinaram, na Região Sul do Brasil, perdas na safra de grãos de 4,9 milhões de toneladas, com prejuízo estimado de 780 milhões de dólares, segundo Gasquez e Magalhães (1987).

Os dados observacionais mostram, no entanto, que o El Niño é, na maioria dos casos, favorável às culturas de verão não irrigadas, como a soja e o milho, que representam mais de 75% da produção de grãos da Região Sul do Brasil. Em anos de El Niño a precipitação é, normalmente, superior à média climatológica em praticamente toda a estação de crescimento dessas culturas, mas é no verão que ela produz seus efeitos mais desejados (aumento de rendimento). Do ponto de vista de conservação e manejo dos solos, a influência do fenômeno ENOS na erosividade

das chuvas necessita de maior aprofundamento, pois os desvios de precipitação podem acarretar diferenças significativas na erosividade, podendo alterar as técnicas conservacionistas a serem utilizadas. Nas ocorrências de El Niño, os acréscimos de precipitação são verificados em Outubro e Novembro (FONTANA e BERLATTO, 1997) e é justamente nesse período que são realizadas as operações de preparo e plantio das culturas de verão na Metade Sul do RS.

Através do trabalho “El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas da metade sul do Rio Grande do Sul”, Santo (2003) demonstra que o evento El Niño influencia a ocorrência de desvios positivos nos índices de erosividade devido aos acréscimos observados na precipitação erosiva e nas intensidades das precipitações na região estudada, notadamente no período de verão. Ainda, nos eventos El Niño a tendência de crescimento dos índices de erosividade se dá do litoral para o interior, com exceção do período de inverno, onde no mês de Julho os índices crescem do interior para o litoral e em junho e agosto a tendência é de ocorrência dos maiores valores nas áreas de maior altitude.

Santos (2003) demonstra ainda que nas ocorrências de La Niña observam-se desvios negativos nos índices de erosividade devido aos decréscimos observados na precipitação erosiva e nas intensidades das precipitações na Metade Sul do Rio Grande do Sul. Nos eventos La Niña a tendência de crescimento dos índices de erosividade se dá do litoral para o interior, com exceção do período de inverno, onde nos meses de junho, julho e agosto a tendência é de ocorrência dos maiores valores nas áreas de maior altitude, e no mês de fevereiro os índices crescem do interior para o litoral.

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Localização, Caracterização e Seleção das áreas

Este estudo foi desenvolvido no Estado do Rio Grande do Sul, sendo o mesmo subdividido em 12 regiões agroecológicas (Fig. 1) de acordo com Rio Grande do Sul (1994) (tab. 1).

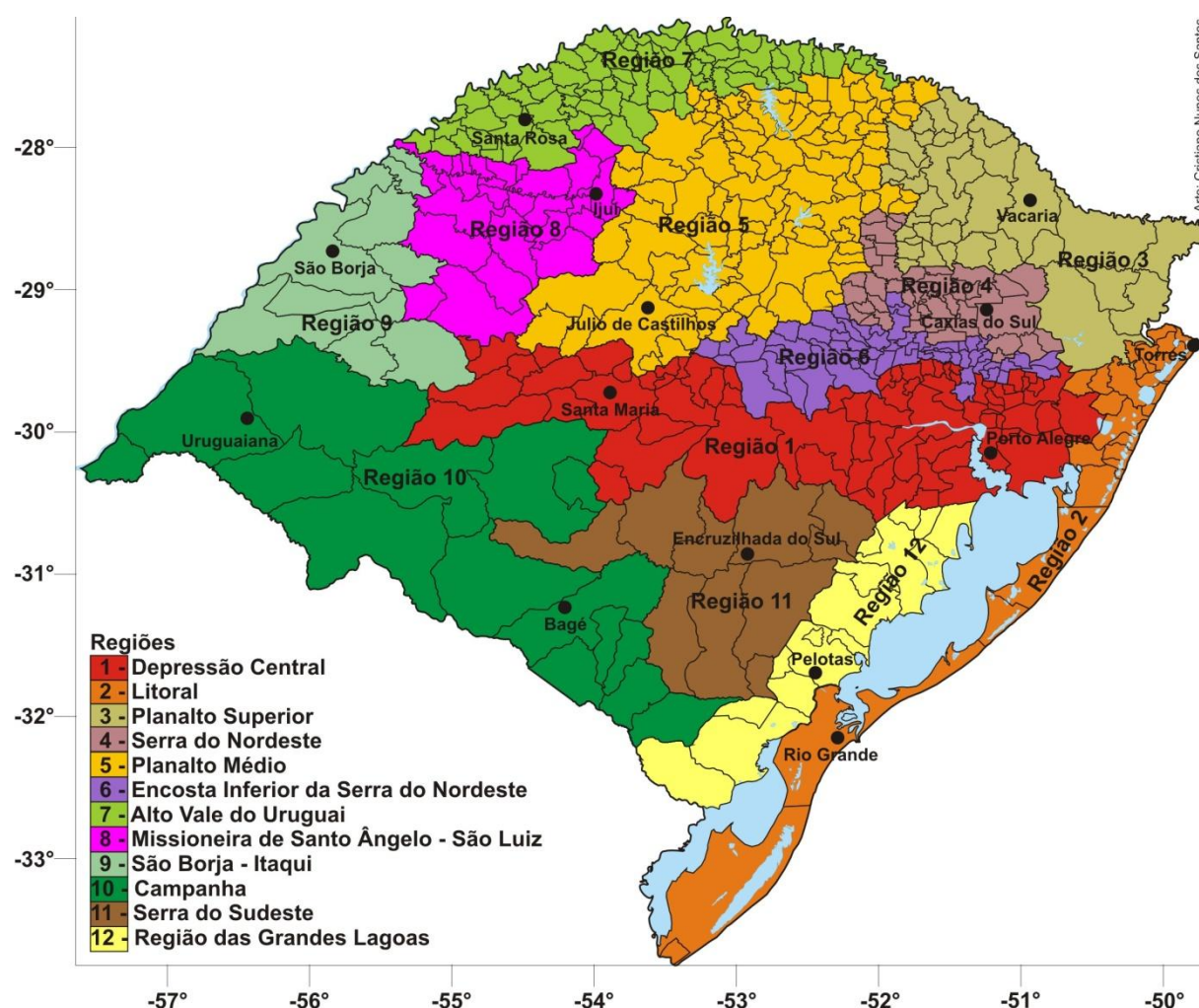


Figura 1 – Mapa do Rio Grande do Sul subdividido em regiões agroecológicas.

Tabela 1 – Características climatológicas da área em estudo.

| Região | Sub Região | Temperatura Média (°C) | Chuva mm        | Dias de chuvas | Umidade Relativa % |
|--------|------------|------------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1      | 1a         | 18,0 a 19,9            | 1100,1 a 1700,0 | 110,1 a 120,0  | 75,1 a 80,0        |
|        | 1b         | 16,1 a 19,9            | 1200,0 a 1599,9 | 100,1 a 119,9  | 75,1 a 79,9        |
|        | 1c         | 17,0 a 19,9            | 1400,1 a 1799,9 | 80,1 a 119,9   | 75,0 a 79,9        |
| 2      | 2a         | 15,1 a 18,9            | 1100,1 a 1899,9 | 110,1 a 129,9  | 75,1 a 84,9        |
|        | 2b         | 18,1 a 18,9            | 1100,1 a 1300,0 | 100,1 a 119,9  | 80,1 a 84,9        |
|        | 2c         | 16,1 a 18,0            | 1100,1 a 1300,0 | 100,1 a 110,0  | 75,1 a 84,9        |
| 3      | 3a         | 14,1 a 15,9            | 1500,1 a 2099,9 | 110,1 a 139,9  | 75,1 a 85,0        |
|        | 3b         | 15,1 a 17,9            | 1400,1 a 1799,9 | 90,1 a 129,9   | 75,1 a 80,0        |
| 4      | 4a         | 15,0 a 17,9            | 1600,1 a 2099,9 | 110,1 a 145,0  | 75,1 a 80,0        |
|        | 4b         | 16,1 a 18,9            | 1600,1 a 1899,9 | 100,1 a 129,9  | 75,1 a 79,9        |
| 5      | 5a         | 16,0 a 18,0            | 1600,1 a 1999,9 | 80,1 a 109,9   | 75,0 a 79,9        |
|        | 5b         | 17,0 a 18,9            | 1600,1 a 1799,9 | 90,1 a 119,9   | 75,1 a 79,9        |
|        | 5c         | 17,1 a 18,9            | 1700,1 a 1999,9 | 90,1 a 109,9   | 70,1 a 79,9        |
|        | 5d         | 18,0 a 18,9            | 1500,1 a 1799,9 | 90,1 a 110,0   | 75,0 a 79,9        |
|        | 5e         | 18,1 a 19,0            | 1500,1 a 1799,9 | 90,0 a 110,0   | 70,1 a 79,9        |
| 6      | 6a         | 17,0 a 19,9            | 1400,1 a 2000,0 | 110,1 a 129,9  | 75,1 a 80,0        |
|        | 6b         | 17,1 a 19,9            | 1500,0 a 1700,0 | 100,1 a 129,9  | 75,0 a 79,9        |
| 7      | 7a         | 18,1 a 19,9            | 1500,1 a 1799,9 | 90,1 a 109,9   | 75,1 a 84,9        |
|        | 7b         | 18,0 a 18,9            | 1600,1 a 1799,9 | 100,1 a 119,9  | 75,1 a 84,9        |
|        | 7c         | 17,1 a 19,9            | 1600,1 a 1799,9 | 90,1 a 109,9   | 70,1 a 84,9        |
| 8      |            | 18,1 a 19,9            | 1500,1 a 1799,9 | 80,1 a 99,9    | 70,1 a 79,9        |
| 9      |            | 18,1 a 20,9            | 1400,1 a 1600,0 | 70,1 a 99,9    | 70,1 a 84,9        |
| 10     | 10a        | 16,1 a 19,9            | 1300,1 a 1599,9 | 80,1 a 109,9   | 70,1 a 79,9        |
|        | 10b        | 16,1 a 18,9            | 1200,1 a 1499,9 | 80,1 a 109,9   | 70,1 a 79,9        |
| 11     |            | 16,1 a 18,9            | 1300,1 a 1599,9 | 80,1 a 120,0   | 75,1 a 79,9        |
| 12     | 12a        | 16,1 a 18,9            | 1200,0 a 1499,9 | 90,1 a 109,9   | 75,1 a 84,9        |
|        | 12b        | 16,1 a 17,9            | 1300,0 a 1499,9 | 90,1 a 100,0   | 75,1 a 84,9        |

Fonte: Adaptada de Rio Grande do Sul (1994).

Cada região possui, no mínimo, um município pólo com registros pluviográficos:

- Região 1 – Depressão Central: Porto Alegre e Santa Maria.
- Região 2 – Litoral: Rio Grande e Torres.
- Região 3 – Planalto Superior: Vacaria.
- Região 4 – Serra do Nordeste: Caxias do Sul.
- Região 5 – Planalto Médio: Júlio de Castilhos.
- Região 7 – Alto Vale do Uruguai: Santa Rosa.
- Região 8 – Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz: Ijuí.
- Região 9 – São Borja - Itaqui: São Borja.

- Região 10 – Campanha: Bagé e Uruguaiana.
- Região 11 – Serra do Sudeste: Encruzilhada do Sul.
- Região 12 – Região das Grandes Lagoas: Pelotas.

Nestes 14 municípios pólos foram estudados os registros pluviográficos existentes a partir de 1961. Nos demais municípios do estado foram utilizados os dados pluviométricos diários existentes, tendo-se o cuidado de se utilizar somente os dados obtidos a partir do ano de 1961, e que tenham o mínimo possível de falhas de continuidade. Entre os municípios que possuem dados pluviométricos, foram escolhidos 91 municípios de entorno tendo como características o fato de possuírem estações de observação meteorológica em atividade (Fig. 2 e tab. 2).

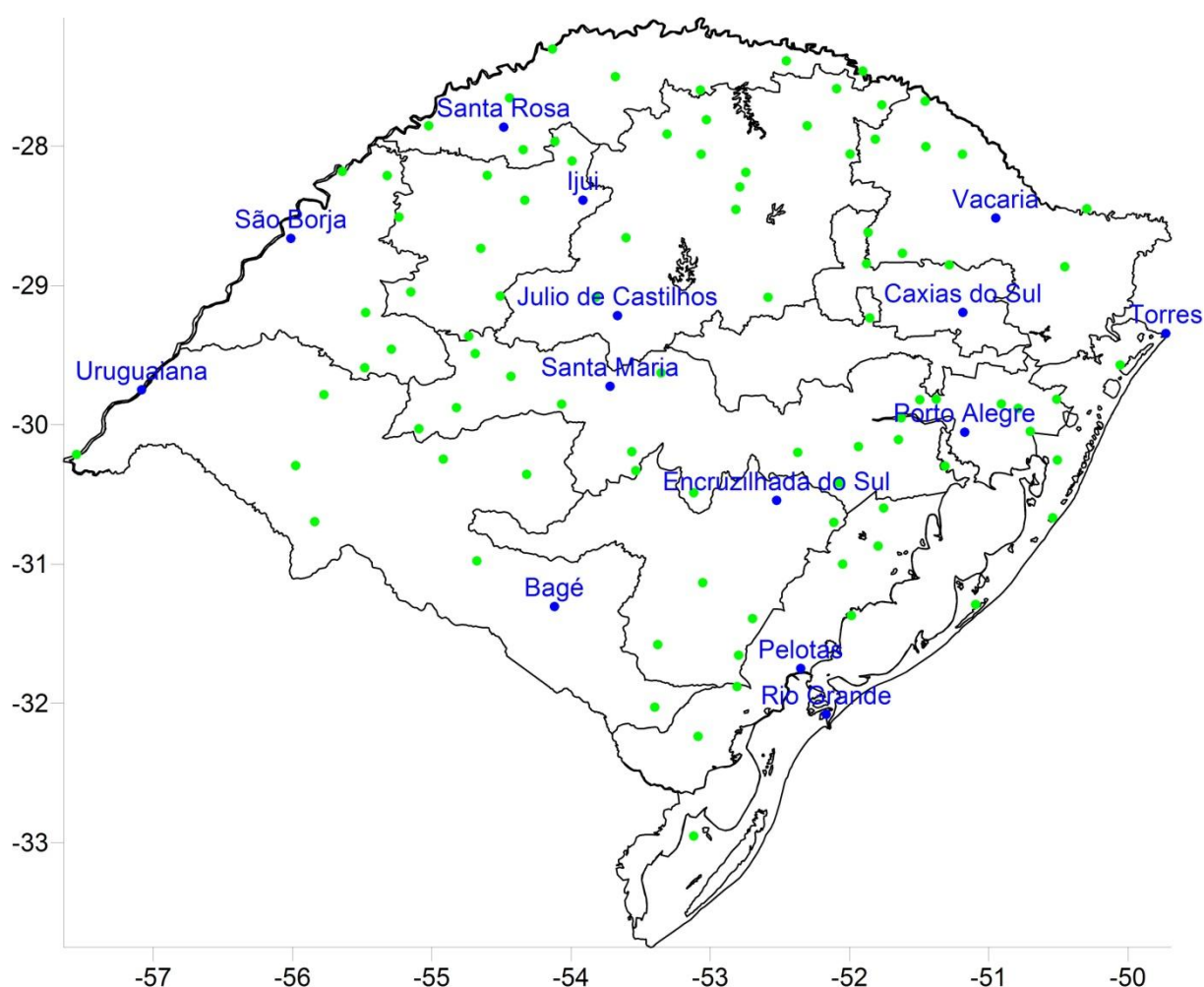


Figura 2 – Mapa esquemático da localização das estações dos municípios em estudo.

Tabela 2 – Estações meteorológicas utilizadas.

| Reg      | Dados da Estação            | Lat. Sul      | Long. Oeste   | Alt. (m)    | Periodo disponível | Tipo de registro     | Fonte          |
|----------|-----------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------|----------------|
| <b>1</b> | <b>Porto Alegre - Pólo</b>  | <b>30°03'</b> | <b>51°10'</b> | <b>47</b>   | <b>1986 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>INMET</b>   |
| 1        | Barra do Ribeiro            | 30°17'        | 51°18'        | 5           | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Butiá                       | 30°09'        | 51°56'        | 60          | 1983 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Charqueadas                 | 29°57'        | 51°37'        | 21          | 1985 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Eldorado do Sul             | 30°06'        | 51°38'        | 40          | 1967 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Glorinha                    | 29°52'        | 50°47'        | 77          | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Gravataí                    | 29°51'        | 50°54'        | -           | 1991 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Montenegro                  | 29°49'        | 51°22'        | 15          | 1970 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Pântano Grande              | 30°11'        | 52°22'        | 40          | 1986 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Santo Antônio da Patrulha   | 29°49'        | 50°30'        | -           | 1991 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | São Jerônimo                | 30°25'        | 52°04'        | 300         | 1970 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Triunfo                     | 29°49'        | 51°29'        | 20          | 1964 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Viamão                      | 30°02'        | 50°42'        | -           | 1991 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>1</b> | <b>Santa Maria - Pólo</b>   | <b>29°43'</b> | <b>53°43'</b> | <b>95</b>   | <b>1963 - 2000</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 1        | Cacequi                     | 29°52'        | 54°49'        | 100         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Cachoeira do Sul            | 30°29'        | 53°07'        | 120         | 1983 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Dona Francisca              | 29°37'        | 53°21'        | 25          | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | Jaguari                     | 29°29'        | 54°41'        | 100         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | São Pedro do Sul            | 29°39'        | 54°25'        | 40          | 1984 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | São Sepé                    | 30°11'        | 53°33'        | 60          | 1985 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 1        | São Vicente do Sul          | 30°01'        | 55°05'        | 90          | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>2</b> | <b>Torres - Pólo</b>        | <b>29°20'</b> | <b>49°43'</b> | <b>31</b>   | <b>1986 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>INMET</b>   |
| 2        | Terra de Areia              | 29°34'        | 50°03'        | 40          | 1974 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>2</b> | <b>Rio Grande - Pólo</b>    | <b>32°04'</b> | <b>52°10'</b> | <b>3</b>    | <b>1990 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FURG</b>    |
| 2        | Mostardas                   | 30°40'        | 50°32'        | 2           | 1983 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 2        | Palmares do Sul             | 30°15'        | 50°30'        | 3           | 1974 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 2        | Santa Vitória do Palmar     | 32°57'        | 53°07'        | 3           | 1966 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 2        | Tavares                     | 31°17'        | 51°05'        | -           | 1992 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>3</b> | <b>Vacaria - Pólo</b>       | <b>28°31'</b> | <b>50°57'</b> | <b>1050</b> | <b>1974 - 1993</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 3        | Barracão                    | 27°40'        | 51°27'        | 754         | 1978 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 3        | Bom Jesus                   | 28°26'        | 50°17'        | 850         | 1964 - 2004        | Pluviométrico        | ANA            |
| 3        | Esmeralda                   | 28°03'        | 51°11'        | 974         | 1978 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 3        | Jaquirana                   | 28°52'        | 50°27'        | 640         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 3        | Lagoa Vermelha              | 28°00'        | 51°27'        | 950         | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 3        | Nova Prata                  | 28°46'        | 51°37'        | 680         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 3        | Sananduva                   | 27°57'        | 51°48'        | 687         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>4</b> | <b>Caxias Do Sul - Pólo</b> | <b>29°11'</b> | <b>51°11'</b> | <b>760</b>  | <b>1986 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>INMET</b>   |
| 4        | Antônio Prado               | 28°51'        | 51°17'        | 630         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 4        | Casca                       | 28°37'        | 51°51'        | 380         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 4        | Encantado                   | 29°14'        | 51°51'        | 60          | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 4        | Guaporé                     | 28°50'        | 51°52'        | 520         | 1985 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |

Cont. Tabela 2 – Estações meteorológicas utilizadas.

| Reg       | Dados da Estação                 | Lat. Sul      | Long. Oeste   | Alt. (m)   | Período disponível | Tipo de registro     | Fonte          |
|-----------|----------------------------------|---------------|---------------|------------|--------------------|----------------------|----------------|
| <b>5</b>  | <b>Júlio De Castilhos - Pólo</b> | <b>29°13'</b> | <b>53°40'</b> | <b>516</b> | <b>1984 - 2003</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 5         | Barros Cassal                    | 29°05'        | 52°35'        | 620        | 1986 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Carazinho                        | 28°17'        | 52°47'        | 570        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Chapada                          | 28°03'        | 53°03'        | 450        | 1977 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Coqueiros do Sul                 | 28°11'        | 52°44'        | 593        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Cruz Alta                        | 28°39'        | 53°36'        | 440        | 1978 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Erebango                         | 27°51'        | 52°18'        | 763        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Guarama                          | 27°35'        | 52°05'        | 800        | 1986 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Não-Me-Toque                     | 28°27'        | 52°48'        | 491        | 1985 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Paim Filho                       | 27°42'        | 51°46'        | 600        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Palmeira das Missões             | 27°54'        | 53°18'        | 610        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Quevedos                         | 29°51'        | 54°04'        | 408        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Sarandi                          | 27°48'        | 53°01'        | 350        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Tapejara                         | 28°03'        | 51°59'        | 672        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 5         | Tupanciretã                      | 29°05'        | 53°49'        | 469        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>7</b>  | <b>Santa Rosa - Pólo</b>         | <b>27°51'</b> | <b>54°29'</b> | <b>273</b> | <b>1975 - 1998</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 7         | Giruá                            | 28°01'        | 54°20'        | 400        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Independência                    | 27°58'        | 54°06'        | 400        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Itatiba do Sul                   | 27°23'        | 52°27'        | 350        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Liberato Salzano                 | 27°35'        | 53°04'        | 378        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Marcelino Ramos                  | 27°27'        | 51°54'        | 420        | 1987 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Miraguai                         | 27°30'        | 53°40'        | 502        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Porto Lucena                     | 27°51'        | 55°01'        | 100        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Tiradentes do Sul                | 27°18'        | 54°08'        | 120        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 7         | Tucunduva                        | 27°39'        | 54°26'        | 120        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>8</b>  | <b>Ijuí - Pólo</b>               | <b>28°23'</b> | <b>53°54'</b> | <b>448</b> | <b>1963 - 1994</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 8         | Capão do Cipó                    | 29°04'        | 54°30'        | 420        | 1983 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 8         | Catuípe                          | 28°06'        | 53°59'        | 447        | 1970 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 8         | Entre Ijuís                      | 28°23'        | 54°19'        | 440        | 1977 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 8         | Guarani das Missões              | 28°12'        | 54°36'        | 160        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 8         | Santiago                         | 29°21'        | 54°44'        | 300        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 8         | São Miguel das Missões           | 28°44'        | 54°38'        | 160        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 8         | Unistalda                        | 29°02'        | 55°09'        | 380        | 1970 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>9</b>  | <b>São Borja - Pólo</b>          | <b>28°39'</b> | <b>56°00'</b> | <b>99</b>  | <b>1961 - 2004</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 9         | Garruchos                        | 28°10'        | 55°38'        | 60         | 1962 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 9         | Itaqui                           | 29°11'        | 55°28'        | 100        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 9         | Manoel Viana                     | 29°35'        | 55°28'        | 80         | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 9         | Santo Antônio das Missões        | 28°30'        | 55°14'        | 200        | 1983 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 9         | São Francisco de Assis           | 29°27'        | 55°17'        | 100        | 1969 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 9         | São Nicolau                      | 28°12'        | 55°19'        | 80         | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>10</b> | <b>Uruguaiana - Pólo</b>         | <b>29°45'</b> | <b>57°05'</b> | <b>62</b>  | <b>1969 - 1991</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>FEPAGRO</b> |
| 10        | Alegrete                         | 29°47'        | 55°46'        | 80         | 1986 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 10        | Barra do Quaraí                  | 30°12'        | 57°33'        | 40         | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 10        | Quaraí                           | 30°17'        | 55°58'        | 160        | 1988 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 10        | Rosário do Sul                   | 30°14'        | 54°55'        | 100        | 1964 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 10        | São Gabriel                      | 30°21'        | 54°19'        | 120        | 1985 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| <b>10</b> | <b>Bagé - Pólo</b>               | <b>31°18'</b> | <b>54°07'</b> | <b>242</b> | <b>1985 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>INMET</b>   |
| 10        | Dom Pedrito                      | 30°58'        | 54°40'        | 120        | 1970 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 10        | Herval                           | 32°01'        | 53°23'        | 260        | 1969 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |
| 10        | Santana do Livramento            | 30°41'        | 55°50'        | 300        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA            |

Cont. Tabela 2 – Estações meteorológicas utilizadas.

| Reg       | Dados da Estação                  | Lat. Sul      | Long. Oeste   | Alt. (m)   | Período disponível | Tipo de registro     | Fonte                  |
|-----------|-----------------------------------|---------------|---------------|------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| <b>11</b> | <b>Encruzilhada do Sul - Pólo</b> | <b>30°32'</b> | <b>52°31'</b> | <b>428</b> | <b>1982 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>INMET</b>           |
| 11        | Caçapava do Sul                   | 30°19'        | 53°32'        | 420        | 1986 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 11        | Canguçu                           | 31°23'        | 52°41'        | 400        | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 11        | Cerrito                           | 31°39'        | 52°47'        | 250        | 1976 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 11        | Dom Feliciano                     | 30°42'        | 52°06'        | -          | 1961 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 11        | Pinheiro Machado                  | 31°34'        | 53°22'        | 440        | 1966 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 11        | Piratini                          | 31°08'        | 53°03'        | 120        | 1977 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| <b>12</b> | <b>Pelotas - Pólo</b>             | <b>31°45'</b> | <b>52°21'</b> | <b>13</b>  | <b>1961 - 2005</b> | <b>Pluviográfico</b> | <b>Embrapa / UFPel</b> |
| 12        | Arroio Grande                     | 32°14'        | 53°05'        | 3          | 1967 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 12        | Camaquã                           | 30°52'        | 51°47'        | 65         | 1977 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 12        | Cerro Grande do Sul               | 30°35'        | 51°45'        | 120        | 1977 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 12        | Cristal                           | 31°00'        | 52°02'        | 40         | 1965 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 12        | Pedro Osório                      | 31°52'        | 52°48'        | 27         | 1977 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |
| 12        | São Lourenço do Sul               | 31°22'        | 51°59'        | 2          | 1967 - 2005        | Pluviométrico        | ANA                    |

Fontes: ANA, INMET, FEPAGRO, FURG e Convênio Embrapa / UFPel.

A Região 6 - Encosta Inferior da Serra do Nordeste, por não possuir estação que disponha de registros pluviográficos, foi excluída deste estudo.

Os dados de precipitação e índices de erosividade do município de Santa Maria foram cedidos por Cogo (COGO, ELTZ e CASSOL, 2006), para adaptação e utilização neste trabalho.

### 3.2 Digitalização dos registros pluviográficos

Devido à grande quantidade de registros pluviográficos que precisavam ser analisados, foi necessário o desenvolvimento de um novo sistema de coleta de dados, substituindo o uso de fotocópias, que inviabilizaria economicamente a execução deste trabalho.

O Sistema de Fotodigitalização Santos, Lago e Moreira (SLM) foi desenvolvido pelos Eng<sup>o</sup> Agrônomos Cristiano Nunes dos Santos e José Carlos Lago e pelo Físico Aires Carpinter Moreira e utilizado por Moreira (2006) na coleta de dados para a sua tese.

No sistema proposto os problemas existentes com os custos de fotocópias e as dificuldades de armazenamento são superados com o uso da fotografia digital e da informática.

Este sistema é composto por um suporte, uma câmera digital de boa qualidade e um computador portátil. Esse suporte (Fig. 3) possibilita a fixação da

câmera fotográfica de maneira que sua objetiva fique em um ângulo de 90° com a base do suporte, a uma altura que não haja perda do foco e fixada de maneira a não provocar distorção, possibilitando todas as fotos com o mesmo tamanho e qualidade. Uma característica deste sistema é a possibilidade de se digitalizar qualquer tipo de documento com tamanho superior a uma folha A4, superando os tradicionais “scanners” de mesa e seus similares, seja pelas amplas possibilidades de utilização, seja pela sua qualidade superior das imagens geradas, além da sua velocidade de digitalização.



Figura 3 – Conjunto câmera – suporte pronto para a fotodigitalização.

Para a obtenção dos dados necessários foi utilizada uma câmera fotográfica digital de 5.1Mp, com um cartão de memória de 256MB, e um computador portátil com processador de 1GH, HD de 40GB e 256MB de memória RAM, com entrada USB para conexão da câmara fotográfica. No uso desta metodologia, evitou-se o uso do flash da câmera fotográfica, com o objetivo de aumentar a vida útil da carga das baterias, o que pode ser feito com o emprego adicional de uma fonte de luz branca (fluorescente), acoplada ao suporte.

A Fig. 4 evidencia o processo de transferência e armazenamento dos dados obtidos durante a fotodigitalização de pluviogramas, para o computador portátil.



Figura 4 – Transferência das fotos de pluviogramas para o computador portátil.

Esta fase de transferência das fotos é realizada sempre que se esgota a memória da câmera fotográfica. Utilizando-se um cartão de memória de 256MB, é possível tirar-se, em média, 120 fotos, com qualidade de 5.1Mp cada uma, por descarga da máquina.

A Fig. 5 mostra os pluviogramas fotodigitalizados e um detalhe de uma parte ampliada no computador.

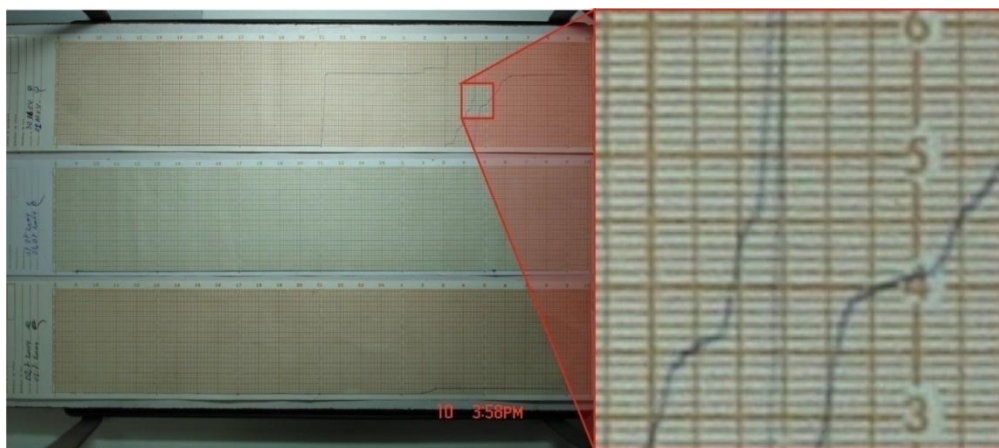


Figura 5 – Pluviogramas fotodigitalizados e detalhe dos mesmos ampliados no computador.

Esta metodologia foi utilizada para a obtenção dos pluviogramas de todos os municípios pólos, com exceção do município de Vacaria. Devido ao fato do suporte metálico ter sido desenvolvido inicialmente para não ser desmontado, seu transporte

para outros municípios acabava sendo dificultado pelo seu tamanho relativamente grande. Outro problema encontrado foi o fato do tamanho máximo de exposição para a fotodigitalização não permitir elementos com largura superior a 420mm ou altura superior a 297mm, o equivalente a uma folha padrão A3. Esta foi uma dificuldade encontrada ao tentar-se fotodigitalizar um mapa de observações meteorológicas disponível no 8º DISME.

Com base nestes fatores, para a coleta dos dados pluviográficos referentes ao município de Vacaria, foi desenvolvido o sistema batizado aqui de Sistema de Fotodigitalização Nunes & Lago. Desenvolvido pelos Engº Agrônomos Cristiano Nunes dos Santos e José Carlos Lago, este novo sistema parte do mesmo princípio de funcionamento do Sistema SLM, com o diferencial de ter uma área de exposição fotográfica de 600 x 450mm, 900mm de altura e base de acoplagem da câmera com 120 x 120mm (Fig 6), além de ser totalmente desmontável e portátil (Fig. 7).

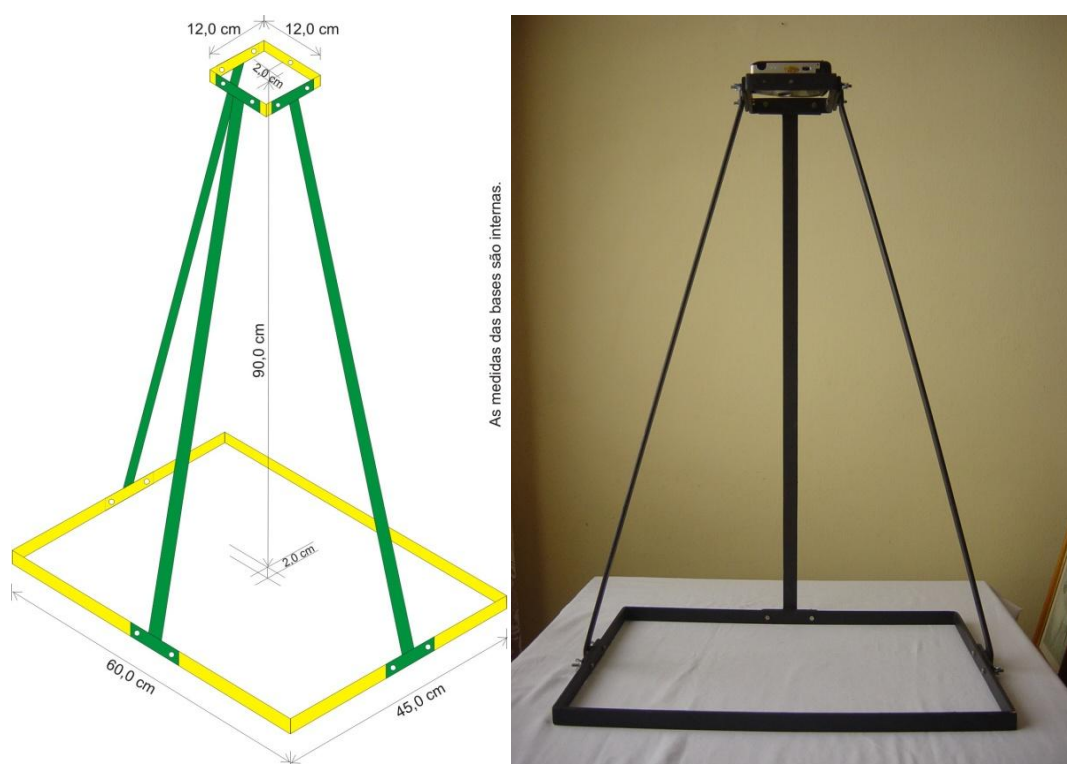


Figura 6 – Modelo esquemático e foto do suporte desenvolvido por Nunes & Lago.

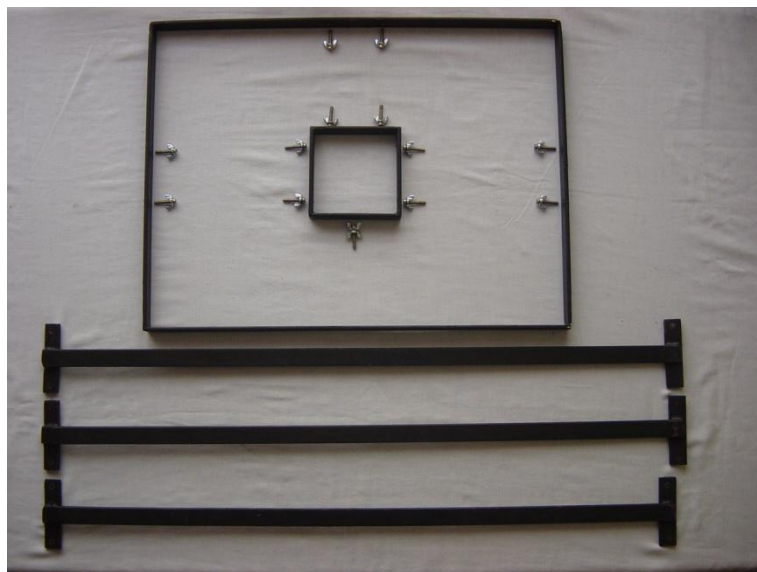


Figura 7 – Suporte desenvolvido por Nunes & Lago (desmontado).

Outro diferencial do novo sistema é o fato de possibilitar uma montagem conforme o material a ser usado. Na Fig. 6 tem-se o sistema montado completo, com destaque para os três pontos de apoio da base da câmera. Na Fig. 8 podem ser observadas as variações possíveis na montagem do sistema, com dois pontos e com um ponto de apoio da base da câmera fotográfica ou “webcam” de alta resolução, outra possibilidade de uso em substituição a câmera fotográfica.



Figura 8 – Variações na montagem do suporte desenvolvido por Nunes & Lago.

### 3.3 Estimativa da erosividade das chuvas

A metodologia utilizada para encontrar os valores de erosividade foi àquela proposta por Wischmeier (1959) e adaptado por Cabeda (1976). Aliada a esta metodologia os valores foram expressos em unidades do Sistema Internacional de acordo com Foster et al. (1981).

A estimativa da energia cinética ( $EC_s$ ) de cada segmento uniforme de uma chuva individual foi determinada por:

$$EC_s = EC \cdot h$$

Onde:

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I$$

- $I$  = intensidade da chuva no segmento uniforme ( $\text{mm h}^{-1}$ )
- $EC$  = energia cinética por mm de chuva ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ )
- $h$  = altura da chuva no segmento uniforme (mm)
- $EC_s$  = energia cinética no segmento de chuva ( $\text{MJ ha}^{-1}$ )

A energia cinética total ( $EC_t$ ) da chuva individual é dada pelo somatório da energia cinética de cada segmento da chuva:

$$EC_t = \sum EC_s$$

Desta forma, o índice de erosividade de cada chuva resultou:

$$EI_{30} = EC_t \cdot I_{30'}$$

Onde:

- $EC_t$  = energia cinética total da chuva ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ),
- $I_{30'}$  = intensidade máxima de precipitação num período de 30 minutos ( $\text{mm h}^{-1}$ )
- $EI_{30}$  = índice de erosividade da chuva individual ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1}$ ).

Para o cálculo dos índices de erosividade foram selecionados os pluviogramas em que:

- Todas as chuvas com 10,0mm ou mais de altura;
- Todas as chuvas inferiores a 10mm mas que na duração de 15 minutos possuísse altura de lâmina igual ou maior que 6mm.

Após a seleção dos pluviogramas que continham as chuvas consideradas erosivas, foi utilizada a seguinte metodologia de leitura dos pluviogramas:

- Foram identificadas as mudanças de declividades ocorridas na curva do pluviograma, uma vez que, a cada mudança de declividade, tem-se mudança na intensidade de precipitação;
- Para cada trecho selecionado foi identificada a duração, bem como a altura precipitada neste segmento;
- Sendo conhecidos os períodos de tempo e as alturas de lâmina, foram calculadas as intensidades de chuva, e a energia cinética para cada segmento da chuva.

Para obter o índice de erosividade de cada chuva foi feito o somatório da energia cinética de cada segmento e este foi multiplicado pela intensidade máxima da chuva na duração de 30 minutos (WISCHMEIER, 1959).

A intensidade ( $I_{30}$ ) foi calculada conforme Goulart (1992), utilizando-se as leituras feitas para o cálculo de energia cinética, conforme o exemplo da tab. 3:

Tabela 3 – Leitura do pluviograma de uma chuva erosiva.

| Tempo |         | Chuva<br>(mm) | Hora<br>decimal | Duração da<br>chuva (min) | Chuva<br>(mm) | Intensidade<br>mm.h <sup>-1</sup> |
|-------|---------|---------------|-----------------|---------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Hora  | Minutos |               |                 |                           |               |                                   |
| 12    | 30      | 0,0           | 12,50           |                           |               |                                   |
| 14    | 0       | 3,5           | 14,00           | 90                        | 3,5           | 2,33                              |
| 14    | 40      | 6,0           | 14,67           | 40                        | 2,5           | 3,75                              |
| 15    | 20      | 7,4           | 15,33           | <b>40<sup>(4)</sup></b>   | 1,4           | <b>2,10<sup>(4)</sup></b>         |
| 15    | 30      | 10,0          | 15,50           | <b>10<sup>(2)</sup></b>   | 2,6           | <b>15,60<sup>(2)</sup></b>        |
| 15    | 40      | 10,0          | 15,67           | <b>10<sup>(1)</sup></b>   | 10            | <b>60,00<sup>(1)</sup></b>        |
| 15    | 45      | 1,0           | 15,75           | <b>5<sup>(3)</sup></b>    | 1             | <b>12,00<sup>(3)</sup></b>        |
| 16    | 5       | 1,1           | 16,08           | 20                        | 0,1           | 0,30                              |
| 16    | 10      | 2,0           | 16,17           | 5                         | 0,9           | 10,80                             |
| 16    | 15      | 4,8           | 16,25           | 5                         | 2,8           | 33,60                             |
| 16    | 25      | 6,5           | 16,42           | 10                        | 1,7           | 10,20                             |
| 17    | 0       | 9,0           | 17,00           | 35                        | 2,5           | 4,29                              |
| 17    | 40      | 10,0          | 17,67           | 40                        | 1             | 1,50                              |
| 18    | 0       | 0,5           | 18,00           | 20                        | 0,5           | 1,50                              |
| 20    | 0       | 1,0           | 20,00           | 120                       | 0,5           | 0,25                              |

Obs: (1)(2)(3)(4) Valores de duração de chuva e suas respectivas intensidades de precipitação utilizadas para o cálculo de intensidade máxima de chuva conforme Goulart (1992).

O procedimento para o cálculo de intensidade máxima de chuva, para a duração de 30 minutos foi o seguinte:

- 1) Verificou-se o maior valor de intensidade de chuva observada e a duração correspondente. No exemplo a maior intensidade é de 60,00mm h<sup>-1</sup> para um período de 10 minutos;
- 2) Localizou-se o valor mais alto de intensidade vizinho aos 60,00mm h<sup>-1</sup> e seu período correspondente. No exemplo temos 15,60mm h<sup>-1</sup> em 10 minutos;
- 3) Localizou-se o segundo valor mais alto de intensidade vizinho aos 60,00mm h<sup>-1</sup> e seu período corresponde. No exemplo temos 12,00mm h<sup>-1</sup> em 5 minutos.
- 4) Como o somatório dos períodos localizados (25 minutos) ainda não se igualou à duração de 30 minutos que nos interessava continuou-se localizando as intensidades mais altas na vizinhança dos 60,00mm h<sup>-1</sup> até se completar os 30 minutos. No exemplo temos 2,10mm h<sup>-1</sup> em 40 minutos. Como o somatório ultrapassou 30 minutos, utilizamos somente 5 dos 40 minutos, para realizar o cálculo.

$$I_{30} = \left(\frac{10}{30} \times 60,00\right) + \left(\frac{10}{30} \times 15,60\right) + \left(\frac{5}{30} \times 12,00\right) + \left(\frac{5}{30} \times 2,10\right) = 27,55\text{mm h}^{-1}$$

No exemplo da tab. 3, conforme a metodologia exposta tem-se 27,55mm h<sup>-1</sup> de intensidade máxima.

Para se poder analisar a validade do uso do cálculo, foi realizada a determinação visual da intensidade máxima no pluviograma (Fig. 9), através da localização do trecho de maior lâmina precipitada em 30 minutos. O valor da lâmina precipitada foi multiplicado por 2 para obter-se a intensidade máxima em mm h<sup>-1</sup>.

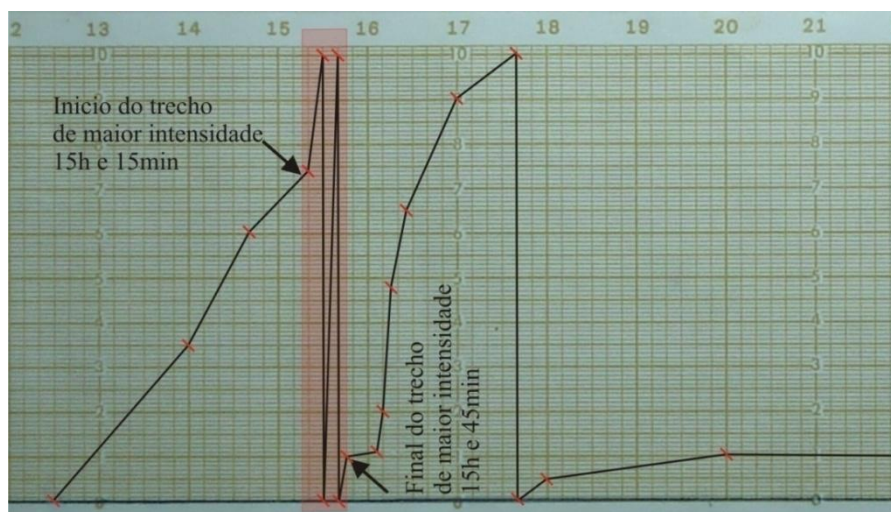


Figura 9 – Detalhamento de uma chuva: aclives uniformes e trecho de maior intensidade.

Conforme o exemplo da Fig. 9, o trecho de maior lâmina precipitada tem seu início às 15 horas e 15 minutos, e final às 15 horas e 45 minutos, com 13,7mm de chuva precipitada em 30 minutos, neste caso  $27,40\text{mm h}^{-1}$ .

Através de planilha eletrônica originalmente elaborada e desenvolvida por Lago (2000) e aperfeiçoada por Santos (2003), foram realizadas as equações de cálculo da intensidade, da energia cinética e do índice de erosividade. Desta forma, os dados de entrada são as leituras das alturas de lâminas nas respectivas durações, em cada um dos segmentos e, a intensidade máxima de precipitação em 30 minutos, expressa em  $\text{mm h}^{-1}$ .

Para os municípios do entorno dos municípios pólos, onde as estações possuíam somente registros pluviométricos disponíveis, foram separadas e somadas todas as precipitações diárias iguais ou maiores do que 10mm em cada mês. A estes dados foram aplicadas as equações mensais resultantes das correlações entre os índices de erosividade mensais obtidos pelo método do  $\text{EI}_{30}$ , o Coeficiente de Fournier modificado por Lago (2000) e a precipitação erosiva mensal ( $P > 10\text{mm}$ ). A escolha por estes dois modelos deve-se ao fato de que exigem apenas o uso de registros pluviométricos diários.

A metodologia proposta por Fournier (1960) utiliza a precipitação mensal e a anual. Este método originalmente utilizava a relação entre a precipitação média mensal ocorrida no mês de maior precipitação ao quadrado dividido pela lâmina média anual precipitada; ( $R_c = p^2 P^{-1}$ ). Este coeficiente de chuva é correlacionado, posteriormente, com os índices de erosividade obtidos pelo método do  $\text{EI}_{30}$  para a obtenção das equações mensais que proporcionam a extensão dos índices aos municípios dos entornos dos pólos regionais.

Os testes desta metodologia evidenciaram que a relação entre os índices de erosividade calculados pelo  $\text{EI}_{30}$  e os Coeficientes de Fournier apresentavam coeficientes de determinação muito baixos. Desta forma, Lago (2000) optou por introduzir modificações no coeficiente de Fournier. Levou em consideração o fato de que a metodologia do  $\text{EI}_{30}$  utilizava apenas as precipitações erosivas ( $P > 10\text{mm}$ ) para o cálculo dos índices de erosividade das chuvas. Considerou, também, conforme recomenda Arnoldus (1977), que as precipitações médias sejam regularmente distribuídas ao longo do ano e que as regiões sejam homogêneas do ponto de vista climático.

A modificação introduzida foi a da utilização da precipitação erosiva ( $P > 10\text{mm}$ ) mensal ao quadrado dividido pela precipitação erosiva anual:

$$Rc_m (\text{mm}) = p(>10\text{mm})^2 P(>10\text{mm})^{-1}$$

Onde:

- $Rc_m$  = Coeficiente de Fournier modificado (mm)
- $p$  = precipitação erosiva mensal (mm)
- $P$  = precipitação anual (mm)

Desta forma foi mantida a ligação entre as precipitações mensais erosivas e a precipitação anual erosiva.

Através desta metodologia, Lago (2000), Santos (2003) e Moreira (2006) realizaram correlações entre os índices de erosividade determinados pelo método do  $El_{30}$  e os coeficientes de Fournier modificado e, assim, obtiveram as equações mensais.

Os métodos utilizados ( $P > 10\text{mm}$  e Coeficiente de Fournier modificado) para a determinação dos índices de erosividade dos municípios do entorno dos pólos regionais foram submetidos a análises estatísticas paramétricas (teste t) de acordo com Gomes, (1990) e não paramétricas (Prova de Wilcoxon) segundo Siegel, (1975), para verificação de diferenças estatísticas entre ambos.

Para a escolha das equações a serem usadas, foram utilizados os seguintes critérios:

- Havendo diferença estatística, foram utilizadas as equações do método que apresentou a melhor média no índice de correlação;
- Não havendo diferença estatística, foram utilizadas as equações mensais que apresentaram maior índice de correlação.

Tabela 4 – Modelos das equações de correlação utilizadas para determinação dos índices de erosividade dos municípios do entorno dos pólos regionais.

| Tipo                | Tendência | Equação                  |
|---------------------|-----------|--------------------------|
| Fournier modificado | Potência  | $El_{30} = a Rc_m^b$     |
| Fournier modificado | Linear    | $El_{30} = a Rc_m + b$   |
| $p > 10$            | Potência  | $El_{30} = a p > 10^b$   |
| $p > 10$            | Linear    | $El_{30} = a p > 10 + b$ |

Obs:  $Rc_m (\text{mm}) = p(>10\text{mm})^2 P(>10\text{mm})^{-1}$ ,  $p > 10$  = precipitação erosiva mensal ou precipitação erosiva média mensal.

### 3.4 Caracterização das ocorrências de El Niño e La Niña

Foram analisadas as precipitações pluviométricas ocorridas nos anos de 1961 a 2005, sendo os meses destes anos separados em 3 grupos distintos: meses neutros, meses de El Niño e meses de La Niña, conforme a tab. 5 adaptada do web site do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2006).

Tabela 5 – Distribuição mensal do fenômeno ENOS nos anos de 1961 a 2005.

|      | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1961 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | La   | La   | La   | La   |
| 1962 | La   | La   | La   | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1963 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1964 | El   | N    | N    | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1965 | La   | La   | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1966 | El   | El   | El   | El   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1967 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | La   | La   | La   |
| 1968 | La   | La   | La   | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | El   | El   |
| 1969 | El   | El   | El   | El   | El   | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   |
| 1970 | El   | N    | N    | N    | N    | N    | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1971 | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1972 | La   | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1973 | El   | El   | El   | N    | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1974 | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | N    | La   | La   | La   | La   |
| 1975 | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1976 | La   | La   | La   | La   | La   | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   |
| 1977 | El   | El   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   |
| 1978 | El   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1979 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1980 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1981 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1982 | N    | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1983 | El   | El   | El   | El   | El   | El   | N    | N    | La   | La   | La   | La   |
| 1984 | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | La   | La   | La   |
| 1985 | La   | La   | La   | La   | La   | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1986 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1987 | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1988 | El   | El   | N    | N    | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1989 | La   | La   | La   | La   | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1990 | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1991 | N    | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1992 | El   | El   | El   | El   | El   | El   | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1993 | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1994 | N    | N    | N    | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   | El   |
| 1995 | El   | El   | El   | N    | N    | N    | N    | N    | La   | La   | La   | La   |

Cont. Tabela 5 – Distribuição mensal do fenômeno ENOS nos anos de 1961 a 2005.

|         | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1996    | La   | La   | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 1997    | N    | N    | N    | N    | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   |
| 1998    | EI   | EI   | EI   | EI   | N    | N    | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 1999    | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   | La   |
| 2000    | La   | La   | La   | La   | La   | La   | N    | N    | N    | La   | La   | La   |
| 2001    | La   | La   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 2002    | N    | N    | N    | N    | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   |
| 2003    | EI   | EI   | EI   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| 2004    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   | EI   |
| 2005    | EI   | EI   | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    | N    |
| Neutro  | 15   | 20   | 24   | 26   | 23   | 25   | 25   | 26   | 19   | 16   | 15   | 15   |
| El Niño | 15   | 12   | 10   | 8    | 11   | 11   | 11   | 11   | 14   | 14   | 15   | 15   |
| La Niña | 15   | 13   | 11   | 11   | 11   | 9    | 9    | 8    | 12   | 15   | 15   | 15   |

A tabela 5 foi utilizada como base para a separação dos valores mensais de precipitação, intensidade máxima de precipitação e índice de erosividade das chuvas ocorridas nos municípios integrantes da área de estudo, em cada fenômeno ENOS.

### 3.5 Variação mensal dos índices

A partir dos valores obtidos foram confeccionados gráficos ilustrativos das variações da precipitação média mensal, da precipitação erosiva média mensal, das intensidades de precipitação média mensal e dos índices médios mensais de erosividade das chuvas das estações dos pólos regionais. Nos municípios do entorno dos pólos regionais, foram confeccionados os gráficos correspondentes à precipitação média mensal, precipitação erosiva média mensal e aos índices de erosividade médios mensais.

### 3.6 Classes de erosividade da chuva média anual e média mensal

A classificação dos valores de erosividade das chuvas seguiu o proposto por Larios (2007), que sugere uma classificação de erosividade em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, usando como unidade  $t\ m\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ .

Para permitir seu uso neste trabalho, os valores bases foram transformados para  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$  e  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ mês^{-1}$  (tab. 6).

Tabela 6 – Classes de erosividade da chuva média anual e média mensal.

| Classes de erosividade | Valores de R (erosividade)                               |                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                        | MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> | MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> |
| Muito Baixa            | R < 2455,0                                               | R < 205,0                                                |
| Baixa                  | 2455,0 < R < 4910,0                                      | 205,0 < R < 410,0                                        |
| Média                  | 4910,0 < R < 7365,0                                      | 410,0 < R < 615,0                                        |
| Alta                   | 7365,0 < R < 9820,0                                      | 615,0 < R < 820,0                                        |
| Muito Alta             | R > 9820,0                                               | R > 820,0                                                |

Obs: Tabela adaptada de Larios (2007).

### 3.7 Linhas isoerodentes

Após a definição dos índices de erosividade e com o auxílio dos softwares Surfer 8 e CorelDraw X3, foram definidas as isolinhas correspondentes à área em estudo em intervalos de 100 e 200 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> para as isoerodentes mensais e intervalos de 500 e 1000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para as isoerodentes anuais. No traçado das isoerodentes foram utilizados os valores médios mensais e anuais dos índices de erosividade.

Foram confeccionados 12 mapas de isoerodentes mensais e 1 mapa de isoerodentes anuais para cada uma das seguintes situações:

- Índices de erosividade calculados para meses indiscriminados, sem considerar a ocorrência ou não do fenômeno ENOS;
- Índices de erosividade calculados para meses neutros;
- Índices de erosividade calculados para eventos de El Niño;
- Índices de erosividade calculados para eventos de La Niña.

Estes 52 mapas possuem malha cartográfica, escala de cores e divisão municipal e são apresentados no Apêndice CD-ROM.

Para apresentação no corpo deste trabalho, foram confeccionados 13 mapas sem escala de cor e divisão municipal, sendo:

- 12 mapas mensais com os índices de erosividade calculados indiscriminadamente, para meses neutros, para eventos de El Niño e para eventos de La Niña num arranjo 2 por 2;
- 1 mapa anual com os índices de erosividade calculados indiscriminadamente, para meses neutros, para eventos de El Niño e para eventos de La Niña num arranjo 2 por 2.

### 3.8 Divulgação na Internet

Com o objetivo de tornar mais eficiente a divulgação dos resultados obtidos neste trabalho foi desenvolvida uma página para *internet* (web site) (Apêndice CD-ROM) com sistema de mapa interativo, com disponibilização das médias de precipitação, precipitação erosiva, intensidade máxima de precipitação (quando disponível) e índices de erosividade das chuvas, em formato de gráfico e tabelas, de cada um dos municípios estudados (arquivos formato PDF), além dos mapas de isoerodentes gerados (arquivos formato JPEG).

Esta página foi construída em linguagem HTML utilizando-se o software Microsoft Office Publisher 2007. A estrutura da “web site” é apresentada na Fig. 10 e a página de abertura é apresentada na Fig.11.

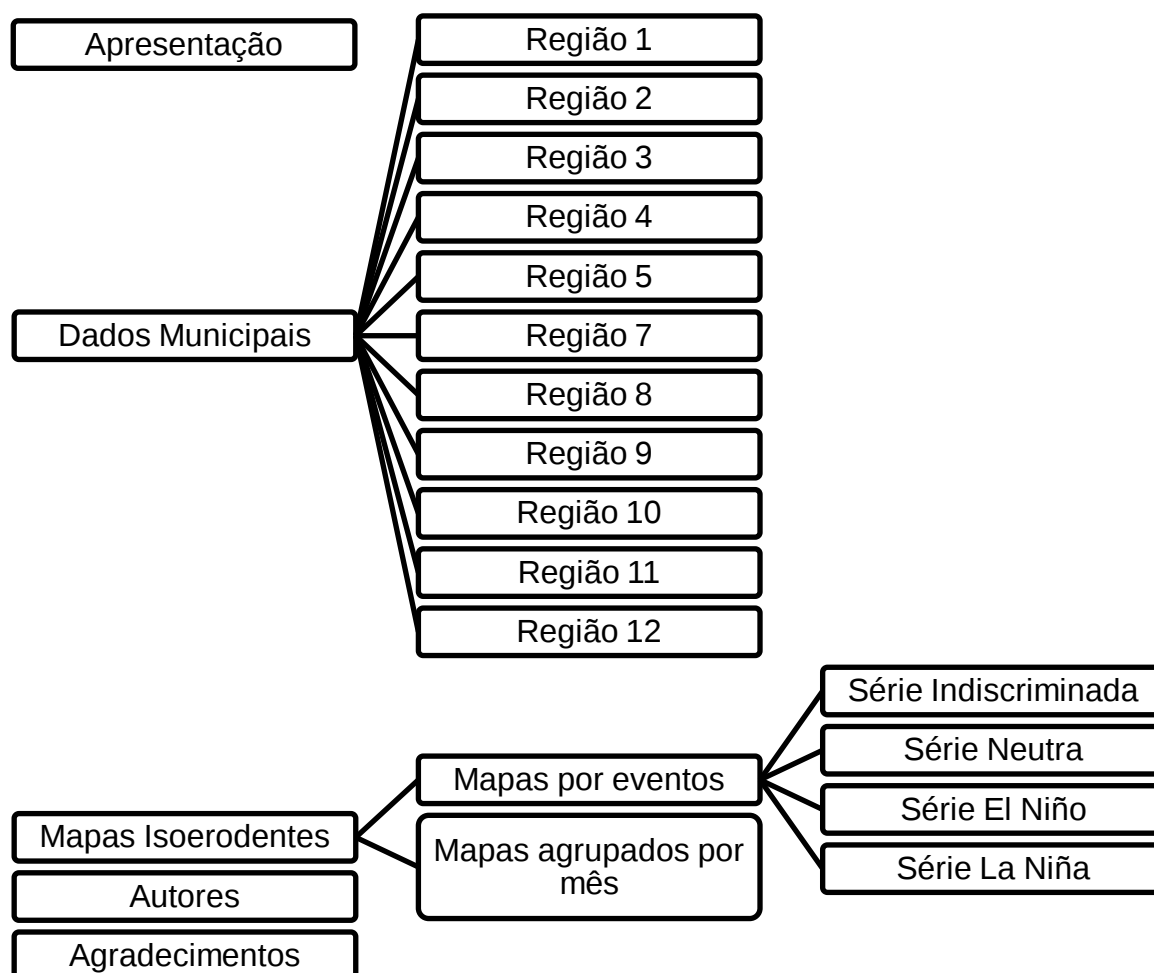


Figura 10 – Mapa esquemático da “web site” desenvolvida para divulgação da tese.



Figura 11 – Página de abertura da “web site” desenvolvida para divulgação da tese.

Os resultados referentes aos 91 municípios de entorno dos pólos regionais, apresentados na tab. 2 serão apresentados unicamente na página para internet (Apêndice CD-ROM) com o objetivo de não sobrecarregar o corpo desta tese com um número excessivo de páginas.

A página para internet está hospedada no servidor web da Universidade Federal de Pelotas, e vinculada a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, sendo acessada pelo endereço eletrônico <http://www.ufpel.edu.br/faem/erosividade> ou <http://faem.ufpel.edu.br/erosividade>.

## 4 Resultados e discussão

### 4.1 Região 1 – Depressão Central

A Região 1 – Depressão Central possui 73 municípios, sendo os municípios de Porto Alegre e Santa Maria os escolhidos como municípios pólos por possuírem registros pluviográficos disponíveis e atualizados. Foram ainda selecionados 19 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 12.

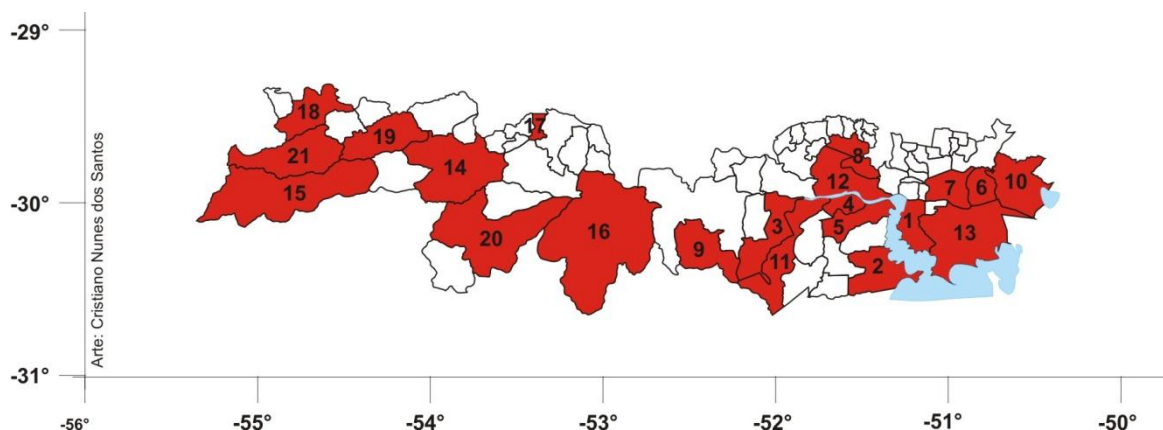


Figura 12 – Mapa da Região 1 – Depressão Central.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 12 são:

- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1. Porto Alegre - Pólo        | 12. Triunfo            |
| 2. Barra do Ribeiro           | 13. Viamão             |
| 3. Butiá                      | 14. Santa Maria - Pólo |
| 4. Charqueadas                | 15. Cacequi            |
| 5. Eldorado do Sul            | 16. Cachoeira do Sul   |
| 6. Glorinha                   | 17. Dona Francisca     |
| 7. Gravataí                   | 18. Jaguarí            |
| 8. Montenegro                 | 19. São Pedro do Sul   |
| 9. Pântano Grande             | 20. São Sepé           |
| 10. Santo Antônio da Patrulha | 21. São Vicente do Sul |
| 11. São Jerônimo              |                        |

Para o município de Porto Alegre foram analisados 20 anos de dados pluviográficos, no período de 1986 a 2005, totalizando 809 chuvas erosivas, média de 40,5 chuvas erosivas por ano. Foram 277 chuvas erosivas em períodos de ocorrência do fenômeno El Niño, 168 chuvas erosivas em períodos de ocorrência da La Niña e 364 chuvas erosivas em períodos neutros, sem a ocorrência de El Niño ou La Niña.

Na tab. 7 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 13) e precipitação erosiva do município de Porto Alegre, nas quatro situações de estudo deste trabalho (meses indiscriminados, meses neutros, meses de El Niño e meses de La Niña).

Tabela 7 – Características das precipitações médias mensais de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 112,5                     | 78,9    | 123,8   | 150,6   | 82,2                       | 55,4    | 82,5    | 124,8   |
| Fevereiro   | 106,3                     | 130,2   | 97,6    | 80,3    | 79,8                       | 98,0    | 76,3    | 55,6    |
| Março       | 99,9                      | 94,6    | 112,3   | 95,0    | 76,6                       | 73,7    | 85,5    | 69,8    |
| Abril       | 130,8                     | 132,9   | 114,5   | 149,5   | 91,4                       | 91,7    | 80,9    | 107,8   |
| Maio        | 103,9                     | 94,6    | 122,1   | 86,5    | 79,8                       | 78,4    | 94,7    | 56,6    |
| Junho       | 125,0                     | 105,4   | 127,2   | 184,9   | 102,9                      | 86,1    | 103,2   | 158,0   |
| Julho       | 148,7                     | 130,9   | 172,8   | 151,8   | 114,2                      | 104,2   | 126,6   | 118,6   |
| Agosto      | 111,5                     | 89,7    | 156,3   | 79,6    | 87,9                       | 74,3    | 110,6   | 76,5    |
| Setembro    | 144,5                     | 158,2   | 114,4   | 166,1   | 110,1                      | 120,1   | 77,5    | 136,5   |
| Outubro     | 147,5                     | 169,0   | 154,1   | 104,0   | 110,9                      | 132,4   | 121,1   | 66,5    |
| Novembro    | 124,0                     | 130,0   | 136,5   | 96,7    | 96,1                       | 108,7   | 96,7    | 75,0    |
| Dezembro    | 106,7                     | 111,6   | 114,8   | 87,6    | 74,7                       | 81,6    | 74,8    | 63,8    |
| Total Anual | 1461,3                    | 1428,8  | 1546,3  | 1432,5  | 1106,6                     | 1104,5  | 1130,3  | 1109,6  |

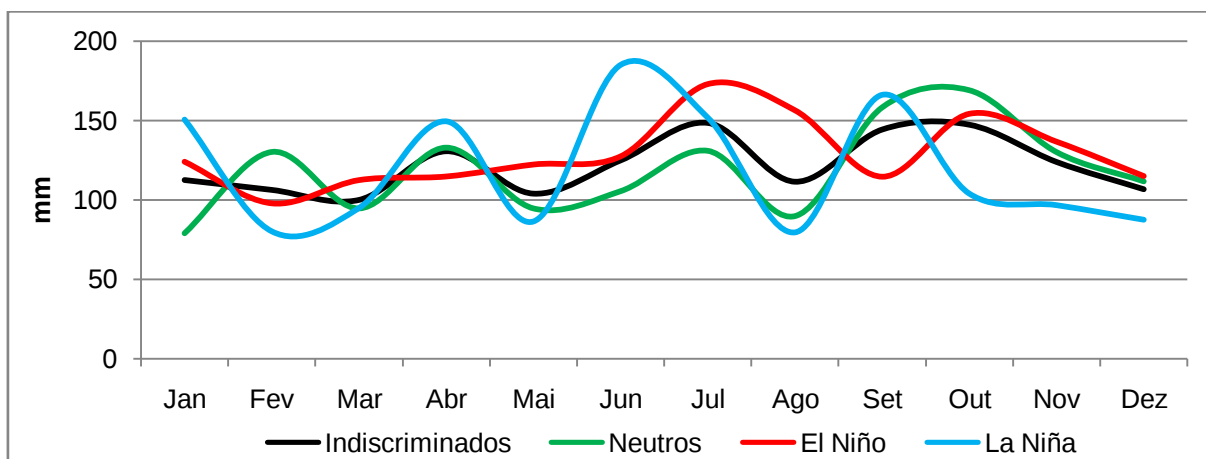


Figura 13 – Precipitação média mensal do município de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005.

Ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Porto Alegre, tem-se um total médio anual de 1461,3mm de precipitação total, com 1106,6mm de precipitação erosiva média ao ano, o que equivale a 75,73% da precipitação média anual do município. Os meses de maior precipitação média total são Julho, Setembro e Outubro, com 148,7mm, 144,5mm e 147,5mm de chuva respectivamente.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Porto Alegre observa-se um incremento na ordem de 5,8% na precipitação total média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e na ausência de ambos os fenômenos, há um decréscimo de 1,97% e 2,2% na precipitação total média anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, os meses de maior precipitação total são Julho (172,8mm), Agosto (156,3mm) e Outubro (154,1mm), sendo observado um incremento de chuva em nove dos doze meses do ano (tab. 7). Em períodos de La Niña, o destaque é para o mês de Junho com 184,9mm de precipitação total em média, o maior valor mensal médio de precipitação de toda série, mas no aspecto geral, há decréscimo da lamina precipitada em sete dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 8 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 14).

Apesar de o inverno porto alegreense apresentar os maiores valores de precipitação média, tanto mensal como erosiva, as intensidades máximas das chuvas neste período são as mais baixas do ano, fazendo com que as chuvas de Junho, Julho, Agosto e Setembro apresentem as menores médias de intensidades máximas de precipitação. Ainda, ao contrário do comportamento das precipitações médias mensais e erosivas, os eventos de El Niño apresentaram os menores valores médios de intensidade máxima de precipitação, com  $14,9\text{mm h}^{-1}$  de média anual, contra os  $15,7\text{mm h}^{-1}$  dos meses indiscriminados. Em eventos de La Niña, a média anual é igual a dos meses indiscriminados, sendo observado um incremento de 5,1% na média anual de intensidade máxima de precipitação quando da ausência dos fenômenos ENOS, nos meses neutros ( $16,5\text{mm h}^{-1}$ ).

Tabela 8 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 506,5                                                                                                 | 276,1   | 561,4   | 798,4   | 19,6                                                      | 18,5    | 21,1    | 19,1    |
| Fevereiro   | 507,2                                                                                                 | 602,6   | 441,2   | 446,9   | 22,7                                                      | 25,0    | 19,3    | 23,9    |
| Março       | 410,4                                                                                                 | 430,6   | 424,9   | 343,1   | 20,4                                                      | 21,9    | 18,7    | 19,3    |
| Abril       | 356,7                                                                                                 | 375,5   | 228,9   | 494,8   | 15,5                                                      | 15,5    | 14,7    | 17,1    |
| Maio        | 279,1                                                                                                 | 161,9   | 379,7   | 337,7   | 13,7                                                      | 12,0    | 14,8    | 15,0    |
| Junho       | 296,2                                                                                                 | 256,4   | 295,7   | 430,0   | 12,1                                                      | 11,3    | 12,9    | 12,9    |
| Julho       | 282,5                                                                                                 | 290,3   | 257,2   | 315,2   | 11,0                                                      | 11,3    | 10,9    | 9,9     |
| Agosto      | 196,0                                                                                                 | 153,4   | 255,8   | 199,8   | 10,3                                                      | 9,2     | 11,2    | 13,1    |
| Setembro    | 277,4                                                                                                 | 328,4   | 202,4   | 275,5   | 10,3                                                      | 10,1    | 11,0    | 9,9     |
| Outubro     | 377,7                                                                                                 | 531,3   | 345,9   | 207,0   | 14,5                                                      | 16,3    | 13,3    | 13,8    |
| Novembro    | 525,1                                                                                                 | 691,1   | 513,8   | 275,3   | 18,1                                                      | 21,1    | 16,4    | 15,7    |
| Dezembro    | 466,6                                                                                                 | 635,4   | 247,5   | 503,3   | 20,5                                                      | 26,2    | 15,0    | 19,0    |
| Total Anual | 4481,5                                                                                                | 4733,1  | 4154,3  | 4627,0  | 15,7                                                      | 16,5    | 14,9    | 15,7    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

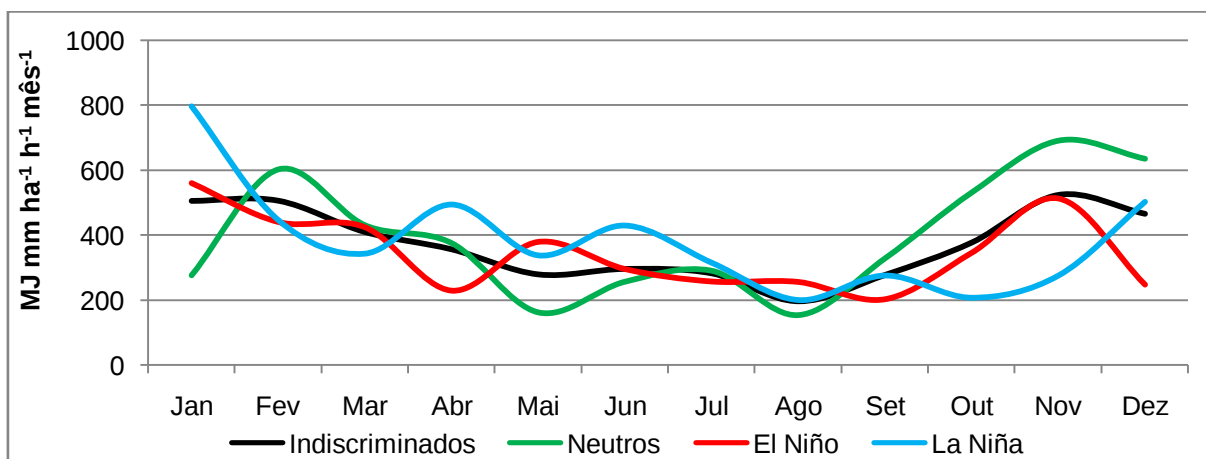


Figura 14 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Porto Alegre, RS. Período de 1986 a 2005.

Os índices de erosividade das chuvas de Porto Alegre apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de 4481,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 61,8% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Novembro a Abril, sendo o mês de Novembro o mais erosivo, com 525,1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, e o menos erosivo é Agosto com 196,0 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, classificados como de média erosividade e muito baixa erosividade respectivamente.

Quanto ao efeito do El Niño e La Niña, o comportamento dos valores dos índices de erosividade (tab. 9) segue a mesma tendência das intensidades máximas de precipitação, sendo que em eventos de El Niño há um decréscimo de 7,3% no

valor total médio anual, sendo em Dezembro a queda mais acentuada, com chuvas apresentando até 46,96% menos potencial erosivo. Os meses que merecem destaque por haver acréscimo do potencial erosivo das chuvas são Maio e Agosto com 36% e 30,5%, respectivamente, de incremento do potencial erosivo das chuvas. Em eventos de La Niña foi observado incremento de 3,2% no índice de erosividade médio anual e 57,6% e 45,2% de incremento nos meses de Janeiro e Junho. Apesar destes aumentos, nos meses de Outubro e Novembro observa-se na tab. 8 um decréscimo de 45,1% e 47,5% dos índices médios de erosividade.

Foi na ausência dos fenômenos ENOS que se observou o maior índice de erosividade médio anual (tab. 8), com  $4733,1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , representado um aumento de 5,6% do índice de erosividade médio anual indiscriminado. Mensalmente, observa-se um decréscimo dos índices mais destacado em Janeiro (45,5%) e Maio (42,0%), e um incremento de potencial erosivo das chuvas nos meses de Outubro (40,7%), Novembro (31,6%) e Dezembro (36,2%).

Devido a proximidade com a sub-região 1b e por pertencer à sub-região 1a, as equações de correlação (tab. 9 e 10) obtidas para o município de Porto Alegre, servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Barra do Ribeiro, Butiá, Charqueadas, Eldorado do Sul, Glorinha, Gravataí, Montenegro, Pântano Grande, Santo Antônio da Patrulha, São Jerônimo, Triunfo e Viamão.

Tabela 9 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Porto Alegre, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                        | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 100,0364 R_{cm}^{0,7541}$ | 0,83           | $El_{30} = 118,2912 R_{cm}^{0,6576}$ | 0,59           |
| Fev | $El_{30} = 118,9836 R_{cm}^{0,7529}$ | 0,86           | $El_{30} = 167,2611 R_{cm}^{0,5686}$ | 0,68           |
| Mar | $El_{30} = 122,9510 R_{cm}^{0,6447}$ | 0,73           | $El_{30} = 141,1772 R_{cm}^{0,6305}$ | 0,80           |
| Abr | $El_{30} = 30,0082 R_{cm} + 62,1497$ | 0,80           | $El_{30} = 50,1009 R_{cm}^{0,8756}$  | 0,96           |
| Mai | $El_{30} = 68,2722 R_{cm}^{0,6220}$  | 0,68           | $El_{30} = 1,5261 p > 10 + 42,1592$  | 0,70           |
| Jun | $El_{30} = 38,2619 R_{cm}^{0,8253}$  | 0,82           | $El_{30} = 33,6550 R_{cm}^{0,9053}$  | 0,88           |
| Jul | $El_{30} = 38,6182 R_{cm}^{0,7305}$  | 0,84           | $El_{30} = 43,2783 R_{cm}^{0,7573}$  | 0,91           |
| Ago | $El_{30} = 49,4122 R_{cm}^{0,6422}$  | 0,82           | $El_{30} = 51,7980 R_{cm}^{0,5908}$  | 0,88           |
| Set | $El_{30} = 0,2093 p > 10^{1,4965}$   | 0,93           | $El_{30} = 0,1104 p > 10^{1,6184}$   | 0,94           |
| Out | $El_{30} = 1,4550 p > 10^{1,1521}$   | 0,73           | $El_{30} = 4,6462 p > 10 - 83,9152$  | 0,68           |
| Nov | $El_{30} = 0,2268 p > 10^{1,6412}$   | 0,78           | $El_{30} = 116,4555 R_{cm}^{0,6846}$ | 0,72           |
| Dez | $El_{30} = 114,8968 R_{cm}^{0,6730}$ | 0,67           | $El_{30} = 3,5389 p > 10^{1,1557}$   | 0,79           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,79 para meses indiscriminados e para meses neutros.

Tabela 10 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Porto Alegre, RS.

| Mês | Meses El Niño                         | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                          | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------|----------------|----------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 86,2653 R_{C_m}^{0,8585}$  | 0,89           | $El_{30} = 94,4770 R_{C_m}^{0,7222}$   | 0,88           |
| Fev | $El_{30} = 120,8733 R_{C_m}^{0,6821}$ | 0,92           | $El_{30} = 42,4099 p > 10 - 358,2671$  | 0,88           |
| Mar | $El_{30} = 54,3481 R_{C_m} + 25,3473$ | 0,91           | $El_{30} = 42,4099 R_{C_m} + 122,9472$ | 0,80           |
| Abr | $El_{30} = 121,5937 R_{C_m}^{0,3832}$ | 0,91           | $El_{30} = 27,2243 R_{C_m} + 162,6953$ | 0,29           |
| Mai | $El_{30} = 0,7895 p > 10^{1,3174}$    | 0,93           | $El_{30} = 0,4957 p > 10^{1,4532}$     | 0,64           |
| Jun | $El_{30} = 3,5212 p > 10 - 67,6639$   | 0,69           | $El_{30} = - 8,7633 R_{C_m} + 656,573$ | 0,39           |
| Jul | $El_{30} = 18,5645 p > 10^{0,5358}$   | 0,28           | $El_{30} = 11,1615 R_{C_m}^{1,1230}$   | 0,97           |
| Ago | $El_{30} = 2,5361 p > 10 - 24,6070$   | 0,83           | $El_{30} = 61,4492 R_{C_m}^{0,6680}$   | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 49,3176 R_{C_m}^{0,8020}$  | 0,98           | $El_{30} = 0,8213 p > 10^{1,1803}$     | 0,97           |
| Out | $El_{30} = 63,1067 R_{C_m}^{0,6215}$  | 0,67           | $El_{30} = 81,2572 R_{C_m}^{0,5626}$   | 0,77           |
| Nov | $El_{30} = 0,0949 p > 10^{1,8173}$    | 0,91           | $El_{30} = 0,2493 p > 10^{1,5729}$     | 0,65           |
| Dez | $El_{30} = 71,7833 R_{C_m}^{0,7041}$  | 0,95           | $El_{30} = 103,3563 R_{C_m}^{0,6763}$  | 0,64           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,82 para meses de El Niño e de 0,74 para meses de La Niña.

Para o município de Santa Maria foram analisados 38 anos de dados pluviográficos, no período de 1963 a 2000, tendo sido os mesmos cedidos por Cogo (COGO, ELTZ e CASSOL, 2006), para que fossem adaptados e utilizados neste trabalho.

Na tab. 11 estão apresentadas as médias mensais de precipitação mensal (Fig. 15) e precipitação erosiva do município de Santa Maria.

Ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Santa Maria, tem-se a média anual de 1792,3mm de precipitação, com 1441,4mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 80,4% da precipitação média anual do município. Assim como em Porto Alegre, os meses de maior precipitação média são Julho, Setembro e Outubro, com 170,5mm, 159,7mm e 167,0mm de chuva respectivamente.

Analisado o efeito do El Niño e La Niña no regime pluviométrico de Santa Maria, observa-se um incremento na ordem de 20,6% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e na ausência de ambos os fenômenos, há um decréscimo de 4,4% e 8,2% na precipitação média anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, os meses de maior precipitação mensal são Abril (201,7mm), Agosto (200,9mm) e Outubro (199,4mm), sendo observado um incremento de chuva em onze dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, os meses de maior precipitação mensal média são Janeiro e Março, com 181,7mm e 177,0mm respectivamente, mas no aspecto geral, há um decréscimo da lamina precipitada em sete dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Tabela 11 – Características das precipitações médias mensais de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 153,4                     | 121,8   | 154,2   | 181,7   | 135,5                      | 113,2   | 132,4   | 157,6   |
| Fevereiro   | 140,5                     | 133,6   | 187,8   | 108,0   | 111,0                      | 99,1    | 153,0   | 89,4    |
| Março       | 147,8                     | 116,4   | 181,9   | 177,0   | 121,4                      | 101,4   | 146,2   | 133,1   |
| Abril       | 158,8                     | 150,9   | 201,7   | 140,5   | 123,1                      | 130,9   | 143,9   | 87,0    |
| Maio        | 132,5                     | 116,4   | 176,7   | 106,9   | 114,2                      | 109,2   | 129,4   | 105,8   |
| Junho       | 148,5                     | 121,8   | 186,7   | 162,6   | 122,4                      | 104,4   | 139,6   | 141,4   |
| Julho       | 170,5                     | 169,3   | 193,6   | 149,8   | 127,7                      | 142,0   | 114,4   | 108,9   |
| Agosto      | 140,6                     | 106,7   | 200,9   | 161,5   | 114,3                      | 94,0    | 145,3   | 125,2   |
| Setembro    | 159,7                     | 166,6   | 150,4   | 160,5   | 116,2                      | 123,7   | 130,5   | 90,5    |
| Outubro     | 167,0                     | 159,7   | 199,4   | 145,6   | 133,4                      | 130,9   | 155,5   | 118,1   |
| Novembro    | 135,8                     | 137,7   | 179,1   | 94,0    | 114,9                      | 97,4    | 150,6   | 88,6    |
| Dezembro    | 137,2                     | 138,3   | 149,8   | 124,8   | 107,2                      | 124,5   | 94,1    | 106,9   |
| Total Anual | 1792,3                    | 1645,9  | 2162,3  | 1712,7  | 1441,4                     | 1370,8  | 1635,0  | 1352,4  |

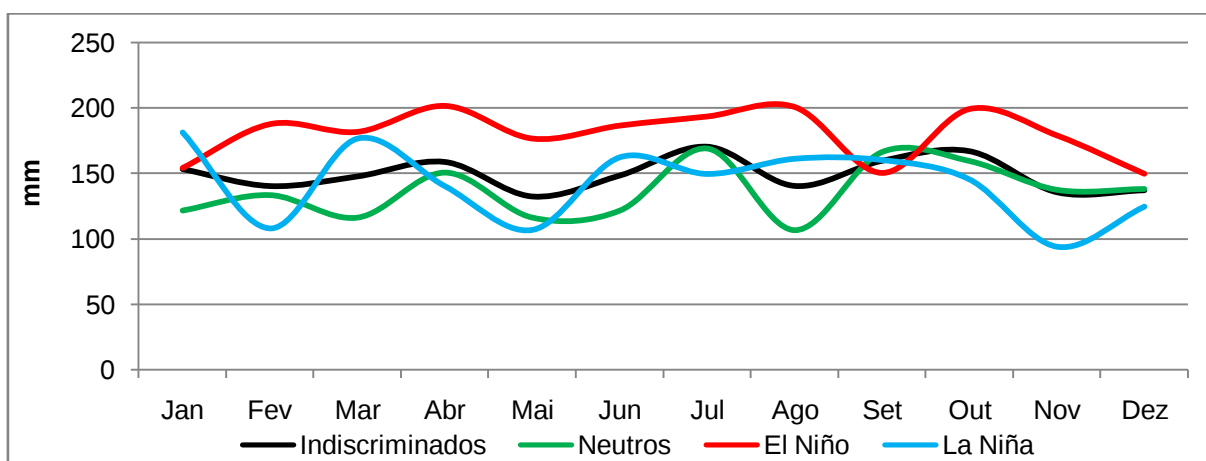


Figura 15 – Precipitação média mensal do município de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000.

Na tab. 12 estão apresentados os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 16).

Os índices de erosividade das chuvas de Santa Maria apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $8205,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , 83,1% mais elevado que o índice de erosividade anual de Porto Alegre (mesma região agroecológica, mas sub-regiões diferentes), com 61,4% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Novembro a Abril, sendo o mês de Janeiro o mais erosivo, com  $1100,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Agosto com  $394,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , classificados como de muito alta erosividade e baixa erosividade respectivamente.

Tabela 12 – Características dos índices médios mensais de erosividade de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indiscriminados                                                                                       | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 1100,3                                                                                                | 879,5   | 922,5   | 1465,0  |
| Fevereiro   | 734,3                                                                                                 | 662,3   | 1037,0  | 554,0   |
| Março       | 885,7                                                                                                 | 714,6   | 1092,5  | 990,5   |
| Abril       | 734,2                                                                                                 | 808,7   | 823,5   | 489,4   |
| Maio        | 583,0                                                                                                 | 658,0   | 596,5   | 442,8   |
| Junho       | 570,9                                                                                                 | 413,3   | 796,0   | 653,7   |
| Julho       | 481,3                                                                                                 | 578,7   | 429,8   | 316,1   |
| Agosto      | 394,2                                                                                                 | 273,1   | 658,7   | 369,0   |
| Setembro    | 494,6                                                                                                 | 524,1   | 506,5   | 441,5   |
| Outubro     | 646,2                                                                                                 | 738,5   | 753,9   | 489,0   |
| Novembro    | 715,4                                                                                                 | 637,3   | 942,4   | 518,0   |
| Dezembro    | 865,5                                                                                                 | 1028,8  | 867,9   | 746,6   |
| Total Anual | 8205,5                                                                                                | 7917,0  | 9427,0  | 7475,7  |

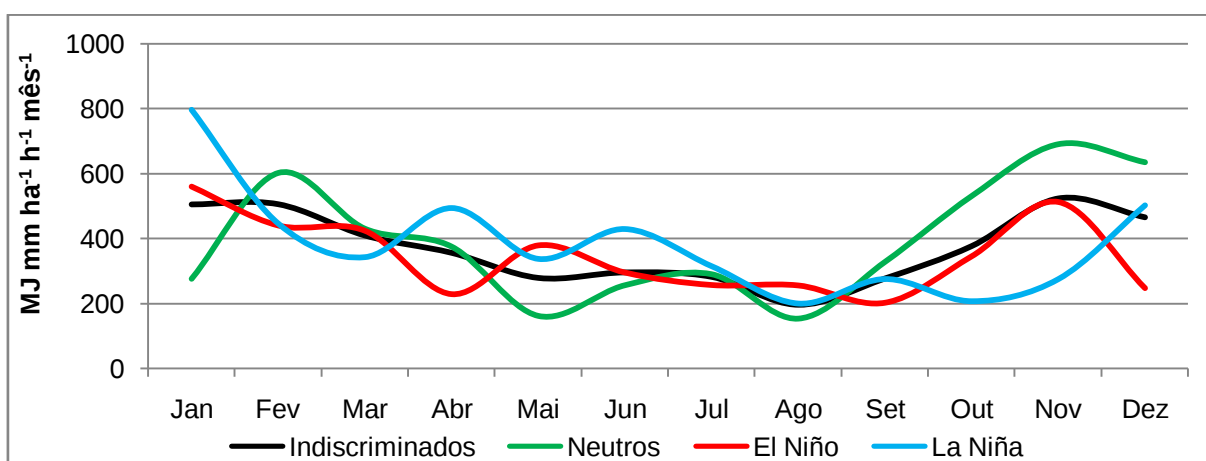


Figura 16 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Santa Maria, RS. Período de 1963 a 2000.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Santa Maria, observa-se um incremento nos valores na ordem de 14,9% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de 9427,0 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Mensalmente os destaques são para os meses de Agosto, Fevereiro e Junho, com 67,1%, 41,2% e 39,4% de incremento no potencial erosivo das suas chuvas, respectivamente. Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 8,9% e 3,5% respectivamente. Entre os meses que ainda apresentaram incremento nos índices de erosividade, destaque para Janeiro em La Niña, com 1465,0 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>.

Mesmo pertencendo a Região 1 do Macrozoneamento Agroecológico do Rio Grande do Sul, os valores de precipitação e os índices de erosividade de Santa Maria demonstram as diferenças marcantes em relação a Porto Alegre, justificando a sua colocação em uma sub-região diferente, a 1c, e a obtenção de equações de correlação (tab. 13 e 14) específicas para os municípios do entorno de Santa Maria: Cacequi, Cachoeira do Sul, Dona Francisca, Jaguarí, São Pedro do Sul, São Sepé e São Vicente do Sul.

Tabela 13 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Santa Maria, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                        | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 100,0364 R_{cm}^{0,7541}$ | 0,83           | $El_{30} = 118,2912 R_{cm}^{0,6576}$ | 0,59           |
| Fev | $El_{30} = 118,9836 R_{cm}^{0,7529}$ | 0,86           | $El_{30} = 167,2611 R_{cm}^{0,5686}$ | 0,68           |
| Mar | $El_{30} = 122,9510 R_{cm}^{0,6447}$ | 0,73           | $El_{30} = 141,1772 R_{cm}^{0,6305}$ | 0,80           |
| Abr | $El_{30} = 30,0082 R_{cm} + 62,1497$ | 0,80           | $El_{30} = 50,1009 R_{cm}^{0,8756}$  | 0,96           |
| Mai | $El_{30} = 68,2722 R_{cm}^{0,6220}$  | 0,68           | $El_{30} = 1,5261 p > 10 + 42,1592$  | 0,70           |
| Jun | $El_{30} = 38,2619 R_{cm}^{0,8253}$  | 0,82           | $El_{30} = 33,6550 R_{cm}^{0,9053}$  | 0,88           |
| Jul | $El_{30} = 38,6182 R_{cm}^{0,7305}$  | 0,84           | $El_{30} = 43,2783 R_{cm}^{0,7573}$  | 0,91           |
| Ago | $El_{30} = 49,4122 R_{cm}^{0,6422}$  | 0,82           | $El_{30} = 51,7980 R_{cm}^{0,5908}$  | 0,88           |
| Set | $El_{30} = 0,2093 p > 10^{1,4965}$   | 0,93           | $El_{30} = 0,1104 p > 10^{1,6184}$   | 0,94           |
| Out | $El_{30} = 1,4550 p > 10^{1,1521}$   | 0,73           | $El_{30} = 4,6462 p > 10 - 83,9152$  | 0,68           |
| Nov | $El_{30} = 0,2268 p > 10^{1,6412}$   | 0,78           | $El_{30} = 116,4555 R_{cm}^{0,6846}$ | 0,72           |
| Dez | $El_{30} = 114,8968 R_{cm}^{0,6730}$ | 0,67           | $El_{30} = 3,5389 p > 10^{1,1557}$   | 0,79           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,81 para meses indiscriminados e 0,82 para meses neutros.

Tabela 14 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Santa Maria, RS.

| Mês | Meses El Niño                        | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                         | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 200,1030 R_{cm}^{0,5900}$ | 0,79           | $El_{30} = 2,3504 p > 10^{1,2444}$    | 0,67           |
| Fev | $El_{30} = 2,4088 p > 10^{1,1936}$   | 0,83           | $El_{30} = 0,4547 p > 10^{1,5484}$    | 0,87           |
| Mar | $El_{30} = 0,7363 p > 10^{1,4298}$   | 0,79           | $El_{30} = 4,1220 p > 10^{1,1152}$    | 0,94           |
| Abr | $El_{30} = 89,1873 R_{cm}^{0,7454}$  | 0,88           | $El_{30} = 33,4898 R_{cm} + 197,3127$ | 0,67           |
| Mai | $El_{30} = 0,4191 p > 10^{1,4766}$   | 0,82           | $El_{30} = 5,0189 p > 10^{0,9468}$    | 0,76           |
| Jun | $El_{30} = 0,3843 p > 10^{1,5214}$   | 0,81           | $El_{30} = 46,7157 R_{cm}^{0,9393}$   | 0,97           |
| Jul | $El_{30} = 51,9728 R_{cm}^{0,8363}$  | 0,93           | $El_{30} = 2,4536 p > 10^{1,0155}$    | 0,76           |
| Ago | $El_{30} = 1,1097 p > 10^{1,2474}$   | 0,88           | $El_{30} = 0,0567 p > 10^{1,7905}$    | 0,85           |
| Set | $El_{30} = 1,7838 p > 10^{1,1495}$   | 0,89           | $El_{30} = 0,0460 p > 10^{1,9239}$    | 0,97           |
| Out | $El_{30} = 139,6255 R_{cm}^{0,5756}$ | 0,85           | $El_{30} = 128,9067 R_{cm}^{0,5419}$  | 0,78           |
| Nov | $El_{30} = 133,6734 R_{cm}^{0,6959}$ | 0,83           | $El_{30} = 69,2807 R_{cm}^{0,9541}$   | 0,92           |
| Dez | $El_{30} = 167,6894 R_{cm}^{0,7268}$ | 0,88           | $El_{30} = 5,7754 p > 10^{1,0186}$    | 0,55           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,85 para meses de El Niño e de 0,81 para meses de La Niña.

## 4.2 Região 2 – Litoral

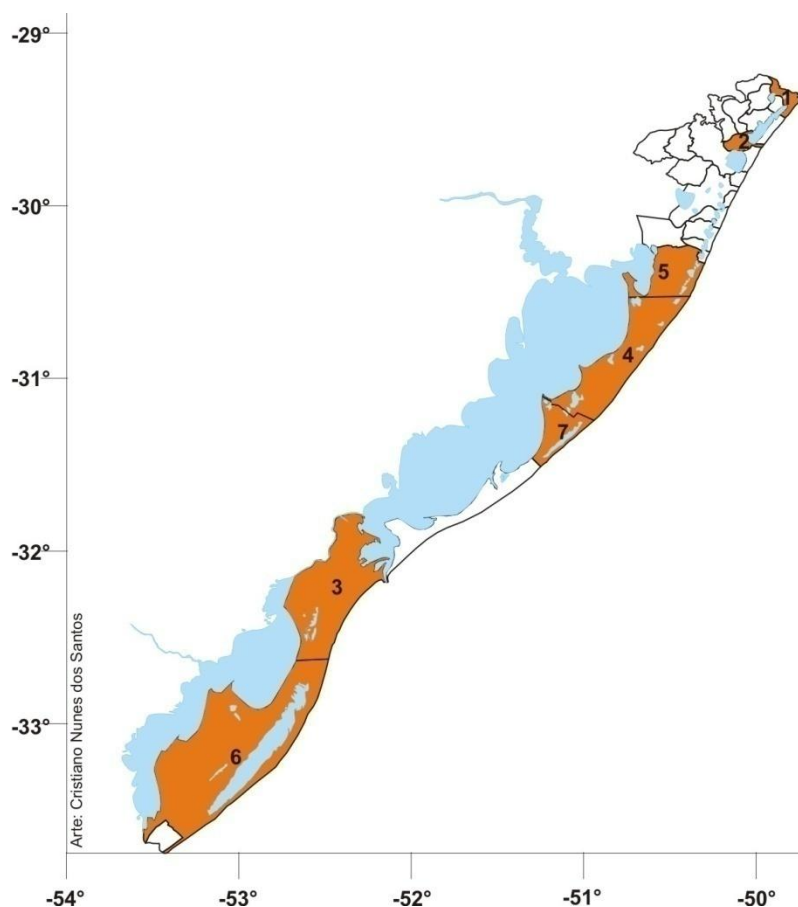


Figura 17 – Mapa da Região 2 – Litoral.

A Região 2 – Litoral é composta por 28 municípios, sendo os municípios de Torres e Rio Grande os escolhidos como municípios pólos por possuírem registros pluviográficos disponíveis e atualizados. Dos municípios restantes foram selecionados 5 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 17.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 17 são:

1. Torres - Pólo
2. Terra de Areia
3. Rio Grande - Pólo
4. Mostardas
5. Palmares do Sul
6. Santa Vitória do Palmar
7. Tavares

Para o município de Torres, foram analisados 18 anos de dados pluviográficos, no período de 1986 a 2005, num total de 455 chuvas erosivas, com uma média de 25,3 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 167 chuvas erosivas em meses neutros, 189 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 99 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 15 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 18) e precipitação erosiva do município de Torres.

Tabela 15 – Características das precipitações médias mensais de Torres, RS. Período de 1986 a 2005.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 180,2                     | 170,0   | 187,1   | 185,9   | 138,7                      | 118,5   | 159,9   | 144,3   |
| Fevereiro   | 155,2                     | 117,4   | 173,7   | 189,2   | 130,0                      | 91,3    | 136,6   | 150,6   |
| Março       | 136,6                     | 119,2   | 158,4   | 145,1   | 97,9                       | 22,5    | 126,9   | 99,9    |
| Abril       | 115,1                     | 114,4   | 96,4    | 156,4   | 61,9                       | 61,4    | 51,2    | 97,6    |
| Maio        | 90,5                      | 119,2   | 91,5    | 47,7    | 58,1                       | 57,9    | 65,9    | 39,1    |
| Junho       | 107,3                     | 100,0   | 115,3   | 113,2   | 71,9                       | 52,3    | 93,3    | 88,0    |
| Julho       | 114,3                     | 110,1   | 129,9   | 96,0    | 104,2                      | 113,8   | 95,5    | 97,1    |
| Agosto      | 118,4                     | 101,7   | 157,1   | 91,0    | 70,2                       | 37,0    | 97,7    | 84,5    |
| Setembro    | 149,0                     | 154,5   | 127,8   | 170,0   | 111,8                      | 115,4   | 111,3   | 91,9    |
| Outubro     | 158,7                     | 153,0   | 188,8   | 130,4   | 126,1                      | 111,4   | 149,2   | 112,0   |
| Novembro    | 116,1                     | 94,3    | 173,8   | 77,4    | 76,2                       | 50,4    | 110,1   | 43,4    |
| Dezembro    | 118,1                     | 109,1   | 137,4   | 107,7   | 77,3                       | 71,4    | 73,4    | 86,7    |
| Total Anual | 1559,5                    | 1447,7  | 1737,1  | 1510,0  | 1124,4                     | 903,3   | 1271,0  | 1134,9  |

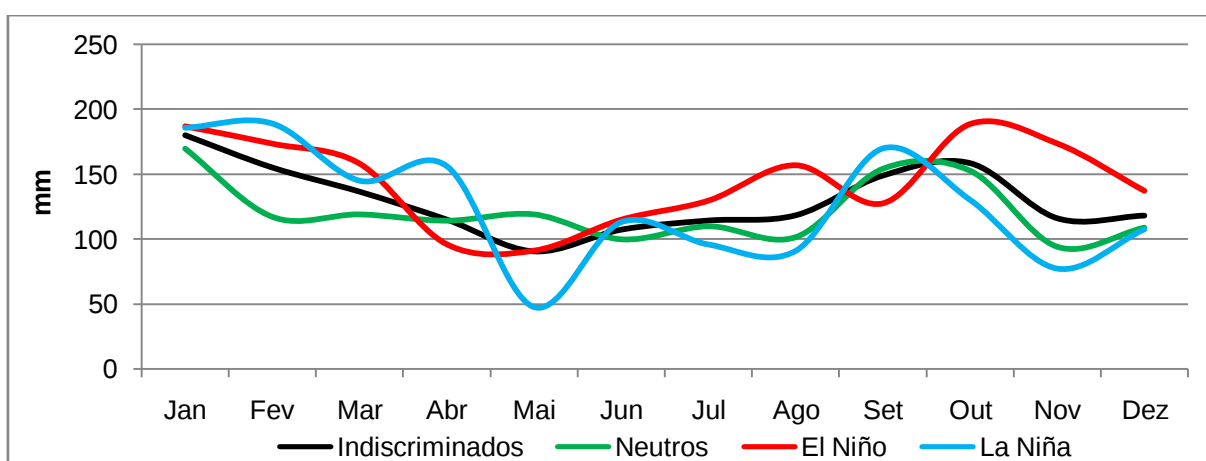


Figura 18 – Precipitação média mensal do município de Torres, RS. Período de 1986 a 2005.

Ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Torres, tem-se um total médio anual de 1559,5mm de precipitação, com 1124,4mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 75,1% da precipitação anual do município. Os meses de maior precipitação média mensal são Janeiro, Fevereiro, Setembro e Outubro, com 180,2mm, 155,2mm, 149,0mm e 158,7mm de chuva respectivamente.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Torres, observa-se um incremento na ordem de 11,4% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 3,2% e 7,2% na precipitação anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, destaque para o mês de Novembro com 173,8mm de precipitação mensal média, representando um incremento de 49,7% no valor indiscriminado do mês. Ainda é observado um incremento de chuva em dez dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, o destaque é para os quatro primeiros meses do ano com médias mensais de precipitação acima de 145,0mm, mas no aspecto geral, há um decréscimo da lamina precipitada em sete dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 16 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 19).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Torres apresentam-se mais elevados nos meses de primavera e verão, com intensidade máxima de  $24,1\text{mm h}^{-1}$  em Janeiro, enquanto que o mês de Maio apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $9,4\text{mm h}^{-1}$ . Não se observa um incremento significativo na média anual durante eventos de El Niño, o mesmo ocorrendo durante os meses neutros. Em meses de ocorrência de La Niña é observado um decréscimo na média anual de 9,7%, ficando a intensidade máxima média anual em  $13,5\text{mm h}^{-1}$ .

Os índices de erosividade das chuvas de Torres apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $5269,7\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com 76,7% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Outubro a Março, sendo o mês de Fevereiro o mais erosivo, com  $1176,9\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Agosto com  $119,8\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , classificados como de muito alta erosividade e muito baixa erosividade respectivamente.

Tabela 16 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Torres, RS. Período de 1986 a 2005.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 1022,9                                                                                                | 929,3   | 1277,1  | 840,1   | 24,1                                                      | 30,4    | 21,8    | 16,9    |
| Fevereiro   | 1176,9                                                                                                | 692,2   | 1344,7  | 1330,6  | 23,3                                                      | 24,2    | 24,0    | 21,6    |
| Março       | 714,9                                                                                                 | 99,3    | 998,6   | 652,3   | 22,3                                                      | 19,2    | 19,2    | 29,5    |
| Abril       | 175,9                                                                                                 | 190,7   | 159,1   | 122,7   | 14,1                                                      | 14,8    | 14,7    | 7,0     |
| Maio        | 119,8                                                                                                 | 75,4    | 174,1   | 50,6    | 9,4                                                       | 7,4     | 11,2    | 8,0     |
| Junho       | 144,8                                                                                                 | 96,7    | 182,8   | 213,1   | 10,7                                                      | 10,4    | 10,3    | 12,6    |
| Julho       | 319,7                                                                                                 | 469,1   | 197,5   | 177,1   | 10,2                                                      | 10,9    | 9,4     | 9,9     |
| Agosto      | 195,6                                                                                                 | 84,7    | 291,7   | 232,7   | 10,9                                                      | 9,9     | 11,9    | 11,0    |
| Setembro    | 272,9                                                                                                 | 277,1   | 301,4   | 105,2   | 11,5                                                      | 10,9    | 13,2    | 7,0     |
| Outubro     | 408,6                                                                                                 | 298,9   | 493,3   | 412,4   | 14,8                                                      | 13,1    | 16,7    | 14,2    |
| Novembro    | 267,7                                                                                                 | 213,0   | 387,3   | 77,9    | 14,5                                                      | 15,9    | 15,4    | 9,7     |
| Dezembro    | 449,9                                                                                                 | 385,9   | 822,4   | 343,8   | 18,6                                                      | 16,4    | 21,6    | 19,8    |
| Total Anual | 5269,7                                                                                                | 3812,3  | 6630,2  | 4558,5  | 15,4                                                      | 15,3    | 15,8    | 13,9    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

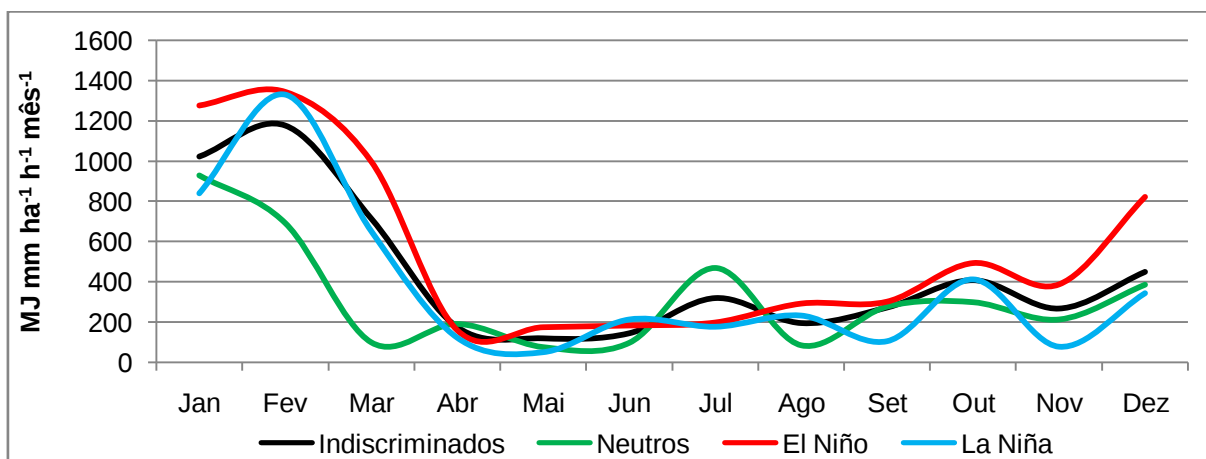


Figura 19 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Torres, RS. Período de 1986 a 2005.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Torres, observa-se um incremento nos valores na ordem de 25,8% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de 6630,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Mensalmente o destaque é para o mês de Dezembro, com 82,8% de incremento no potencial erosivo das suas chuvas. Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 13,5% e 27,7% respectivamente. Entre os meses que ainda apresentaram incremento nos índices

de erosividade, destaque para Fevereiro em La Niña, com  $1330,6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Pertencendo à sub-região 2a, as equações de correlação (tab. 17 e 18) obtidas para o município de Torres, servem para a determinação dos índices de erosividade do município de Terra de Areia.

Tabela 17 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Torres, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados               | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                        | R <sup>2</sup> |
|-----|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 80,7316 Rc_m^{0,7309}$   | 0,89           | $El_{30} = 158,7023 Rc_m^{0,5691}$   | 0,70           |
| Fev | $El_{30} = 98,0139 Rc_m^{0,7764}$   | 0,89           | $El_{30} = 29,8086 Rc_m + 129,0743$  | 0,99           |
| Mar | $El_{30} = 90,0139 Rc_m^{0,7340}$   | 0,86           | $El_{30} = 4,7310 p > 10 - 7,1460$   | 0,99           |
| Abr | $El_{30} = 3,9981 p > 10^{0,8963}$  | 0,71           | $El_{30} = 4,3369 p > 10^{0,8943}$   | 0,68           |
| Mai | $El_{30} = 35,3081 Rc_m^{0,7364}$   | 0,79           | $El_{30} = 36,1651 Rc_m^{0,5742}$    | 0,63           |
| Jun | $El_{30} = 46,8992 Rc_m^{0,5517}$   | 0,83           | $El_{30} = 42,0599 Rc_m^{0,5580}$    | 0,83           |
| Jul | $El_{30} = 0,0848 p > 10^{1,6983}$  | 0,92           | $El_{30} = 0,0572 p > 10^{1,8069}$   | 0,94           |
| Ago | $El_{30} = 0,3117 p > 10^{1,4773}$  | 0,93           | $El_{30} = 2,4414 p > 10 - 5,7265$   | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 0,1792 p > 10^{1,5047}$  | 0,80           | $El_{30} = 0,0633 p > 10^{1,7172}$   | 0,83           |
| Out | $El_{30} = 2,9756 p > 10 + 33,2670$ | 0,76           | $El_{30} = 3,2616 Rc_m + 166,9272$   | 0,86           |
| Nov | $El_{30} = 0,3209 p > 10^{1,5227}$  | 0,86           | $El_{30} = 6,9327 p > 10 - 136,0745$ | 0,67           |
| Dez | $El_{30} = 0,2744 p > 10^{1,6471}$  | 0,88           | $El_{30} = 83,9688 Rc_m^{0,6243}$    | 0,90           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,84 para meses indiscriminados e para meses neutros.

Tabela 18 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Torres, RS.

| Mês | Meses El Niño                        | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                        | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 1,7146 p > 10^{1,2575}$   | 0,96           | $El_{30} = 19,8269 Rc_m^{1,1697}$    | 0,98           |
| Fev | $El_{30} = 1,2839 p > 10^{1,3832}$   | 0,98           | $El_{30} = 10,5522 Rc_m^{1,4414}$    | 0,85           |
| Mar | $El_{30} = 0,0690 p > 10^{1,8750}$   | 0,97           | $El_{30} = 227,6143 Rc_m^{0,4518}$   | 0,99           |
| Abr | $El_{30} = 82,2657 Rc_m^{0,5948}$    | 0,97           | $El_{30} = 1,2277 Rc_m + 113,4257$   | 0,99           |
| Mai | $El_{30} = 35,4457 Rc_m^{0,8131}$    | 0,86           | $El_{30} = 45,8493 Rc_m^{0,1722}$    | 0,99           |
| Jun | $El_{30} = 5,2765 Rc_m + 79,2657$    | 0,96           | $El_{30} = 47,4541 Rc_m^{0,7070}$    | 0,99           |
| Jul | $El_{30} = 16,1352 Rc_m^{0,9163}$    | 0,98           | $El_{30} = 36,6210 Rc_m^{0,6188}$    | 0,99           |
| Ago | $El_{30} = 18,7156 Rc_m^{0,9967}$    | 0,95           | $El_{30} = 4,7834 p > 10 - 171,2995$ | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 0,2809 p > 10^{1,4380}$   | 0,81           | $El_{30} = 1,9309 p > 10 - 72,2303$  | 0,99           |
| Out | $El_{30} = 2,1453 p > 10 + 173,2100$ | 0,80           | $El_{30} = 23,3826 Rc_m + 45,8537$   | 0,90           |
| Nov | $El_{30} = 3,6635 p > 10 - 15,9790$  | 0,67           | $El_{30} = 36,7221 Rc_m + 11,6229$   | 0,99           |
| Dez | $El_{30} = 100,5920 Rc_m^{1,0240}$   | 0,99           | $El_{30} = 15,6666 Rc_m + 215,5523$  | 0,34           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,91 para meses de El Niño e de 0,92 para meses de La Niña.

Foram analisados, para o município de Rio Grande, 15 anos de dados pluviográficos, no período de 1990 a 2004, num total de 480 chuvas erosivas, com uma média de 32,0 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 218 chuvas erosivas

em meses neutros, 167 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 95 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 19 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 20) e precipitação erosiva do município de Rio Grande.

Tabela 19 – Características das precipitações médias mensais de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 95,7                      | 87,0    | 111,3   | 95,3    | 81,1                       | 87,8    | 59,8    | 96,1    |
| Fevereiro   | 148,9                     | 168,7   | 165,6   | 97,6    | 81,3                       | 91,8    | 88,6    | 57,5    |
| Março       | 125,7                     | 126,8   | 145,8   | 89,4    | 74,5                       | 65,3    | 97,0    | 61,6    |
| Abril       | 141,9                     | 151,0   | 137,4   | 109,7   | 92,8                       | 107,0   | 72,7    | 69,6    |
| Maio        | 111,9                     | 126,8   | 95,3    | 170,8   | 82,8                       | 93,2    | 63,0    | 111,4   |
| Junho       | 119,2                     | 114,2   | 114,6   | 150,9   | 84,2                       | 79,7    | 84,0    | 100,4   |
| Julho       | 135,4                     | 149,7   | 116,4   | 142,6   | 80,4                       | 96,6    | 58,2    | 87,3    |
| Agosto      | 98,1                      | 78,5    | 102,3   | 165,6   | 67,0                       | 63,0    | 68,4    | 77,9    |
| Setembro    | 111,6                     | 121,2   | 93,4    | 119,7   | 74,9                       | 90,5    | 57,3    | 67,9    |
| Outubro     | 110,5                     | 88,3    | 177,2   | 60,6    | 69,6                       | 43,7    | 99,8    | 53,8    |
| Novembro    | 97,1                      | 102,5   | 118,5   | 62,4    | 67,7                       | 72,3    | 82,4    | 42,6    |
| Dezembro    | 103,2                     | 82,2    | 145,7   | 81,7    | 78,3                       | 58,8    | 104,0   | 68,1    |
| Total Anual | 1399,2                    | 1379,4  | 1523,4  | 1346,2  | 934,7                      | 949,6   | 935,0   | 893,9   |

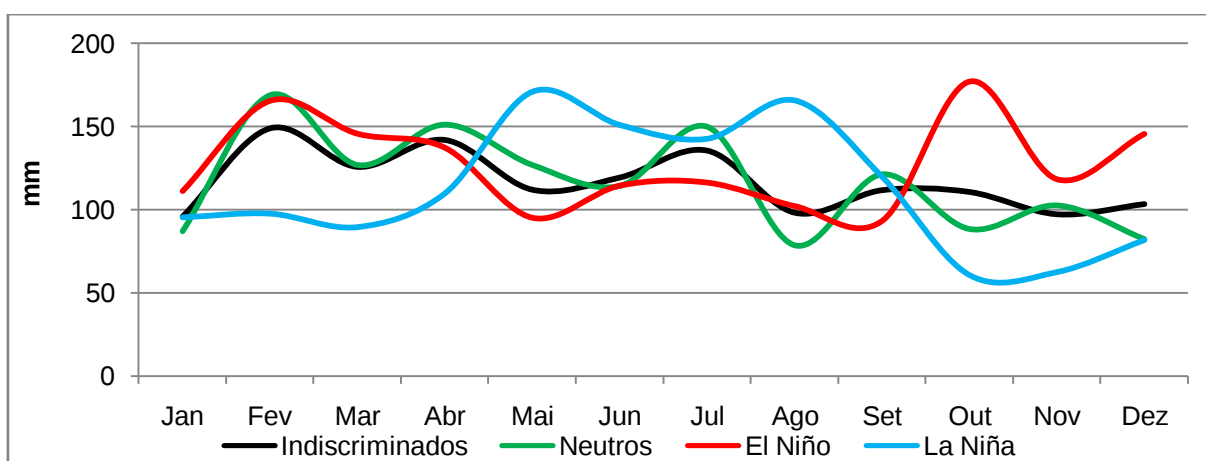


Figura 20 – Precipitação média mensal do município de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004.

Indiscriminadamente a precipitação de Rio Grande, tem um total médio anual de 1399,2mm de precipitação, com 934,7mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 66,8% da precipitação anual do município. Os meses de maior precipitação média mensal são Fevereiro, Abril e Julho, com 148,9mm, 141,9mm e 135,4mm de chuva respectivamente.

Analísado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Rio Grande, observa-se um incremento na ordem de 8,9% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 3,8% e 1,4% na precipitação média anual, respectivamente. Destaque para o mês de Outubro com 177,2mm de precipitação mensal média durante eventos de El Niño, representando um incremento de 60,3% no valor indiscriminado do mês. Ainda é observado um incremento de chuva em sete dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, de Outubro a Abril há um decréscimo da lamina precipitada de até 45,%, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 20 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 21).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Rio Grande, assim como em Torres, apresentam-se mais elevados nos meses de primavera e verão, com intensidade máxima de  $19,0\text{mm h}^{-1}$  em Janeiro, enquanto que o mês de Maio apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $11,1\text{mm h}^{-1}$ . Não se observa um incremento ou decréscimo significativo na média anual durante eventos de El Niño ou La Niña, o mesmo ocorrendo durante os meses neutros.

Os índices de erosividade das chuvas de Rio Grande apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $3040,6\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , o que equivale a 57,7% do potencial erosivo das chuvas de Torres. Entre os meses de Outubro a Março concentram-se 59,9% do potencial erosivo das chuvas, sendo o mês de Janeiro o mais erosivo, com  $427,2\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Agosto com  $172,8\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , classificados como de média erosividade e muito baixa erosividade respectivamente.

Analísado os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Rio Grande, não se observa um incremento ou decréscimo significativo no valor anual em períodos de ocorrência do El Niño e durante os meses neutros. Mensalmente em El Niño os destaques são para os meses de Outubro e Dezembro, com respectivamente, 54,1% e 80,5% de incremento no potencial erosivo das suas chuvas, e o mês de Janeiro com 56,7% de decréscimo do potencial erosivo das chuvas. Em períodos de ocorrência da La Niña, observa-se um decréscimo de 7,4% do índice anual de erosividade das chuvas do município. Entre

os meses que ainda apresentaram incremento nos índices de erosividade em La Niña, destaque para Janeiro com  $708,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , o equivalente a um incremento de 65,8% do potencial erosivo das chuvas para o mês.

Tabela 20 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1} \text{ e ano}^{-1}$ |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>$\text{mm h}^{-1}$ |         |         |         |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                             | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 427,2                                                                                              | 448,1   | 184,9   | 708,3   | 19,0                                                      | 19,3    | 17,0    | 21,1    |
| Fevereiro   | 317,9                                                                                              | 342,4   | 274,4   | 307,8   | 16,2                                                      | 14,6    | 12,8    | 21,6    |
| Março       | 337,1                                                                                              | 314,3   | 411,4   | 268,2   | 14,6                                                      | 14,4    | 14,7    | 15,5    |
| Abril       | 238,1                                                                                              | 299,2   | 165,4   | 108,2   | 12,9                                                      | 13,9    | 11,8    | 10,6    |
| Maio        | 221,2                                                                                              | 241,9   | 188,5   | 257,4   | 11,1                                                      | 11,9    | 11,1    | 8,3     |
| Junho       | 235,3                                                                                              | 222,9   | 231,8   | 289,6   | 13,2                                                      | 13,2    | 12,6    | 14,9    |
| Julho       | 174,0                                                                                              | 240,5   | 107,5   | 140,9   | 11,2                                                      | 12,9    | 10,0    | 9,4     |
| Agosto      | 172,8                                                                                              | 161,5   | 193,5   | 160,7   | 11,8                                                      | 12,7    | 11,2    | 10,4    |
| Setembro    | 176,1                                                                                              | 209,3   | 157,1   | 130,5   | 11,5                                                      | 10,8    | 14,0    | 9,1     |
| Outubro     | 236,6                                                                                              | 127,7   | 364,5   | 168,7   | 13,8                                                      | 13,7    | 14,0    | 13,4    |
| Novembro    | 226,7                                                                                              | 297,5   | 213,4   | 137,0   | 15,9                                                      | 18,5    | 12,8    | 15,7    |
| Dezembro    | 277,5                                                                                              | 138,3   | 500,8   | 137,5   | 13,8                                                      | 12,6    | 18,0    | 8,5     |
| Total Anual | 3040,6                                                                                             | 3043,5  | 2993,2  | 2814,8  | 13,7                                                      | 14,0    | 13,3    | 13,2    |
|             |                                                                                                    |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

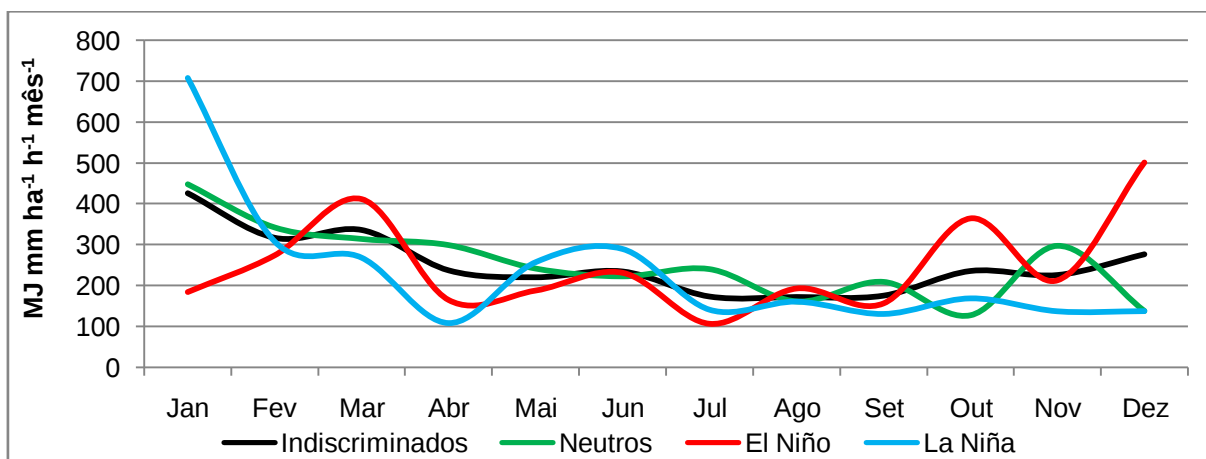


Figura 21 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Rio Grande, RS. Período de 1990 a 2004.

Pertencendo à sub-região 2b, e pela proximidade com a sub-região 2c, as equações de correlação (tab. 21 e 22) obtidas para o município de Rio Grande, servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Mostardas, Palmares do Sul, Santa Vitória do Palmar e Tavares.

Tabela 21 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Rio Grande, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados              | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                       | R <sup>2</sup> |
|-----|------------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 1,6491 p > 10^{1,2064}$ | 0,82           | $El_{30} = 0,9455 p > 10^{1,3318}$  | 0,87           |
| Fev | $El_{30} = 0,3558 p > 10^{1,5061}$ | 0,86           | $El_{30} = 14,3086 Rc_m + 120,0480$ | 0,94           |
| Mar | $El_{30} = 0,2434 p > 10^{1,6164}$ | 0,91           | $El_{30} = 0,0749 p > 10^{1,9025}$  | 0,96           |
| Abr | $El_{30} = 3,0509 p > 10^{0,9565}$ | 0,91           | $El_{30} = 4,4402 p > 10^{0,9040}$  | 0,95           |
| Mai | $El_{30} = 0,4747 p > 10^{1,3701}$ | 0,91           | $El_{30} = 1,8927 p > 10^{1,0682}$  | 0,98           |
| Jun | $El_{30} = 1,6404 p > 10^{1,1059}$ | 0,74           | $El_{30} = 1,7398 p > 10^{1,0831}$  | 0,69           |
| Jul | $El_{30} = 7,2926 Rc_m + 77,4372$  | 0,95           | $El_{30} = 2,3094 p > 10^{0,9847}$  | 0,73           |
| Ago | $El_{30} = 45,8817 Rc_m^{0,6834}$  | 0,83           | $El_{30} = 68,4801 Rc_m^{0,4635}$   | 0,74           |
| Set | $El_{30} = 39,4389 Rc_m^{0,7452}$  | 0,89           | $El_{30} = 34,9855 Rc_m^{0,7476}$   | 0,94           |
| Out | $El_{30} = 0,6326 p > 10^{1,3758}$ | 0,87           | $El_{30} = 4,3503 p > 10 - 62,3250$ | 0,65           |
| Nov | $El_{30} = 4,6014 p > 10^{0,9135}$ | 0,80           | $El_{30} = 2,1754 p > 10^{1,1433}$  | 0,96           |
| Dez | $El_{30} = 24,4549 Rc_m + 46,9592$ | 0,85           | $El_{30} = 10,9255 p > 10^{0,6246}$ | 0,74           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,86 para meses indiscriminados e 0,85 para meses neutros.

Tabela 22 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Rio Grande, RS.

| Mês | Meses El Niño                      | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                       | R <sup>2</sup> |
|-----|------------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 9,2360 p > 10^{0,7422}$ | 0,93           | $El_{30} = 0,0770 p > 10^{1,9293}$  | 0,94           |
| Fev | $El_{30} = 63,2636 Rc_m^{0,6170}$  | 0,98           | $El_{30} = 0,0002 p > 10^{3,4373}$  | 0,73           |
| Mar | $El_{30} = 72,3184 Rc_m^{0,6187}$  | 0,95           | $El_{30} = 55,2550 Rc_m^{0,9150}$   | 0,99           |
| Abr | $El_{30} = 57,2673 Rc_m^{0,5365}$  | 0,98           | $El_{30} = 71,0430 Rc_m^{0,2312}$   | 0,99           |
| Mai | $El_{30} = 0,2275 p > 10^{1,5786}$ | 0,98           | $El_{30} = 16,9460 Rc_m^{0,8569}$   | 0,99           |
| Jun | $El_{30} = 0,8078 p > 10^{1,2697}$ | 0,96           | $El_{30} = 343,3100 Rc_m^{-0,0671}$ | 0,99           |
| Jul | $El_{30} = 7,4328 Rc_m + 72,6150$  | 0,19           | $El_{30} = 24,0850 Rc_m^{0,7745}$   | 0,99           |
| Ago | $El_{30} = 0,1898 p > 10^{1,5702}$ | 0,96           | $El_{30} = 41,3390 Rc_m^{0,6419}$   | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 41,7692 Rc_m^{0,9678}$  | 0,97           | $El_{30} = 9,7073 Rc_m + 39,2920$   | 0,98           |
| Out | $El_{30} = 0,6067 p > 10^{1,3762}$ | 0,97           | $El_{30} = 1,7267 p > 10^{1,1417}$  | 0,85           |
| Nov | $El_{30} = 0,9781 p > 10^{1,2163}$ | 0,92           | $El_{30} = 26,8440 Rc_m + 67,2900$  | 0,94           |
| Dez | $El_{30} = 1,9714 p > 10^{1,1768}$ | 0,98           | $El_{30} = 18,2040 Rc_m + 1,9534$   | 0,99           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,90 para meses de El Niño e de 0,95 para meses de La Niña.

### 4.3 Região 3 – Planalto Superior

A Região 3 – Planalto Superior é composta por 33 municípios, sendo o município de Vacaria o escolhido como município pólo por possuir registros pluviográficos disponíveis. Dos municípios restantes foram selecionados 7 com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 22.

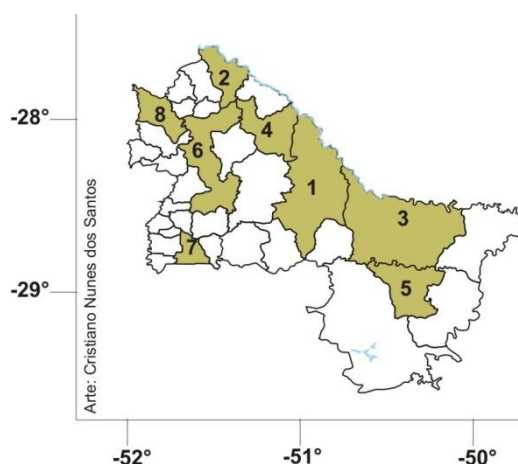


Figura 22 – Mapa da Região 3 – Planalto Superior.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 22 são:

1. Vacaria – Pólo
2. Barracão
3. Bom Jesus
4. Esmeralda
5. Jaquirana
6. Lagoa Vermelha
7. Nova Prata
8. Sananduva

Para o município de Vacaria, foram analisados 19 anos de dados pluviográficos, no período de 1974 a 1993, num total de 807 chuvas erosivas, com uma média de 42,5 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 246 chuvas erosivas em períodos de ocorrência do fenômeno El Niño, 192 chuvas erosivas em períodos de ocorrência da La Niña e 369 chuvas erosivas em períodos neutros, sem a ocorrência de El Niño ou La Niña.

Na tab. 23 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 23) e precipitação erosiva do município de Vacaria, nas quatro situações de estudo deste trabalho (meses indiscriminados, meses neutros, meses de El Niño e meses de La Niña).

Tabela 23 – Características das precipitações médias mensais de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993.

| Mês         | Precipitação mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 128,9                     | 108,6   | 142,9   | 144,4   | 103,6                      | 86,8    | 103,1   | 120,8   |
| Fevereiro   | 135,8                     | 126,0   | 146,4   | 142,7   | 89,5                       | 75,4    | 78,7    | 125,5   |
| Março       | 113,1                     | 84,5    | 149,8   | 140,9   | 86,0                       | 67,1    | 131,6   | 83,6    |
| Abril       | 112,7                     | 117,0   | 174,8   | 54,7    | 76,8                       | 101,9   | 76,0    | 37,2    |
| Maio        | 136,6                     | 84,5    | 180,2   | 105,9   | 121,8                      | 132,1   | 140,4   | 94,6    |
| Junho       | 115,5                     | 91,0    | 151,2   | 117,3   | 94,5                       | 68,7    | 131,8   | 77,0    |
| Julho       | 144,0                     | 153,2   | 191,2   | 44,2    | 122,5                      | 127,9   | 161,0   | 16,3    |
| Agosto      | 120,0                     | 131,0   | 96,4    | 95,6    | 96,0                       | 106,5   | 72,6    | 74,8    |
| Setembro    | 137,1                     | 166,5   | 78,3    | 159,0   | 108,0                      | 141,1   | 52,7    | 116,2   |
| Outubro     | 136,4                     | 129,9   | 156,4   | 122,7   | 100,4                      | 93,3    | 111,5   | 98,1    |
| Novembro    | 136,4                     | 119,2   | 184,1   | 106,8   | 102,1                      | 86,9    | 143,5   | 76,7    |
| Dezembro    | 118,4                     | 136,9   | 127,9   | 77,4    | 80,5                       | 77,6    | 93,0    | 67,5    |
| Total Anual | 1534,9                    | 1489,4  | 1779,4  | 1311,5  | 1181,5                     | 1165,2  | 1295,8  | 988,2   |

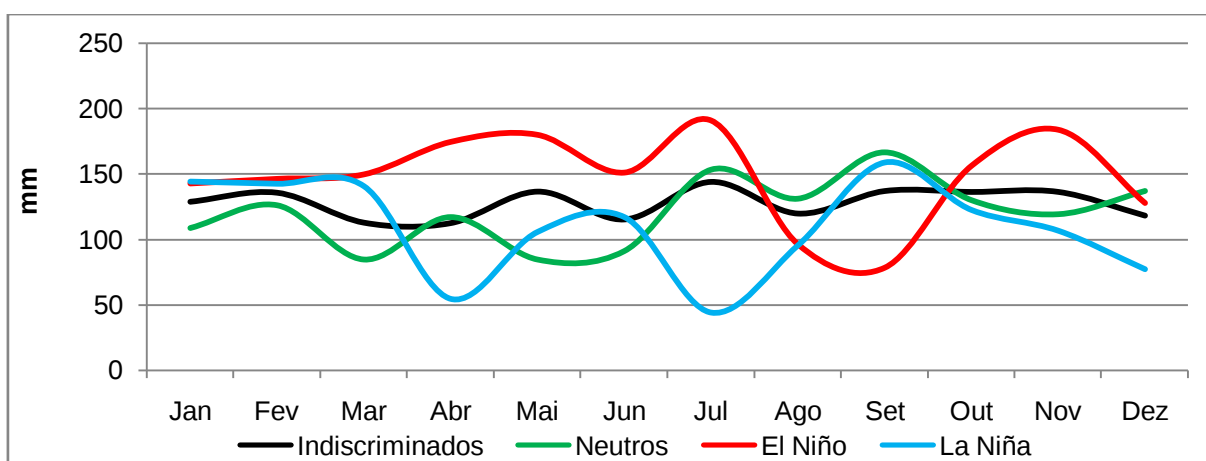


Figura 23 – Precipitação média mensal do município de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993.

Observa-se que, ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Vacaria, tem-se um total médio anual de 1534,9mm de precipitação, com 1181,5mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 77,0% da precipitação total média anual do município.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Vacaria, observa-se um incremento na ordem de 15,9% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño (1779,4mm de precipitação anual), enquanto que em ocorrências da La Niña e na ausência de ambos os fenômenos, há um decréscimo de 14,6% e 3,0% na precipitação média anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, os únicos meses em que não há aumento na

precipitação mensal são Agosto e Setembro, sendo que nos outros dez meses, o incremento da precipitação mensal chega até a 55,0%. Em períodos de La Niña há um decréscimo da lamina precipitada em sete dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 24 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 24).

Tabela 24 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 685,6                                                                                                 | 411,1   | 789,8   | 873,3   | 22,5                                                      | 20,0    | 23,9    | 23,7    |
| Fevereiro   | 588,0                                                                                                 | 489,1   | 460,8   | 893,1   | 21,4                                                      | 21,6    | 18,8    | 23,8    |
| Março       | 556,5                                                                                                 | 485,8   | 716,8   | 555,4   | 20,7                                                      | 20,4    | 20,0    | 21,6    |
| Abril       | 331,2                                                                                                 | 447,0   | 354,4   | 127,2   | 16,5                                                      | 14,7    | 22,4    | 14,5    |
| Maio        | 427,8                                                                                                 | 553,1   | 497,1   | 254,1   | 14,9                                                      | 16,8    | 14,4    | 13,8    |
| Junho       | 369,5                                                                                                 | 211,2   | 622,5   | 227,6   | 13,3                                                      | 12,0    | 15,4    | 12,3    |
| Julho       | 433,0                                                                                                 | 426,0   | 657,0   | 23,6    | 13,0                                                      | 13,1    | 15,4    | 8,0     |
| Agosto      | 307,6                                                                                                 | 352,3   | 231,5   | 168,8   | 12,4                                                      | 12,4    | 12,8    | 10,9    |
| Setembro    | 367,1                                                                                                 | 533,3   | 132,5   | 345,1   | 13,5                                                      | 14,7    | 12,8    | 12,0    |
| Outubro     | 408,6                                                                                                 | 352,0   | 483,6   | 409,2   | 16,9                                                      | 15,8    | 16,6    | 19,5    |
| Novembro    | 508,5                                                                                                 | 523,7   | 692,1   | 263,7   | 17,8                                                      | 19,3    | 18,7    | 14,3    |
| Dezembro    | 410,3                                                                                                 | 431,5   | 483,1   | 258,8   | 19,4                                                      | 22,9    | 16,4    | 17,1    |
| Total Anual | 5393,7                                                                                                | 5216,2  | 6121,3  | 4399,9  | 16,9                                                      | 17,0    | 17,3    | 16,0    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

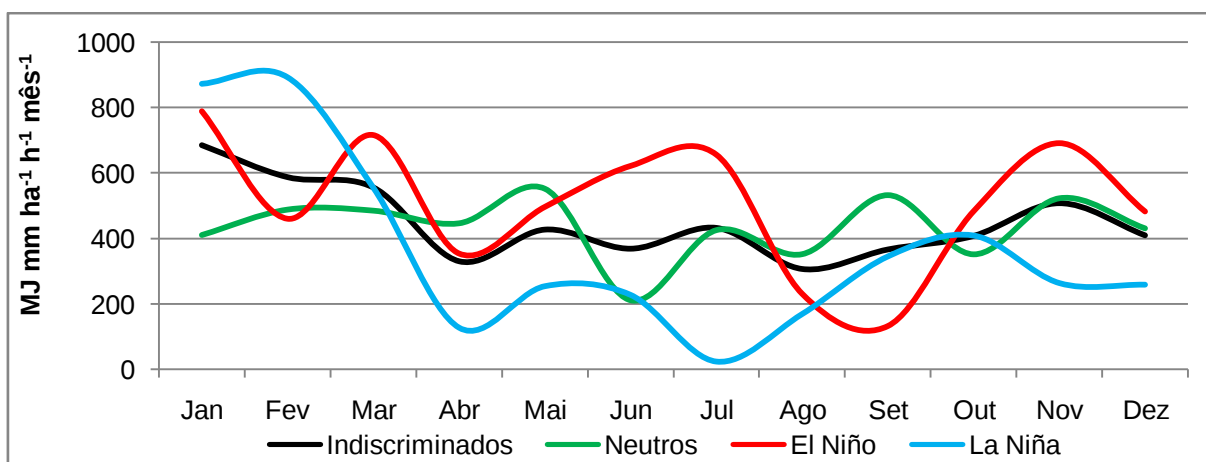


Figura 24 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Vacaria, RS. Período de 1974 a 1993.

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Vacaria apresentam-se mais elevados entre os meses de Outubro a Março, com intensidade máxima de  $22,5\text{mm h}^{-1}$  em Janeiro, enquanto que o mês de Agosto apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $12,4\text{mm h}^{-1}$ . Não se observa um incremento significativo na média anual durante eventos de El Niño, o mesmo ocorrendo durante os meses neutros. Em meses de ocorrência de La Niña é observado um decréscimo na média anual de 5,3%, ficando a intensidade máxima média anual em  $16,0\text{mm h}^{-1}$ .

Os índices de erosividade das chuvas de Vacaria apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $5393,7\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com 58,5% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Outubro a Março, sendo o mês de Janeiro o mais erosivo, com  $685,6\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  (alta erosividade), e o menos erosivo é Agosto com  $307,6\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  (baixa erosividade).

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Vacaria, observa-se um incremento nos valores na ordem de 13,5% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de  $6121,3\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . Da mesma forma que os meses indiscriminados, os meses de maior potencial erosivo das chuvas são Outubro a Março, com destaque para Janeiro com  $789,8\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ . Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 18,4% e 3,3% respectivamente. Entre os meses que apresentaram incremento nos índices de erosividade durante La Niña, destaque para Janeiro e Fevereiro, com  $873,3\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  e  $893,1\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  respectivamente.

As equações de correlação (tab. 25 e 26) obtidas para o município de Vacaria servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Barracão, Bom Jesus, Esmeralda, Jaquirana, Lagoa Vermelha, Nova Prata e Sananduva.

Tabela 25 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Vacaria, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                         | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 171,4574 R_{cm}^{0,5508}$ | 0,79           | $El_{30} = 152,1696 R_{cm}^{0,4783}$  | 0,81           |
| Fev | $El_{30} = 135,4553 R_{cm}^{0,6929}$ | 0,96           | $El_{30} = 152,4528 R_{cm}^{0,6661}$  | 0,96           |
| Mar | $El_{30} = 73,4608 R_{cm}^{0,9857}$  | 0,87           | $El_{30} = 52,6976 R_{cm} + 132,5179$ | 0,93           |
| Abr | $El_{30} = 79,9309 R_{cm}^{0,6985}$  | 0,75           | $El_{30} = 40,0341 R_{cm}^{0,8856}$   | 0,89           |
| Mai | $El_{30} = 0,6476 p > 10^{1,3281}$   | 0,76           | $El_{30} = 4,1683 p > 10 + 2,4475$    | 0,66           |
| Jun | $El_{30} = 41,1276 R_{cm}^{0,9314}$  | 0,87           | $El_{30} = 40,1881 R_{cm}^{1,0217}$   | 0,90           |
| Jul | $El_{30} = 56,0219 R_{cm}^{0,7108}$  | 0,90           | $El_{30} = 51,9986 R_{cm}^{0,7040}$   | 0,82           |
| Ago | $El_{30} = 65,3461 R_{cm}^{0,6566}$  | 0,84           | $El_{30} = 59,8741 R_{cm}^{0,6837}$   | 0,81           |
| Set | $El_{30} = 0,7577 p > 10^{1,2922}$   | 0,93           | $El_{30} = 0,8271 p > 10^{1,2890}$    | 0,97           |
| Out | $El_{30} = 82,0907 R_{cm}^{0,7065}$  | 0,85           | $El_{30} = 4,7643 p > 10^{0,9458}$    | 0,80           |
| Nov | $El_{30} = 28,4690 R_{cm} + 133,8$   | 0,84           | $El_{30} = 77,4214 R_{cm}^{0,8535}$   | 0,83           |
| Dez | $El_{30} = 1,3253 p > 10^{1,2729}$   | 0,85           | $El_{30} = 156,3305 R_{cm}^{0,5349}$  | 0,79           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,85 para meses indiscriminados e para meses neutros.

Tabela 26 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Vacaria, RS.

| Mês | Meses El Niño                        | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                        | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 230,5782 R_{cm}^{0,4924}$ | 0,81           | $El_{30} = 73,9499 R_{cm}^{0,9319}$  | 0,91           |
| Fev | $El_{30} = 5,9569 p > 10 - 8,1466$   | 0,95           | $El_{30} = 129,4420 R_{cm}^{0,6695}$ | 0,93           |
| Mar | $El_{30} = 27,2570 p > 10^{0,6649}$  | 0,52           | $El_{30} = 71,2917 R_{cm}^{1,0249}$  | 0,92           |
| Abr | $El_{30} = 14,8160 p > 10^{0,7273}$  | 0,72           | $El_{30} = 4,4965 p > 10 - 40,0212$  | 0,90           |
| Mai | $El_{30} = 70,8151 R_{cm}^{0,6904}$  | 0,94           | $El_{30} = 1,1969 p > 10^{1,1437}$   | 0,37           |
| Jun | $El_{30} = 70,2965 R_{cm}^{0,7263}$  | 0,60           | $El_{30} = 35,7596 R_{cm}^{0,9366}$  | 0,89           |
| Jul | $El_{30} = 47,1153 R_{cm}^{0,8532}$  | 0,98           | $El_{30} = 34,7861 R_{cm}^{0,3099}$  | 0,99           |
| Ago | $El_{30} = 4,3138 p > 10 - 81,4454$  | 0,98           | $El_{30} = 62,1072 R_{cm}^{0,5730}$  | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 71,0078 R_{cm}^{0,5610}$  | 0,69           | $El_{30} = 15,5833 R_{cm} + 28,6732$ | 0,95           |
| Out | $El_{30} = 59,4015 R_{cm}^{0,8414}$  | 0,96           | $El_{30} = 158,7392 R_{cm}^{0,4376}$ | 0,77           |
| Nov | $El_{30} = 7,5103 p > 10 - 385,2094$ | 0,99           | $El_{30} = 1,1935 p > 10^{1,2233}$   | 0,78           |
| Dez | $El_{30} = 58,2097 R_{cm}^{0,9063}$  | 0,96           | $El_{30} = 2,7922 p > 10^{1,0686}$   | 0,90           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,84 para meses de El Niño e de 0,86 para meses de La Niña.

#### 4.4 Região 4 – Serra do Nordeste

A Região 4 – Serra do Nordeste é composta por 40 municípios, sendo escolhido como município pólo, por possuir registros pluviográficos disponíveis e atualizados, o município de Caxias do Sul. Dos municípios restantes foram selecionados 4 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 25.

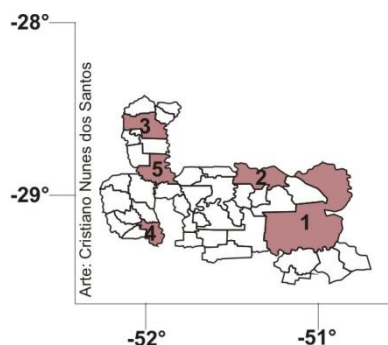


Figura 25 – Mapa da Região 4 – Serra do Nordeste.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 25 são:

1. Caxias do Sul - Pólo
2. Antônio Prado
3. Casca
4. Encantado
5. Guaporé

Foram analisados 18 anos de dados pluviográficos para o município de Caxias do Sul, no período de 1986 a 2005, num total de 834 chuvas erosivas, com uma média de 46,3 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 365 chuvas erosivas em meses neutros, 297 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 172 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 27 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 26) e precipitação erosiva do município de Caxias do Sul.

Analisando-se discriminadamente a precipitação de Caxias do Sul, tem-se um total médio anual de 1819,3mm de precipitação, com 81,0% de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 1472,9mm. O período de Setembro a Janeiro é o que apresenta os maiores valores de precipitação mensal, sendo Outubro o detentor da maior média, com 191,9mm de precipitação média mensal.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Caxias do Sul, observa-se um incremento na ordem de 8,5% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, com incremento mensal em nove dos doze meses do ano, entre eles, Outubro, Novembro e Dezembro com 13,7%, 21,5% e 16,8% de incremento mensal nos valores de precipitação média, respectivamente. Em ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 1,2% e 6,1% na precipitação total média anual, respectivamente. Em períodos de La Niña, o destaque é para os meses de Janeiro e Setembro com médias mensais de

precipitação de 250mm, mas no aspecto geral, há um decréscimo da lamina precipitada em oito dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Tabela 27 – Características das precipitações médias mensais de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a 2005.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 161,1                     | 125,5   | 137,5   | 250,1   | 141,7                      | 111,0   | 118,0   | 223,1   |
| Fevereiro   | 119,6                     | 110,4   | 133,9   | 112,8   | 82,7                       | 65,8    | 105,1   | 75,5    |
| Março       | 108,9                     | 94,5    | 125,1   | 120,9   | 74,0                       | 73,3    | 64,2    | 85,5    |
| Abril       | 162,2                     | 170,3   | 148,9   | 150,2   | 132,9                      | 140,4   | 122,5   | 119,5   |
| Maio        | 124,5                     | 94,5    | 136,2   | 72,2    | 99,2                       | 114,6   | 116,2   | 43,0    |
| Junho       | 154,1                     | 127,7   | 179,0   | 183,8   | 132,3                      | 108,9   | 156,3   | 154,7   |
| Julho       | 161,2                     | 145,1   | 200,0   | 131,9   | 134,6                      | 114,3   | 176,2   | 112,1   |
| Agosto      | 130,6                     | 103,5   | 181,1   | 102,0   | 109,8                      | 94,9    | 146,6   | 71,1    |
| Setembro    | 185,6                     | 199,9   | 134,1   | 250,3   | 150,6                      | 155,0   | 111,2   | 218,0   |
| Outubro     | 191,9                     | 181,5   | 218,3   | 173,2   | 161,0                      | 154,6   | 174,5   | 153,3   |
| Novembro    | 161,9                     | 155,8   | 196,7   | 122,1   | 131,1                      | 116,3   | 167,9   | 105,5   |
| Dezembro    | 157,6                     | 152,5   | 184,0   | 128,1   | 123,0                      | 113,3   | 158,6   | 86,6    |
| Total Anual | 1819,3                    | 1708,5  | 1974,8  | 1797,7  | 1472,9                     | 1362,2  | 1617,2  | 1447,8  |

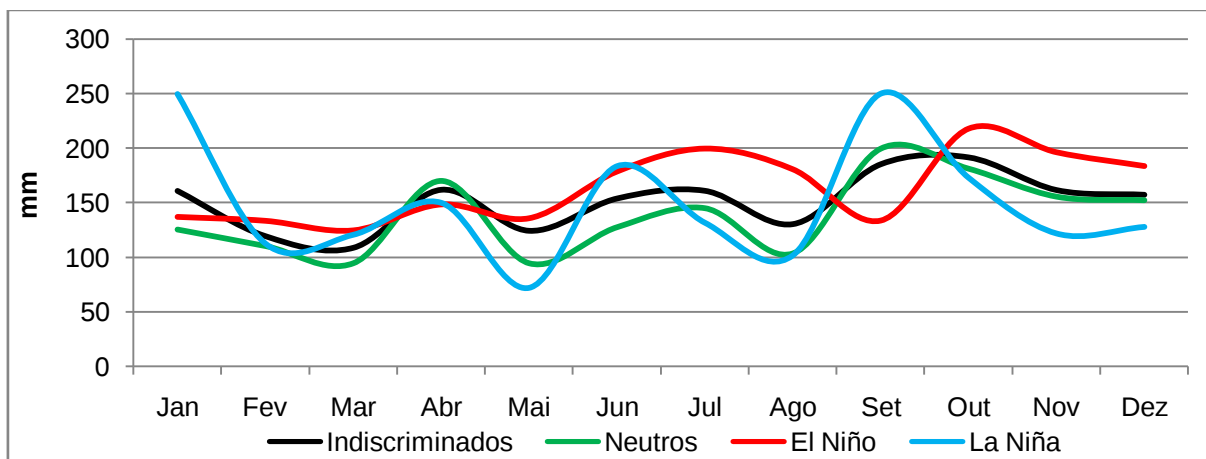


Figura 26 – Precipitação média mensal do município de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a 2005.

Na tab. 28 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 27).

Tabela 28 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a 2005.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 722,8                                                                                                 | 560,8   | 523,2   | 1265,2  | 20,6                                                      | 21,1    | 19,5    | 21,6    |
| Fevereiro   | 576,7                                                                                                 | 516,7   | 822,2   | 329,4   | 22,4                                                      | 23,7    | 23,0    | 19,9    |
| Março       | 384,3                                                                                                 | 343,0   | 419,8   | 441,6   | 19,4                                                      | 16,5    | 22,5    | 22,8    |
| Abril       | 633,8                                                                                                 | 728,5   | 489,3   | 479,4   | 18,2                                                      | 19,6    | 15,3    | 16,7    |
| Maio        | 237,2                                                                                                 | 299,7   | 266,8   | 67,9    | 9,5                                                       | 10,5    | 8,5     | 9,1     |
| Junho       | 452,7                                                                                                 | 315,1   | 534,0   | 702,4   | 14,4                                                      | 12,0    | 15,9    | 18,8    |
| Julho       | 348,1                                                                                                 | 326,8   | 453,9   | 200,3   | 11,9                                                      | 12,7    | 11,6    | 9,7     |
| Agosto      | 320,2                                                                                                 | 250,6   | 477,4   | 168,3   | 11,0                                                      | 10,6    | 11,6    | 10,8    |
| Setembro    | 455,2                                                                                                 | 465,9   | 271,8   | 793,4   | 13,1                                                      | 12,7    | 12,9    | 14,5    |
| Outubro     | 705,6                                                                                                 | 653,0   | 722,0   | 785,9   | 16,1                                                      | 17,7    | 15,1    | 14,3    |
| Novembro    | 736,4                                                                                                 | 622,3   | 986,9   | 589,1   | 18,6                                                      | 17,5    | 18,9    | 20,6    |
| Dezembro    | 749,4                                                                                                 | 795,6   | 913,7   | 422,0   | 20,3                                                      | 21,9    | 19,0    | 19,4    |
| Total Anual | 6322,3                                                                                                | 5878,0  | 6881,0  | 6245,0  | 16,3                                                      | 16,4    | 16,1    | 16,5    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

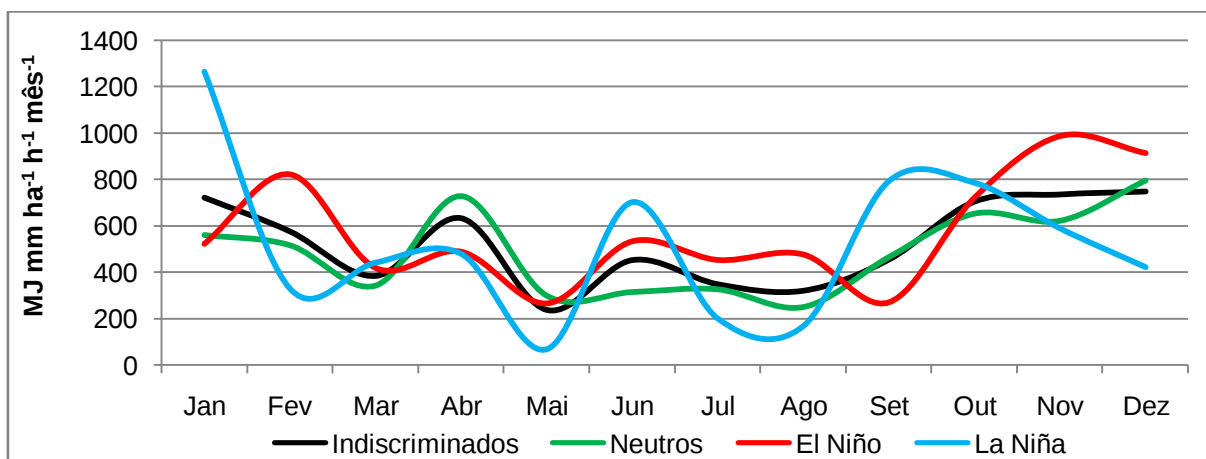


Figura 27 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Caxias do Sul, RS. Período de 1986 a 2005.

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Caxias do Sul apresentam-se mais elevados nos meses de Outubro a Abril, com intensidade máxima de 22,4mm h<sup>-1</sup> em Fevereiro, enquanto que o mês de Maio apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com 9,5mm h<sup>-1</sup>. Não se observa uma variação significativa na média anual durante eventos de El Niño, La Niña ou na ausência de ambos (meses neutros), predominando o mesmo comportamento mensal dos valores indiscriminados.

Os índices de erosividade das chuvas de Caxias do Sul apresentaram um total médio anual de 6322,3MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 61,2% do potencial erosivo

das chuvas concentrado entre os meses de Outubro a Março, sendo o mês de Dezembro o mais erosivo, com  $749,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Maio com  $237,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , classificados como de alta erosividade e baixa erosividade respectivamente.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Caxias do Sul, observa-se um incremento nos valores na ordem de 8,8% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de  $6881,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Mensalmente o El Niño mostrou-se mais erosivo nos meses de Outubro a Dezembro e em Fevereiro, com valores acima de  $720,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 1,2% e 7,1% respectivamente. Porém, mensalmente foram observados incrementos significativos do potencial erosivo das chuvas nos meses de Setembro e Janeiro durante La Niña, tendo Janeiro alcançado  $1265,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , sendo considerado de muito alta erosividade segundo Larios (2007). Durante os meses neutros, o destaque é para Abril com 26,3% de aumento do índice de erosividade mensal das chuvas nesse período.

As equações de correlação (tab. 29 e 30) obtidas para o município de Caxias do Sul serviram para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Antônio Prado, Casca, Encantado e Guaporé.

Tabela 29 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Caxias do Sul, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                 | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                        | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 19,4352 R_{cm} + 368,7136$ | 0,84           | $El_{30} = 0,9739 p > 10^{1,3216}$   | 0,68           |
| Fev | $El_{30} = 8,7560 p > 10 - 147,6705$  | 0,74           | $El_{30} = 225,1545 R_{cm}^{0,4137}$ | 0,50           |
| Mar | $El_{30} = 121,7912 R_{cm}^{0,7516}$  | 0,80           | $El_{30} = 0,5706 p > 10^{1,4358}$   | 0,83           |
| Abr | $El_{30} = 0,4989 p > 10^{1,4380}$    | 0,79           | $El_{30} = 82,7979 R_{cm}^{0,7941}$  | 0,87           |
| Mai | $El_{30} = 0,3076 p > 10^{1,4003}$    | 0,82           | $El_{30} = 0,1451 p > 10^{1,5726}$   | 0,82           |
| Jun | $El_{30} = 50,8168 R_{cm}^{0,8104}$   | 0,75           | $El_{30} = 38,3426 R_{cm}^{0,8049}$  | 0,80           |
| Jul | $El_{30} = 0,3847 p > 10^{1,3705}$    | 0,85           | $El_{30} = 0,2963 p > 10^{1,4573}$   | 0,88           |
| Ago | $El_{30} = 0,4120 p > 10^{1,3753}$    | 0,90           | $El_{30} = 63,5805 R_{cm}^{0,6563}$  | 0,93           |
| Set | $El_{30} = 1,2142 p > 10^{1,1503}$    | 0,70           | $El_{30} = 1,1593 p > 10^{1,1706}$   | 0,79           |
| Out | $El_{30} = 0,2537 p > 10^{1,5284}$    | 0,77           | $El_{30} = 1,2601 p > 10^{1,2202}$   | 0,90           |
| Nov | $El_{30} = 0,0576 p > 10^{1,8944}$    | 0,85           | $El_{30} = 0,1550 p > 10^{1,7061}$   | 0,90           |
| Dez | $El_{30} = 100,7260 R_{cm}^{0,7643}$  | 0,93           | $El_{30} = 88,6990 R_{cm}^{0,8887}$  | 0,98           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,81 para meses indiscriminados e 0,82 para meses neutros.

Tabela 30 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Caxias do Sul, RS.

| Mês | Meses El Niño                         | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                            | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 173,6623 R_{cm}^{0,4801}$  | 0,99           | $El_{30} = 15,0595 R_{cm} + 641,8803$    | 0,98           |
| Fev | $El_{30} = 41,4438 R_{cm} + 296,3493$ | 0,99           | $El_{30} = 158869,1766 p > 10^{-1,4404}$ | 0,55           |
| Mar | $El_{30} = 93,2908 R_{cm} + 73,4799$  | 0,88           | $El_{30} = 185,7439 R_{cm}^{0,5128}$     | 0,84           |
| Abr | $El_{30} = 6,4228 p > 10 - 297,4817$  | 0,94           | $El_{30} = 4,5596 p > 10^{0,9725}$       | 0,98           |
| Mai | $El_{30} = 0,0943 p > 10^{1,6366}$    | 0,91           | $El_{30} = 50,9320 R_{cm}^{0,4463}$      | 0,57           |
| Jun | $El_{30} = 8,6786 R_{cm} + 353,6777$  | 0,40           | $El_{30} = 27,9865 R_{cm} + 152,5623$    | 0,97           |
| Jul | $El_{30} = 0,0928 p > 10^{1,6305}$    | 0,80           | $El_{30} = 0,5592 p > 10^{1,2406}$       | 0,99           |
| Ago | $El_{30} = 0,0794 p > 10^{1,7071}$    | 0,96           | $El_{30} = 1,5297 p > 10^{1,0794}$       | 0,86           |
| Set | $El_{30} = 2,9348 p > 10 - 54,5925$   | 0,59           | $El_{30} = 11,5524 R_{cm} + 254,5726$    | 0,89           |
| Out | $El_{30} = 4,2956 p > 10 - 27,7071$   | 0,63           | $El_{30} = 0,0034 p > 10^{2,3855}$       | 0,93           |
| Nov | $El_{30} = 44,6365 R_{cm} + 10,9725$  | 0,89           | $El_{30} = 0,0100 p > 10^{2,3141}$       | 0,99           |
| Dez | $El_{30} = 115,7560 R_{cm}^{0,6673}$  | 0,94           | $El_{30} = 1,3506 p > 10^{1,2686}$       | 0,71           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,83 para meses de El Niño e de 0,86 para meses de La Niña.

#### 4.5 Região 5 – Planalto Médio

A Região 5 – Planalto Médio é composta por 109 municípios, sendo o município de Júlio de Castilhos o escolhido como município pólo por possuir registros pluviográficos disponíveis e atualizados. Dos municípios restantes foram selecionados 14 com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 28.

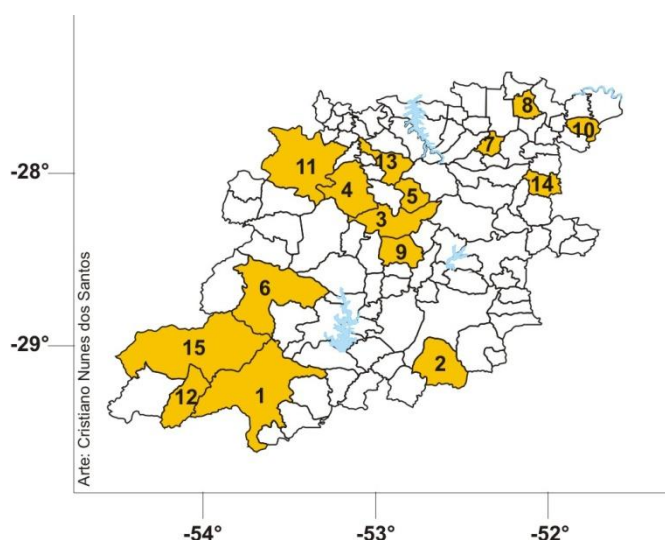


Figura 28 – Mapa da Região 5 – Planalto Médio.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 28 são:

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. Júlio de Castilhos - Pólo | 9. Não-Me-Toque          |
| 2. Barros Cassal             | 10. Paim Filho           |
| 3. Carazinho                 | 11. Palmeira das Missões |
| 4. Chapada                   | 12. Quevedos             |
| 5. Coqueiros do Sul          | 13. Sarandi              |
| 6. Cruz Alta                 | 14. Tapejara             |
| 7. Erebangó                  | 15. Tupanciretã          |
| 8. Gaurama                   |                          |

Para o município de Júlio de Castilhos, foram analisados 18 anos de dados pluviográficos, no período de 1984 a 2003, num total de 616 chuvas erosivas, com uma média de 34,2 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 208 chuvas erosivas em períodos de ocorrência do fenômeno El Niño, 165 chuvas erosivas em períodos de ocorrência da La Niña e 243 chuvas erosivas em períodos neutros, sem a ocorrência de El Niño ou La Niña.

Na tab. 31 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 29) e precipitação erosiva do município de Júlio de Castilhos, nas quatro situações de estudo deste trabalho (meses indiscriminados, meses neutros, meses de El Niño e meses de La Niña).

Observa-se que, ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Júlio de Castilhos, tem-se um total médio anual de 1703,7mm de precipitação, com 1259,6mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 73,9% da precipitação total média anual do município.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Júlio de Castilhos, observa-se um incremento na ordem de 5,5% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño (1797,4mm de precipitação anual), enquanto que, durante a ocorrência da La Niña, não é observado variação na precipitação média anual, e na ausência de ambos os fenômenos, observa-se uma diminuição na ordem de 3,5% da precipitação anual. Durante eventos de El Niño, há aumento na precipitação mensal em sete dos doze meses do ano, principalmente nos meses de inverno e em fevereiro. Em períodos de La Niña há um decréscimo da lamina precipitada em sete dos doze meses do ano, mas o mês de destaque é

Setembro, com 248,1mm de precipitação mensal, o que equivale a um incremento de 42,2% no valor indiscriminado do mesmo mês.

Tabela 31 – Características das precipitações médias mensais de Júlio de Castilhos, RS. Período de 1984 a 2003.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 133,4                     | 95,3    | 140,8   | 159,0   | 87,9                       | 71,4    | 94,8    | 97,4    |
| Fevereiro   | 144,2                     | 130,6   | 174,5   | 127,5   | 102,8                      | 89,4    | 129,4   | 89,4    |
| Março       | 130,2                     | 97,0    | 139,1   | 154,4   | 96,5                       | 74,1    | 100,3   | 110,7   |
| Abril       | 141,5                     | 147,3   | 127,5   | 145,2   | 111,9                      | 133,3   | 101,8   | 90,2    |
| Maio        | 116,6                     | 97,0    | 116,3   | 107,7   | 112,3                      | 130,2   | 94,4    | 112,3   |
| Junho       | 157,6                     | 155,0   | 186,8   | 126,1   | 136,7                      | 114,0   | 172,0   | 131,0   |
| Julho       | 155,7                     | 119,7   | 221,8   | 175,6   | 108,0                      | 84,4    | 157,3   | 103,6   |
| Agosto      | 109,9                     | 104,6   | 138,6   | 87,5    | 83,5                       | 77,9    | 96,4    | 77,3    |
| Setembro    | 174,5                     | 169,8   | 128,8   | 248,1   | 138,9                      | 134,5   | 83,5    | 204,4   |
| Outubro     | 161,1                     | 181,5   | 139,0   | 154,2   | 109,3                      | 110,8   | 117,4   | 101,2   |
| Novembro    | 145,8                     | 137,6   | 169,4   | 132,0   | 97,3                       | 89,3    | 132,8   | 71,5    |
| Dezembro    | 133,3                     | 181,6   | 114,9   | 93,8    | 74,6                       | 96,3    | 59,8    | 55,7    |
| Total Anual | 1703,7                    | 1644,3  | 1797,4  | 1711,1  | 1259,6                     | 1205,4  | 1339,8  | 1244,6  |

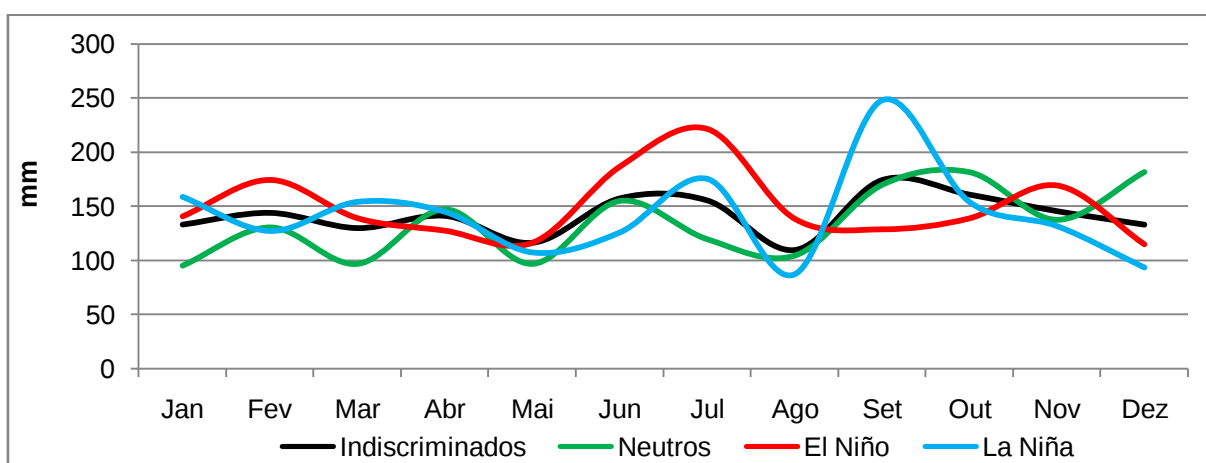


Figura 29 – Precipitação média mensal do município de Júlio de Castilhos. Período de 1984 a 2003.

Na tab. 32 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 30).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Júlio de Castilhos apresentam-se mais elevados entre os meses de Outubro a Março, com intensidade máxima de  $24,0 \text{ mm h}^{-1}$  em Março, enquanto que o mês de Setembro apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $13,6 \text{ mm h}^{-1}$ . Não se

observa uma mudança significativa na média anual durante eventos de El Niño, La Niña ou na ausência de ambos. Mensalmente, o mês de maior incremento nos valores de intensidade máxima de precipitação é Fevereiro em La Niña com 27,8mm h<sup>-1</sup> e Março em El Niño com 26,3mm h<sup>-1</sup>.

Tabela 32 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Júlio de Castilhos, RS. Período de 1984 a 2003.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 547,0                                                                                                 | 311,8   | 727,7   | 601,4   | 22,6                                                      | 18,7    | 25,8    | 23,2    |
| Fevereiro   | 632,6                                                                                                 | 371,6   | 793,7   | 732,6   | 22,4                                                      | 19,5    | 20,0    | 27,8    |
| Março       | 615,1                                                                                                 | 507,3   | 727,0   | 589,6   | 24,0                                                      | 24,5    | 26,3    | 21,4    |
| Abril       | 525,9                                                                                                 | 634,9   | 400,1   | 488,2   | 18,4                                                      | 18,7    | 17,6    | 18,9    |
| Maio        | 735,2                                                                                                 | 1439,8  | 303,2   | 394,4   | 16,2                                                      | 18,1    | 11,9    | 19,2    |
| Junho       | 610,9                                                                                                 | 397,7   | 915,3   | 600,9   | 17,0                                                      | 15,4    | 18,7    | 18,0    |
| Julho       | 436,9                                                                                                 | 313,8   | 618,0   | 566,6   | 14,8                                                      | 13,1    | 17,5    | 16,3    |
| Agosto      | 283,4                                                                                                 | 274,5   | 344,9   | 191,7   | 14,8                                                      | 15,2    | 16,4    | 10,1    |
| Setembro    | 489,6                                                                                                 | 442,6   | 245,1   | 843,8   | 13,6                                                      | 14,0    | 11,5    | 14,8    |
| Outubro     | 655,2                                                                                                 | 872,0   | 552,9   | 476,9   | 18,5                                                      | 21,1    | 17,3    | 16,3    |
| Novembro    | 456,5                                                                                                 | 455,3   | 635,6   | 278,8   | 19,8                                                      | 21,2    | 19,6    | 18,3    |
| Dezembro    | 547,9                                                                                                 | 774,1   | 437,3   | 279,9   | 22,5                                                      | 23,3    | 22,4    | 21,2    |
| Total Anual | 6536,3                                                                                                | 6795,5  | 6700,9  | 6044,9  | 18,7                                                      | 18,6    | 18,8    | 18,8    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

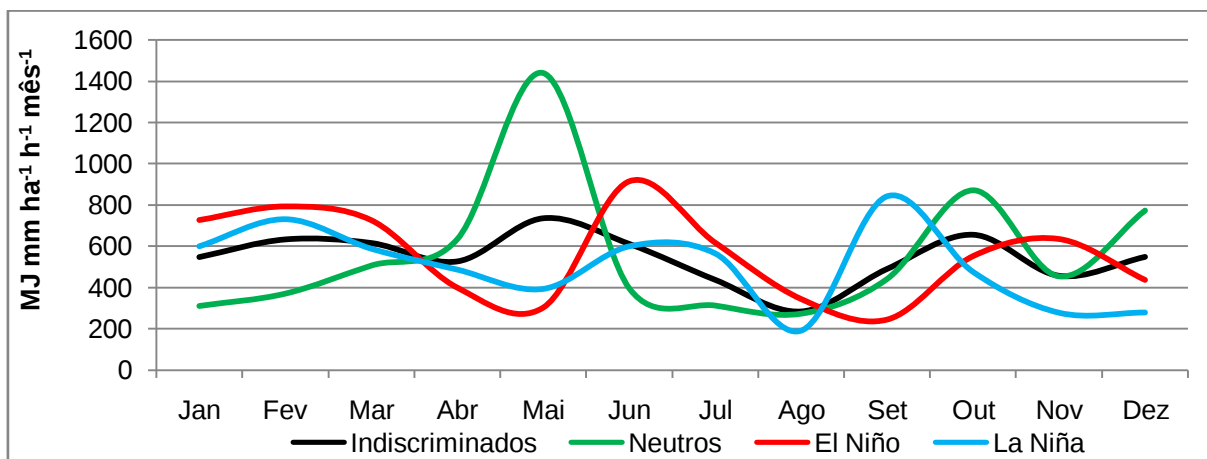


Figura 30 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Júlio de Castilhos, RS. Período de 1984 a 2003.

Os índices de erosividade das chuvas de Júlio de Castilhos apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de 6536,3MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 52,9% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Janeiro a Junho, sendo o mês de Maio o mais erosivo, com 735,2MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

mês<sup>-1</sup> (alta erosividade), e o menos erosivo é Agosto com 283,4MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> (baixa erosividade).

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Júlio de Castilhos, observa-se um incremento nos valores na ordem de 4,0% em períodos de ausência do ENOS, com um total anual médio de 6795,5MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 2,5% de incremento em períodos de El Niño com 6700,9MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Em períodos de ocorrência da La Niña observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 7,5%. Em meses neutros o destaque é para o mês de Maio com 1439,8MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, o mais alto valor de erosividade encontrado no município. Durante o El Niño, os meses de Janeiro a Março apresentam em média 749,5MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, e em Junho este valor sobe para 915,3MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>. Em eventos de La Niña o mês de Setembro se destaca com 843,8MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, o que equivale a um incremento de 72,3% no valor indiscriminado do mês.

As equações de correlação (tab. 33 e 34) obtidas para o município de Júlio de Castilhos servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Barros Cassal, Carazinho, Chapada, Coqueiros do Sul, Cruz Alta, Erebang, Gaurama, Não-Me-Toque, Paim Filho, Palmeira das Missões, Quevedos, Sarandi, Tapejara e Tupanciretã.

Tabela 33 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Júlio de Castilhos, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                                         | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 132,8033 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6430</sup> | 0,87           | El <sub>30</sub> = 131,7865 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5842</sup> | 0,91           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 158,7225 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6042</sup> | 0,80           | El <sub>30</sub> = 7,8135 p>10 <sup>0,8622</sup>              | 0,97           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 0,5237 p>10 <sup>1,5041</sup>              | 0,75           | El <sub>30</sub> = 61,7703 Rc <sub>m</sub> + 160,0866         | 0,88           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 78,5174 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7217</sup>  | 0,87           | El <sub>30</sub> = 0,7784 p>10 <sup>1,3604</sup>              | 0,93           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 28,4087 Rc <sub>m</sub> <sup>1,1336</sup>  | 0,90           | El <sub>30</sub> = 22,8372 Rc <sub>m</sub> <sup>1,3474</sup>  | 0,98           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 0,9909 p>10 <sup>1,2806</sup>              | 0,77           | El <sub>30</sub> = 1,1906 p>10 <sup>1,1937</sup>              | 0,78           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 26,2951 Rc <sub>m</sub> + 81,3145          | 0,88           | El <sub>30</sub> = 33,2881 Rc <sub>m</sub> + 49,6749          | 0,90           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 65,8777 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7136</sup>  | 0,84           | El <sub>30</sub> = 69,6065 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7165</sup>  | 0,85           |
| Set | El <sub>30</sub> = 13,5979 Rc <sub>m</sub> + 119,2394         | 0,88           | El <sub>30</sub> = 16,6809 Rc <sub>m</sub> + 67,4419          | 0,76           |
| Out | El <sub>30</sub> = 94,8454 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6858</sup>  | 0,72           | El <sub>30</sub> = 105,0171 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7008</sup> | 0,82           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 4,1752 p>10 <sup>1,0095</sup>              | 0,92           | El <sub>30</sub> = 146,8831 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5027</sup> | 0,93           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 104,9148 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7233</sup> | 0,82           | El <sub>30</sub> = 76,4833 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8659</sup>  | 0,89           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,83 para meses indiscriminados e 0,88 para meses neutros.

Tabela 34 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Júlio de Castilhos, RS.

| Mês | Meses El Niño                         | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                           | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 100,3030 R_{cm}^{0,7822}$  | 0,82           | $El_{30} = 150,3303 R_{cm}^{0,5979}$    | 0,90           |
| Fev | $El_{30} = 18,3848 R_{cm} + 163,4575$ | 0,97           | $El_{30} = 162,7424 R_{cm}^{0,5696}$    | 0,76           |
| Mar | $El_{30} = 4,6909 p > 10^{1,0541}$    | 0,64           | $El_{30} = 62,0236 R_{cm}^{0,8197}$     | 0,96           |
| Abr | $El_{30} = 106,0916 R_{cm}^{0,5683}$  | 0,98           | $El_{30} = 56,8043 R_{cm}^{0,8925}$     | 0,86           |
| Mai | $El_{30} = 30,6106 R_{cm} + 15,4638$  | 0,98           | $El_{30} = 2,3770 p > 10 + 127,5971$    | 0,93           |
| Jun | $El_{30} = 4,8877 p > 10^{1,0089}$    | 0,68           | $El_{30} = -34,8765 R_{cm} + 1152,5818$ | 0,69           |
| Jul | $El_{30} = 126,2122 R_{cm}^{0,5229}$  | 0,93           | $El_{30} = 60,6569 R_{cm}^{0,7744}$     | 0,99           |
| Ago | $El_{30} = 106,4178 R_{cm}^{0,5671}$  | 0,56           | $El_{30} = 35,7118 R_{cm}^{0,6756}$     | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 0,2356 p > 10^{1,5333}$    | 0,99           | $El_{30} = 5,8903 p > 10 - 360,3467$    | 0,99           |
| Out | $El_{30} = 96,5992 R_{cm}^{0,6888}$   | 0,94           | $El_{30} = 55,0159 R_{cm}^{0,8472}$     | 0,87           |
| Nov | $El_{30} = 150,7979 R_{cm}^{0,4403}$  | 0,84           | $El_{30} = 2,4314 p > 10^{1,0997}$      | 0,83           |
| Dez | $El_{30} = 115,9580 R_{cm}^{0,6540}$  | 0,83           | $El_{30} = 10,8040 p > 10 - 321,4888$   | 0,99           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,85 para meses de El Niño e de 0,90 para meses de La Niña.

#### 4.6 Região 7 – Alto Vale do Uruguai

A Região 7 – Alto Vale do Uruguai é composta por 77 municípios, sendo escolhido como município pólo, por possuir registros pluviográficos disponíveis, o município de Santa Rosa. Dos municípios restantes foram selecionados 9 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 31.

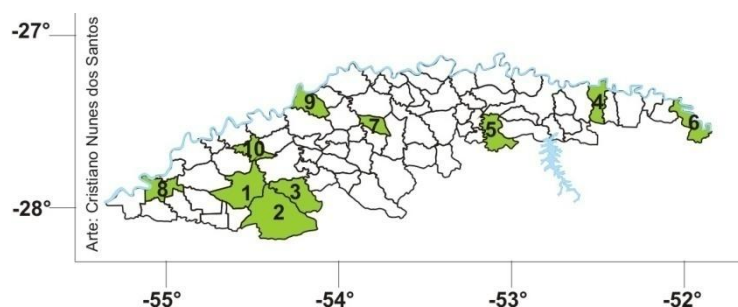


Figura 31 – Mapa da Região 7 – Alto Vale do Uruguai.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 31 são:

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1. Santa Rosa - Pólo | 6. Marcelino Ramos   |
| 2. Giruá             | 7. Miraguaí          |
| 3. Independência     | 8. Porto Lucena      |
| 4. Itatiba do Sul    | 9. Tiradentes do Sul |
| 5. Liberato Salzano  | 10. Tucunduva        |

Foram analisados 23 anos de dados pluviográficos para o município de Santa Rosa, no período de 1975 a 1998, num total de 1060 chuvas erosivas, com uma média de 46,1 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 503 chuvas erosivas em meses neutros, 369 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 188 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 35 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 32) e precipitação erosiva do município de Santa Rosa.

Tabela 35 – Características das precipitações médias mensais de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 149,1                     | 123,6   | 158,2   | 181,1   | 137,9                      | 116,0   | 144,5   | 167,9   |
| Fevereiro   | 156,6                     | 129,1   | 216,1   | 151,3   | 133,2                      | 112,4   | 202,8   | 99,6    |
| Março       | 129,4                     | 93,7    | 174,8   | 160,4   | 123,8                      | 84,2    | 166,4   | 144,0   |
| Abril       | 167,3                     | 134,3   | 239,0   | 167,3   | 154,8                      | 116,1   | 230,9   | 156,9   |
| Maio        | 162,5                     | 93,7    | 194,8   | 133,2   | 150,4                      | 133,0   | 187,0   | 121,0   |
| Junho       | 149,4                     | 125,4   | 189,1   | 147,1   | 136,4                      | 109,6   | 182,3   | 113,3   |
| Julho       | 131,0                     | 122,6   | 164,6   | 93,9    | 114,3                      | 102,9   | 150,4   | 80,4    |
| Agosto      | 136,8                     | 131,9   | 142,0   | 158,2   | 126,6                      | 121,7   | 131,8   | 145,1   |
| Setembro    | 154,4                     | 165,8   | 141,5   | 148,9   | 135,6                      | 144,7   | 135,2   | 111,3   |
| Outubro     | 209,3                     | 225,7   | 190,7   | 206,2   | 176,6                      | 166,9   | 188,8   | 179,0   |
| Novembro    | 154,8                     | 141,4   | 212,2   | 89,7    | 133,8                      | 126,2   | 189,5   | 69,2    |
| Dezembro    | 131,5                     | 129,3   | 154,0   | 99,7    | 125,5                      | 139,0   | 143,9   | 78,2    |
| Total Anual | 1832,1                    | 1672,4  | 2176,8  | 1736,7  | 1649,0                     | 1472,9  | 2053,5  | 1465,7  |

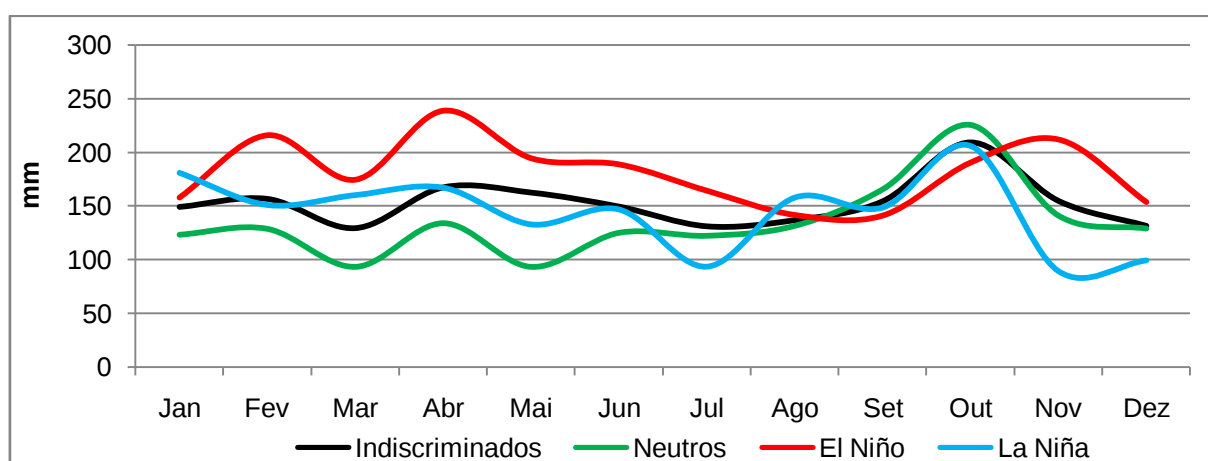


Figura 32 – Precipitação média mensal do município de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998.

Analisando-se discriminadamente a precipitação de Santa Rosa, tem-se um total médio anual de 1832,1mm de precipitação, com 90,0% de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 1649,0mm. A distribuição mensal é na média de 152,7mm mensais, sendo Outubro o único mês em destaque, com 209,3mm de precipitação média mensal.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Santa Rosa, observa-se um incremento na ordem de 18,8% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, com incremento mensal em dez dos doze meses do ano, entre eles, Novembro, Fevereiro, Março e Abril com 37,1%, 38,0%, 35,1% e 42,8% de incremento mensal nos valores de precipitação média, respectivamente. Em ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 5,2% e 8,7% na precipitação média anual, respectivamente. Em períodos de La Niña, o destaque é para os meses de Janeiro e Março com incrementos de 21,4% e 24,0%, mas no aspecto geral, há um decréscimo da lamina precipitada em nove dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 36 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 33).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Santa Rosa apresentam-se mais elevados nos meses de Novembro a Abril, com intensidade máxima de 26,7mm h<sup>-1</sup> em Fevereiro, enquanto que o mês de Julho apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com 13,9mm h<sup>-1</sup>. Observa-se um incremento de 6,8% na média anual durante eventos de El Niño, com os valores de intensidade máxima de precipitação acima de 20,0mm h<sup>-1</sup> do mês de Novembro até o mês de Junho, alcançando 33,5mm h<sup>-1</sup>. Em eventos de La Niña, observa-se um incremento maior nos meses de Fevereiro a Junho, mas não é observado um aumento significativo na média anual. Em meses neutros é que se observa um decréscimo da média anual de intensidade máxima, na ordem de 4,6%.

Os índices de erosividade das chuvas de Santa Rosa apresentaram um total médio anual de 9785,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 59,5% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Novembro a Abril, sendo o mês de Dezembro o mais erosivo, com 1045,5MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, e o menos erosivo é Julho com 414,7MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, classificados como de muito alta erosividade

e média erosividade respectivamente, evidenciando o poder erosivo das chuvas em Santa Rosa durante todo o ano, quando comparado as outras regiões do estado.

Tabela 36 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 1040,4                                                                                                | 863,3   | 1134,1  | 1228,0  | 25,6                                                      | 27,3    | 23,3    | 25,6    |
| Fevereiro   | 1022,7                                                                                                | 897,5   | 1406,2  | 862,8   | 26,7                                                      | 25,0    | 27,1    | 30,5    |
| Março       | 814,2                                                                                                 | 554,7   | 946,6   | 1122,7  | 22,4                                                      | 20,5    | 21,0    | 27,6    |
| Abril       | 986,4                                                                                                 | 690,0   | 1459,9  | 1165,1  | 22,0                                                      | 19,0    | 24,5    | 26,9    |
| Maio        | 824,7                                                                                                 | 613,9   | 1167,6  | 666,0   | 18,8                                                      | 16,5    | 20,6    | 21,2    |
| Junho       | 694,3                                                                                                 | 407,0   | 1144,1  | 618,5   | 18,1                                                      | 14,4    | 22,4    | 23,1    |
| Julho       | 414,7                                                                                                 | 369,8   | 595,5   | 164,3   | 13,9                                                      | 14,3    | 14,4    | 9,7     |
| Agosto      | 571,2                                                                                                 | 479,1   | 812,9   | 491,1   | 15,7                                                      | 15,1    | 17,2    | 15,4    |
| Setembro    | 591,9                                                                                                 | 643,2   | 605,6   | 427,1   | 17,8                                                      | 18,1    | 18,0    | 16,5    |
| Outubro     | 866,6                                                                                                 | 838,9   | 848,0   | 947,9   | 18,8                                                      | 19,5    | 18,2    | 18,3    |
| Novembro    | 912,4                                                                                                 | 785,8   | 1470,2  | 359,5   | 20,6                                                      | 21,8    | 23,0    | 15,1    |
| Dezembro    | 1045,5                                                                                                | 1038,7  | 1525,5  | 384,6   | 26,2                                                      | 23,7    | 33,5    | 19,9    |
| Total Anual | 9785,0                                                                                                | 8181,7  | 13116,1 | 8437,7  | 20,6                                                      | 19,6    | 21,9    | 20,8    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

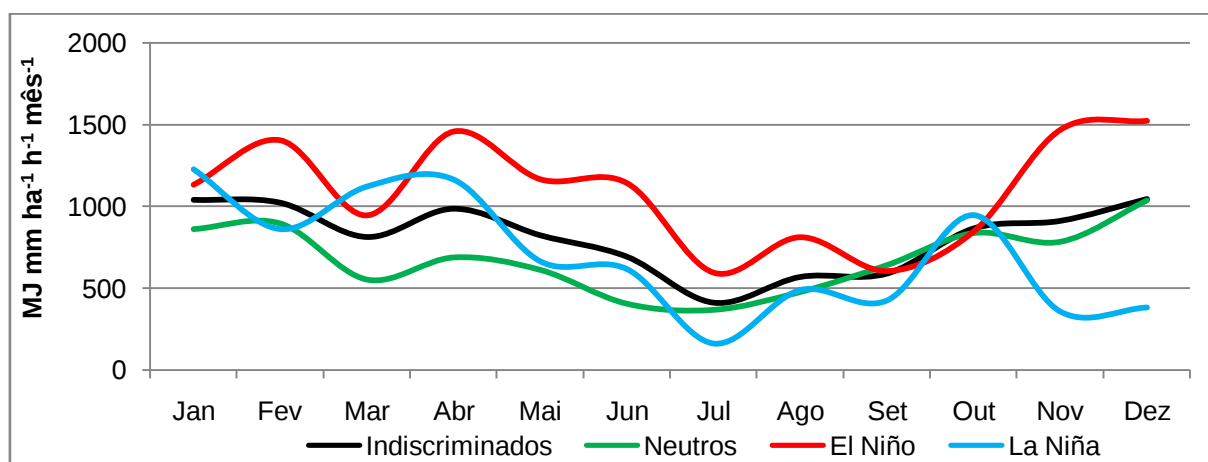


Figura 33 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Santa Rosa, RS. Período de 1975 a 1998.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Santa Rosa, observa-se um incremento nos valores na ordem de 34,0% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio

de 13116,1MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Mensalmente o El Niño não se mostrou mais erosivo somente no mês de Outubro, onde se observa um decréscimo de 2,1%. Nos outros onze meses do ano, os únicos meses que não foram classificados como de muito alta erosividade foram Julho e Setembro com média erosividade e Agosto com alta erosividade. Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 13,8% e 16,4% respectivamente. Porém, mensalmente foram observados incrementos significativos do potencial erosivo das chuvas nos meses de Janeiro, Março e Abril durante La Niña, tendo Janeiro alcançado 1228,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, sendo considerado de muito alta erosividade segundo Larios (2007). Durante os meses neutros, os índices de erosividade mensal se mantêm abaixo de 900, 0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> chegando a 369,8MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> em Julho. A única exceção é Dezembro com 1038,7MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>.

As equações de correlação (tab. 37 e 38) obtidas para o município de Santa Rosa servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Giruá, Independência, Itatiba do Sul, Liberato Salzano, Marcelino Ramos, Miraguai, Porto Lucena, Tiradentes do Sul e Tucunduva.

Tabela 37 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Santa Rosa, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                                         | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 0,3424 p>10 <sup>1,6105</sup>              | 0,87           | El <sub>30</sub> = 6,7585 p>10 <sup>1,0190</sup>              | 0,91           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 218,0853 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5914</sup> | 0,79           | El <sub>30</sub> = 1,8302 p>10 <sup>1,2910</sup>              | 0,89           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 0,8191 p>10 <sup>1,4109</sup>              | 0,85           | El <sub>30</sub> = 74,7307 Rc <sub>m</sub> + 74,1845          | 0,94           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 120,4874 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7418</sup> | 0,90           | El <sub>30</sub> = 0,6334 p>10 <sup>1,4362</sup>              | 0,94           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 103,6752 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7303</sup> | 0,90           | El <sub>30</sub> = 1,0604 p>10 <sup>1,2708</sup>              | 0,95           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 89,5270 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7534</sup>  | 0,76           | El <sub>30</sub> = 79,6996 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7049</sup>  | 0,85           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 26,8831 Rc <sub>m</sub> + 109,1726         | 0,92           | El <sub>30</sub> = 77,3671 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7246</sup>  | 0,76           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 0,3777 p>10 <sup>1,4708</sup>              | 0,83           | El <sub>30</sub> = 1,3137 p>10 <sup>1,2065</sup>              | 0,84           |
| Set | El <sub>30</sub> = 0,8733 p>10 <sup>1,3105</sup>              | 0,74           | El <sub>30</sub> = 1,1490 p>10 <sup>1,2518</sup>              | 0,76           |
| Out | El <sub>30</sub> = 1,3444 p>10 <sup>1,2353</sup>              | 0,83           | El <sub>30</sub> = 105,9484 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6703</sup> | 0,89           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 160,3100 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6586</sup> | 0,86           | El <sub>30</sub> = 4,4931 p>10 <sup>1,0554</sup>              | 0,76           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 1,6218 p>10 <sup>1,3058</sup>              | 0,85           | El <sub>30</sub> = 40,1898 Rc <sub>m</sub> + 289,0352         | 0,93           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,84 para meses indiscriminados e 0,87 para meses neutros.

Tabela 38 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Santa Rosa, RS.

| Mês | Meses El Niño                       | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                      | R <sup>2</sup> |
|-----|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 0,0462 p > 10^{1,9786}$  | 0,99           | $El_{30} = 126,0408 Rc_m^{0,7682}$ | 0,99           |
| Fev | $El_{30} = 6,3747 p > 10^{1,0065}$  | 0,72           | $El_{30} = 262,8962 Rc_m^{0,6119}$ | 0,97           |
| Mar | $El_{30} = 578,0806 Rc_m^{0,1700}$  | 0,11           | $El_{30} = 8,2166 p > 10^{0,9701}$ | 0,87           |
| Abr | $El_{30} = 224,3801 Rc_m^{0,5581}$  | 0,87           | $El_{30} = 2,4548 p > 10^{1,1930}$ | 0,74           |
| Mai | $El_{30} = 75,7696 Rc_m^{0,8893}$   | 0,87           | $El_{30} = 1,8156 p > 10^{1,2147}$ | 0,97           |
| Jun | $El_{30} = 205,0922 Rc_m^{0,5387}$  | 0,43           | $El_{30} = 70,3841 Rc_m^{0,9962}$  | 0,99           |
| Jul | $El_{30} = 28,5495 Rc_m + 105,5974$ | 0,98           | $El_{30} = 50,5842 Rc_m^{0,8388}$  | 0,99           |
| Ago | $El_{30} = 0,0401 p > 10^{1,9556}$  | 0,92           | $El_{30} = 8,1250 Rc_m^{1,6012}$   | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 0,3209 p > 10^{1,5239}$  | 0,81           | $El_{30} = 1,5982 p > 10^{1,1748}$ | 0,29           |
| Out | $El_{30} = 156,7855 Rc_m^{0,5436}$  | 0,65           | $El_{30} = 0,1076 p > 10^{1,7314}$ | 0,87           |
| Nov | $El_{30} = 183,5512 Rc_m^{0,6497}$  | 0,82           | $El_{30} = 1,0721 p > 10^{1,3221}$ | 0,85           |
| Dez | $El_{30} = 2,8402 p > 10^{1,2561}$  | 0,91           | $El_{30} = 178,1878 Rc_m^{0,5430}$ | 0,86           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,76 para meses de El Niño e de 0,87 para meses de La Niña.

#### 4.7 Região 8 – Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz

A Região 8 – Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz é composta por 28 municípios, sendo o município de Ijuí o escolhido como município pólo por possuir registros pluviográficos disponíveis. Dos municípios restantes foram selecionados 7 com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 34.

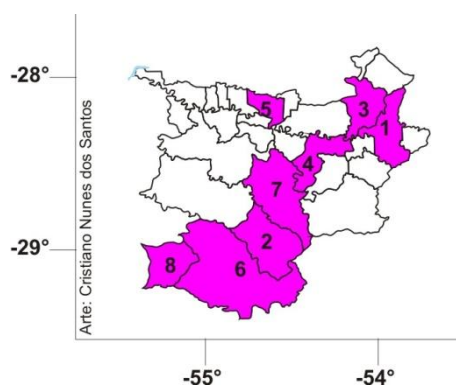


Figura 34 – Mapa da Região 8 – Missioneira de Santo Ângelo – São Luiz.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 34 são:

- |                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| 1. Ijuí - Pólo   | 5. Guarani das Missões    |
| 2. Capão do Cipó | 6. Santiago               |
| 3. Catuípe       | 7. São Miguel das Missões |
| 4. Entre Ijuís   | 8. Unistalda              |

Para o município de Ijuí, foram analisados 32 anos de dados pluviográficos, no período de 1963 a 1994, num total de 1383 chuvas erosivas, com uma média de 43,2 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 427 chuvas erosivas em períodos de ocorrência do fenômeno El Niño, 347 chuvas erosivas em períodos de ocorrência da La Niña e 609 chuvas erosivas em períodos neutros, sem a ocorrência de El Niño ou La Niña.

Na tab. 39 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 35) e precipitação erosiva do município de Ijuí.

Tabela 39 – Características das precipitações médias mensais de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 118,5                     | 92,5    | 124,9   | 139,9   | 111,1                      | 73,7    | 136,8   | 126,8   |
| Fevereiro   | 123,8                     | 108,8   | 192,5   | 85,4    | 120,8                      | 112,1   | 156,8   | 99,2    |
| Março       | 117,3                     | 102,0   | 116,4   | 157,7   | 104,4                      | 85,1    | 109,4   | 149,7   |
| Abril       | 135,2                     | 120,2   | 163,3   | 142,4   | 122,3                      | 107,9   | 160,0   | 127,8   |
| Maio        | 146,6                     | 102,0   | 225,0   | 110,4   | 128,5                      | 113,7   | 189,6   | 95,7    |
| Junho       | 152,4                     | 134,9   | 189,5   | 144,6   | 125,3                      | 111,1   | 145,6   | 134,6   |
| Julho       | 124,3                     | 131,5   | 151,2   | 76,3    | 102,8                      | 97,4    | 151,3   | 67,3    |
| Agosto      | 150,7                     | 135,4   | 184,6   | 151,6   | 137,7                      | 122,5   | 168,2   | 140,2   |
| Setembro    | 171,6                     | 191,4   | 150,5   | 168,7   | 141,8                      | 140,5   | 129,6   | 160,9   |
| Outubro     | 157,1                     | 192,7   | 151,5   | 124,1   | 122,0                      | 135,6   | 125,0   | 103,6   |
| Novembro    | 150,6                     | 156,4   | 192,7   | 94,2    | 126,8                      | 111,6   | 185,7   | 77,1    |
| Dezembro    | 142,0                     | 141,4   | 137,5   | 148,0   | 117,0                      | 106,1   | 102,6   | 148,4   |
| Total Anual | 1690,2                    | 1626,6  | 1979,7  | 1543,2  | 1460,6                     | 1317,2  | 1760,7  | 1431,3  |

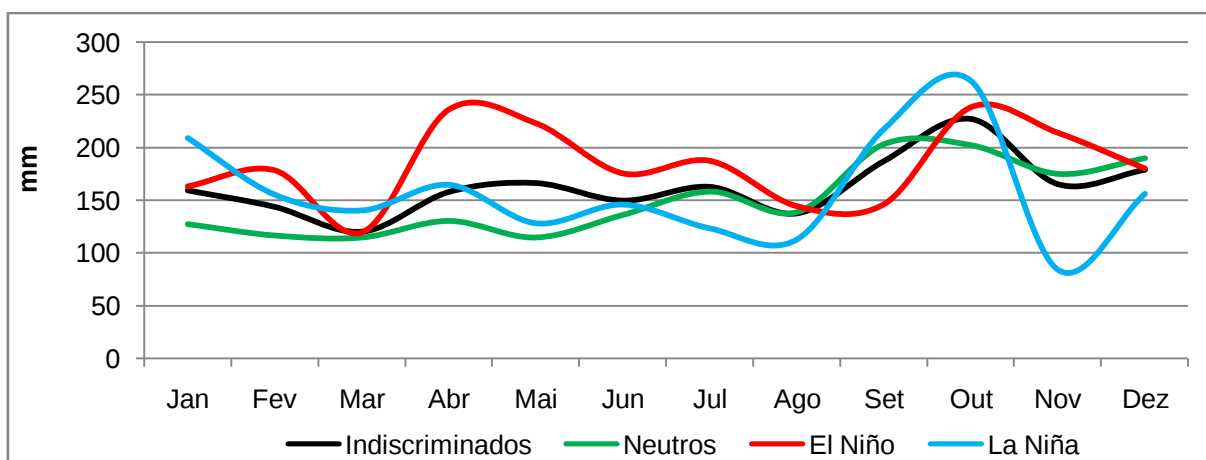


Figura 35 – Precipitação média mensal do município de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994.

Observa-se que, ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Ijuí, tem-se um total médio anual de 1690,2mm de precipitação, com 1460,6mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 86,4% da precipitação média anual do município.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Ijuí, observa-se um incremento na ordem de 17,1% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño (1979,7mm de precipitação anual), enquanto que em ocorrências da La Niña e na ausência de ambos os fenômenos, há um decréscimo de 8,7% e 3,8% na precipitação média anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, há aumento na precipitação mensal em oito dos doze meses do ano, sendo que nos outros dez meses, sendo que em Fevereiro e em Maio este aumento chega a 54,4% em média na precipitação mensal indiscriminada. Em períodos de La Niña há um decréscimo da lamina precipitada em sete dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada, e entre os meses em que se observa incremento da precipitação mensal, Março se destaca com 34,4% de incremento no valor indiscriminado de precipitação mensal.

Na tab. 40 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 36).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Ijuí apresentam-se mais elevados entre os meses de Novembro a Abril, com intensidade máxima de  $27,2\text{mm h}^{-1}$  em Fevereiro, enquanto que o mês de Julho apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $13,8\text{mm h}^{-1}$ . Observa-se um incremento na média anual durante eventos de El Niño na ordem de 4,8%. Em meses de ocorrência de La Niña não é observado mudança na média anual de intensidade máxima, e nos meses neutros observa-se um decréscimo na média anual de 2,5%. No mês de Fevereiro durante a La Niña é o que apresentou a maior média mensal, com  $30,9\text{mm h}^{-1}$  de intensidade máxima de precipitação em 30'.

Os índices de erosividade das chuvas de Ijuí apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $8331,7\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com 58,6% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Novembro a Abril, sendo o mês de Fevereiro o mais erosivo, com  $1151,9\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  (muito alta erosividade), e o menos erosivo é Julho com  $312,4\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  (baixa erosividade).

Tabela 40 – Características dos índices médios de erosividade de erosividade e intensidades de precipitação de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 737,7                                                                                                 | 402,8   | 728,1   | 1119,3  | 21,3                                                      | 18,2    | 19,6    | 26,3    |
| Fevereiro   | 1151,9                                                                                                | 1161,1  | 1453,4  | 778,9   | 27,2                                                      | 26,2    | 25,9    | 30,9    |
| Março       | 590,2                                                                                                 | 483,0   | 511,8   | 933,2   | 20,7                                                      | 20,1    | 19,8    | 23,0    |
| Abril       | 697,2                                                                                                 | 577,9   | 1245,8  | 593,0   | 20,7                                                      | 20,5    | 23,9    | 18,8    |
| Maio        | 707,2                                                                                                 | 621,3   | 1239,8  | 357,8   | 16,8                                                      | 18,0    | 19,2    | 12,9    |
| Junho       | 621,0                                                                                                 | 447,3   | 963,1   | 626,8   | 16,8                                                      | 14,1    | 20,4    | 19,0    |
| Julho       | 312,4                                                                                                 | 300,4   | 448,6   | 205,5   | 13,8                                                      | 14,1    | 13,4    | 13,7    |
| Agosto      | 562,2                                                                                                 | 527,7   | 688,9   | 490,9   | 15,5                                                      | 15,0    | 17,4    | 14,5    |
| Setembro    | 626,5                                                                                                 | 660,8   | 553,4   | 671,4   | 15,7                                                      | 15,8    | 15,8    | 15,4    |
| Outubro     | 621,8                                                                                                 | 662,6   | 709,5   | 480,3   | 18,7                                                      | 18,8    | 20,8    | 16,2    |
| Novembro    | 715,6                                                                                                 | 660,8   | 1036,2  | 417,6   | 21,0                                                      | 21,3    | 22,2    | 19,5    |
| Dezembro    | 988,0                                                                                                 | 988,5   | 872,2   | 1141,9  | 25,2                                                      | 25,3    | 26,3    | 23,8    |
| Total Anual | 8331,7                                                                                                | 7494,1  | 10450,8 | 7816,8  | 19,5                                                      | 19,0    | 20,4    | 19,5    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

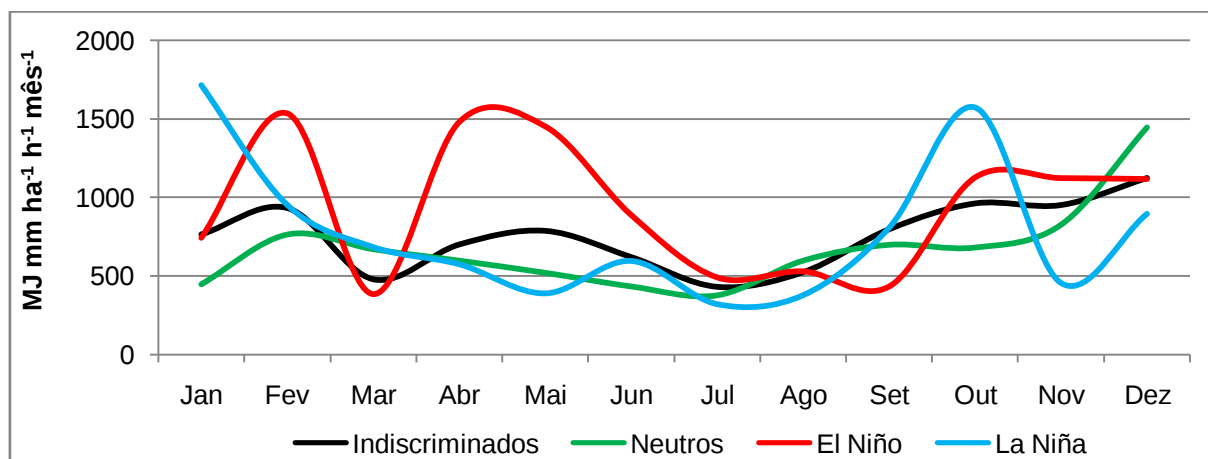


Figura 36 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Ijuí, RS. Período de 1963 a 1994.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Ijuí, observa-se um incremento nos valores na ordem de 25,4% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de 10450,8 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Diferentemente dos meses indiscriminados, durante a ocorrência do El Niño, os meses de Fevereiro, Abril, Maio e Novembro foram os que apresentaram os maiores potenciais erosivos, com média de 1243,8 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>. Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 6,2% e 10,1% respectivamente. Entre os meses que apresentaram incremento

nos índices de erosividade durante La Niña, destaque para Janeiro (1119,3MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>), Março (933,2MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>) e Dezembro (1141,9 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>).

As equações de correlação (tab. 41 e 42) obtidas para o município de Ijuí servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Capão do Cipó, Catuípe, Entre Ijuís, Guarani das Missões, Santiago, São Miguel das Missões e Unistalda.

Tabela 41 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Ijuí, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                                         | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 135,7927 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6707</sup> | 0,82           | El <sub>30</sub> = 113,7321 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6653</sup> | 0,71           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 182,2675 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6967</sup> | 0,82           | El <sub>30</sub> = 1,8154 p>10 <sup>1,3142</sup>              | 0,88           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 82,8790 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8711</sup>  | 0,81           | El <sub>30</sub> = 0,1245 p>10 <sup>1,8156</sup>              | 0,81           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 122,5912 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6650</sup> | 0,75           | El <sub>30</sub> = 111,1123 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7106</sup> | 0,82           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 0,4596 p>10 <sup>1,4526</sup>              | 0,86           | El <sub>30</sub> = 83,8200 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7420</sup>  | 0,80           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 0,2981 p>10 <sup>1,5358</sup>              | 0,88           | El <sub>30</sub> = 50,4912 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9057</sup>  | 0,91           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 2,4810 p>10 <sup>1,0343</sup>              | 0,82           | El <sub>30</sub> = 91,5001 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5744</sup>  | 0,76           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 0,5879 p>10 <sup>1,3723</sup>              | 0,88           | El <sub>30</sub> = 0,2922 p>10 <sup>1,5288</sup>              | 0,89           |
| Set | El <sub>30</sub> = 0,3318 p>10 <sup>1,4981</sup>              | 0,88           | El <sub>30</sub> = 19,9242 Rc <sub>m</sub> + 219,8323         | 0,88           |
| Out | El <sub>30</sub> = 94,0967 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7057</sup>  | 0,76           | El <sub>30</sub> = 92,9067 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6613</sup>  | 0,74           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 1,9140 p>10 <sup>1,2080</sup>              | 0,88           | El <sub>30</sub> = 184,4473 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5231</sup> | 0,90           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 166,1595 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6780</sup> | 0,80           | El <sub>30</sub> = 135,4182 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7795</sup> | 0,78           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,83 para meses indiscriminados e 0,82 para meses neutros.

Tabela 42 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Ijuí, RS.

| Mês | Meses El Niño                                                 | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 2,3999 p>10 <sup>1,1500</sup>              | 0,95           | El <sub>30</sub> = 155,2700 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7525</sup> | 0,87           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 70,1250 Rc <sub>m</sub> <sup>1,0126</sup>  | 0,93           | El <sub>30</sub> = 249,5800 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5448</sup> | 0,89           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 0,0647 p>10 <sup>1,8746</sup>              | 0,64           | El <sub>30</sub> = 189,5700 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5558</sup> | 0,64           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 158,7224 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6983</sup> | 0,87           | El <sub>30</sub> = 3,0494 p>10 <sup>1,0624</sup>              | 0,61           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 0,4867 p>10 <sup>1,4680</sup>              | 0,90           | El <sub>30</sub> = 70,4760 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7463</sup>  | 0,80           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 81,9970 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8261</sup>  | 0,88           | El <sub>30</sub> = 1,2954 p>10 <sup>1,2421</sup>              | 0,74           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 1,8727 p>10 <sup>1,0822</sup>              | 0,95           | El <sub>30</sub> = 3,1184 p>10 <sup>0,9877</sup>              | 0,82           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 2,3017 p>10 <sup>1,1091</sup>              | 0,94           | El <sub>30</sub> = 0,7050 p>10 <sup>1,2935</sup>              | 0,90           |
| Set | El <sub>30</sub> = 42,1530 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9897</sup>  | 0,96           | El <sub>30</sub> = 57,5750 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7974</sup>  | 0,86           |
| Out | El <sub>30</sub> = 99,6240 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7136</sup>  | 0,68           | El <sub>30</sub> = 83,8710 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8041</sup>  | 0,86           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 1,3093 p>10 <sup>1,2681</sup>              | 0,92           | El <sub>30</sub> = 1,0888 p>10 <sup>1,3327</sup>              | 0,82           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 175,9900 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6522</sup> | 0,78           | El <sub>30</sub> = 0,8992 p>10 <sup>1,4041</sup>              | 0,92           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,87 para meses de El Niño e de 0,81 para meses de La Niña.

#### 4.8 Região 9 – São Borja - Itaqui

A Região 9 – São Borja – Itaqui é composta por 10 municípios, sendo escolhido como município pólo, por possuir registros pluviográficos disponíveis e atualizados, o município de São Borja. Dos municípios restantes foram selecionados 6 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 37.

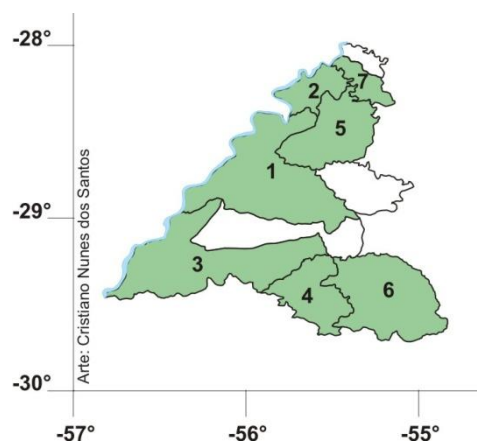


Figura 37 – Mapa da Região 9 – São Borja - Itaqui.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 37 são:

1. São Borja - Pólo
2. Garruchos
3. Itaqui
4. Manoel Viana
5. Santo Antônio das Missões
6. São Francisco de Assis
7. São Nicolau

Foram analisados 36 anos de dados pluviográficos para o município de São Borja, no período de 1961 a 2004, num total de 1326 chuvas erosivas, com uma média de 36,8 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 610 chuvas erosivas em meses neutros, 414 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 302 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 43 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 38) e precipitação erosiva do município de São Borja.

Tabela 43 – Características das precipitações médias mensais de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 139,2                     | 96,4    | 158,3   | 168,8   | 113,9                      | 77,5    | 113,3   | 169,5   |
| Fevereiro   | 120,3                     | 108,2   | 147,4   | 117,6   | 102,0                      | 96,6    | 109,1   | 104,1   |
| Março       | 154,4                     | 139,9   | 164,3   | 180,8   | 140,7                      | 124,1   | 161,4   | 160,0   |
| Abril       | 171,5                     | 158,4   | 224,9   | 159,1   | 149,4                      | 141,0   | 199,3   | 124,7   |
| Maio        | 136,5                     | 139,9   | 169,2   | 119,2   | 130,7                      | 126,0   | 145,4   | 126,2   |
| Junho       | 120,9                     | 116,1   | 144,5   | 102,0   | 95,3                       | 85,9    | 126,9   | 77,8    |
| Julho       | 98,0                      | 93,2    | 124,6   | 75,0    | 86,6                       | 84,6    | 106,1   | 63,5    |
| Agosto      | 100,4                     | 84,8    | 121,9   | 130,9   | 83,5                       | 70,1    | 91,9    | 123,9   |
| Setembro    | 126,4                     | 123,9   | 138,0   | 114,9   | 107,2                      | 102,5   | 115,4   | 104,1   |
| Outubro     | 153,7                     | 183,9   | 132,7   | 140,8   | 127,9                      | 157,5   | 114,6   | 102,8   |
| Novembro    | 148,4                     | 157,6   | 179,7   | 101,3   | 132,2                      | 135,7   | 148,4   | 98,7    |
| Dezembro    | 125,3                     | 129,6   | 128,1   | 117,3   | 96,5                       | 111,0   | 97,4    | 78,1    |
| Total Anual | 1594,9                    | 1520,2  | 1833,7  | 1527,7  | 1366,0                     | 1312,5  | 1529,1  | 1333,2  |

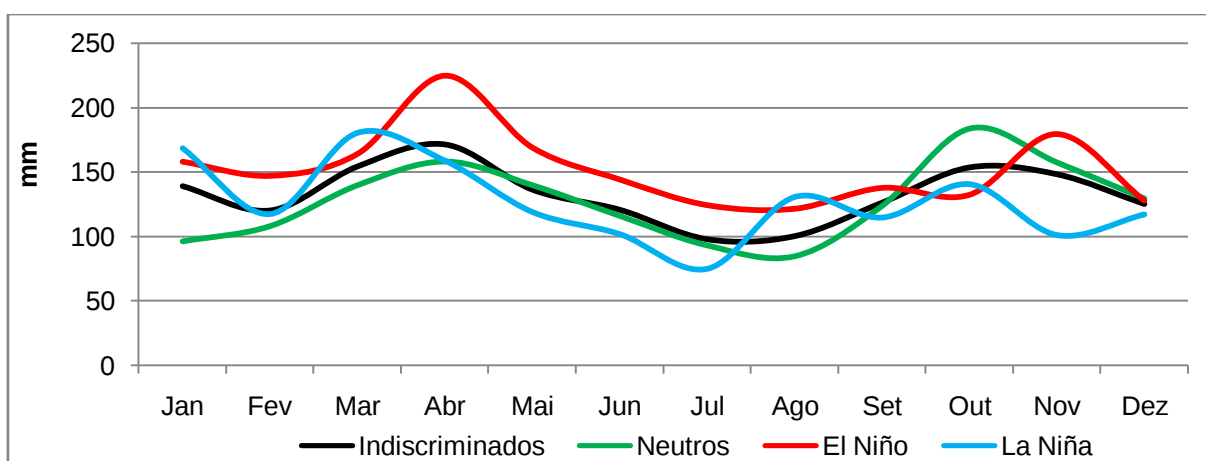


Figura 38 – Precipitação média mensal do município de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004.

Analisando-se discriminadamente a precipitação de São Borja, tem-se um médio anual de 1594,9mm de precipitação, com 85,6% de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 1366,0mm. A distribuição mensal é na média de 132,9mm mensais, sendo os meses de Outubro com 153,7mm e Abril com 171,5mm de precipitação média mensal, os meses de maior precipitação.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de São Borja, observa-se um incremento na ordem de 15,0% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, com incremento mensal em onze dos doze meses do ano, sendo o mês de Outubro o único a apresentar decréscimo da lamina precipitada, com 132,7mm, 13,7% a menos que o valor indiscriminado do mês. Em

ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 4,2% e 4,7% na precipitação média anual, respectivamente. Em períodos de La Niña, o destaque é para os meses de Agosto e Janeiro com incrementos de 30,3% e 21,3%, mas no aspecto geral, há um decréscimo da lamina precipitada em nove dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 44 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 39).

Tabela 44 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 908,2                                                                                                 | 603,4   | 876,0   | 1413,6  | 25,3                                                      | 24,6    | 25,9    | 25,3    |
| Fevereiro   | 701,1                                                                                                 | 639,4   | 727,5   | 777,8   | 23,9                                                      | 23,7    | 22,6    | 25,6    |
| Março       | 993,4                                                                                                 | 930,8   | 1011,7  | 1118,0  | 23,9                                                      | 23,5    | 24,5    | 24,2    |
| Abril       | 846,2                                                                                                 | 798,3   | 1270,7  | 582,5   | 19,0                                                      | 19,3    | 21,6    | 16,0    |
| Maio        | 756,5                                                                                                 | 655,0   | 819,8   | 910,5   | 20,3                                                      | 19,0    | 19,1    | 24,2    |
| Junho       | 428,5                                                                                                 | 329,5   | 719,4   | 305,3   | 16,8                                                      | 16,3    | 19,7    | 14,0    |
| Julho       | 287,7                                                                                                 | 281,6   | 375,6   | 174,1   | 14,7                                                      | 14,6    | 17,0    | 11,4    |
| Agosto      | 274,5                                                                                                 | 233,8   | 336,5   | 270,7   | 14,0                                                      | 14,4    | 14,6    | 11,2    |
| Setembro    | 523,3                                                                                                 | 491,9   | 611,0   | 458,8   | 19,2                                                      | 19,8    | 19,1    | 18,2    |
| Outubro     | 799,9                                                                                                 | 1072,5  | 614,4   | 653,4   | 20,6                                                      | 19,8    | 19,4    | 23,2    |
| Novembro    | 713,3                                                                                                 | 668,5   | 808,8   | 542,4   | 20,1                                                      | 19,7    | 18,7    | 22,9    |
| Dezembro    | 744,7                                                                                                 | 882,4   | 686,1   | 643,8   | 26,0                                                      | 27,1    | 24,7    | 26,1    |
| Total Anual | 7977,1                                                                                                | 7587,1  | 8857,6  | 7850,7  | 20,3                                                      | 20,2    | 20,6    | 20,2    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

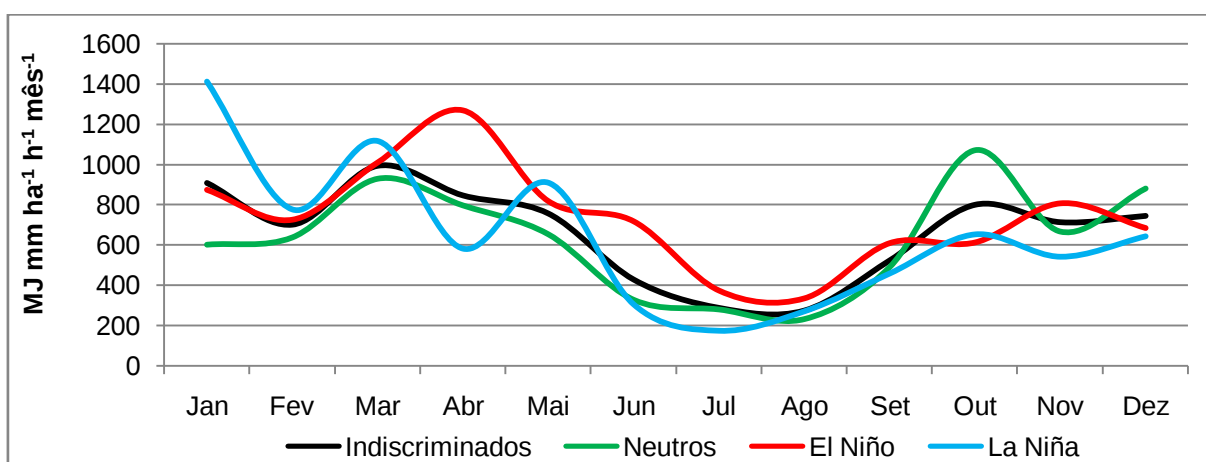


Figura 39 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de São Borja, RS. Período de 1961 a 2004.

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em São Borja apresentam-se mais elevados nos meses de Outubro a Maio, com intensidade máxima de  $26,0\text{mm h}^{-1}$  em Dezembro, enquanto que o mês de Agosto apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $14,0\text{mm h}^{-1}$ . Observa-se um incremento de 1,4% na média anual durante eventos de El Niño, com os valores de intensidade máxima de precipitação acima de  $20,0\text{mm h}^{-1}$  do mês de Dezembro até o mês de Abril, alcançando  $25,9\text{mm h}^{-1}$  em Janeiro. Em eventos de La Niña, e meses neutros é observado um decréscimo da média anual de intensidade máxima, na ordem de 0,6% em média.

Os índices de erosividade das chuvas de São Borja apresentaram um total médio anual de  $7977,1\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com 81,0% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Outubro a Maio (meses de alta intensidade máxima de precipitação), sendo o mês de Março o mais erosivo, com  $993,4\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Agosto com  $274,5\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , classificados como de muito alta erosividade e baixa erosividade respectivamente. Observa-se ainda que os meses de Outubro a Maio apresentam índices de erosividade classificados como de alta erosividade e muito alta erosividade.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de São Borja, observa-se um incremento nos valores na ordem de 11,0% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de  $8857,6\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . Mensalmente o El Niño se mostrou mais erosivo em nove meses do ano, com destaque para Abril com  $1270,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  e Março com  $1011,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ . Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 1,6% e 4,9% respectivamente. Porém, mensalmente foram observados incrementos significativos do potencial erosivo das chuvas nos meses de Janeiro a Março e Maio durante La Niña, tendo Janeiro alcançado  $1413,6\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , sendo considerado de muito alta erosividade segundo Larios (2007). Durante os meses neutros, os índices de erosividade mensal se mantêm abaixo de 900,  $0\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  chegando a  $233,8\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  em Agosto. As exceções são Outubro com  $1072,5\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  e Março com  $930,8\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ .

As equações de correlação (tab. 45 e 46) obtidas para o município de São Borja servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Garruchos, Itaqui, Manoel Viana, Santo Antônio das Missões, São Francisco de Assis e São Nicolau.

Tabela 45 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de São Borja, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                                         | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 1,5544 p>10 <sup>1,3115</sup>              | 0,87           | El <sub>30</sub> = 170,7400 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6813</sup> | 0,89           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 1,7780 p>10 <sup>1,2531</sup>              | 0,68           | El <sub>30</sub> = 2,6561 p>10 <sup>1,1730</sup>              | 0,77           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 1,6509 p>10 <sup>1,2608</sup>              | 0,82           | El <sub>30</sub> = 0,9574 p>10 <sup>1,3845</sup>              | 0,88           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 67,8033 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8257</sup>  | 0,89           | El <sub>30</sub> = 72,9680 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7982</sup>  | 0,82           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 0,2712 p>10 <sup>1,5867</sup>              | 0,88           | El <sub>30</sub> = 0,0864 p>10 <sup>1,8056</sup>              | 0,93           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 66,2899 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8348</sup>  | 0,78           | El <sub>30</sub> = 58,2310 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8518</sup>  | 0,78           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 99,5335 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5166</sup>  | 0,44           | El <sub>30</sub> = 3,0821 p>10 <sup>0,9926</sup>              | 0,56           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 1,0677 p>10 <sup>1,2225</sup>              | 0,72           | El <sub>30</sub> = 0,7252 p>10 <sup>1,3304</sup>              | 0,66           |
| Set | El <sub>30</sub> = 0,7149 p>10 <sup>1,3638</sup>              | 0,66           | El <sub>30</sub> = 1,2498 p>10 <sup>1,2480</sup>              | 0,73           |
| Out | El <sub>30</sub> = 115,4808 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6757</sup> | 0,76           | El <sub>30</sub> = 55,3110 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9041</sup>  | 0,82           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 2,3364 p>10 <sup>1,1469</sup>              | 0,61           | El <sub>30</sub> = 174,2200 Rc <sub>m</sub> <sup>0,4869</sup> | 0,73           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 174,8081 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6410</sup> | 0,71           | El <sub>30</sub> = 176,9100 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6673</sup> | 0,64           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,73 para meses indiscriminados e 0,77 para meses neutros.

Tabela 46 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de São Borja, RS.

| Mês | Meses El Niño                                                           | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 169,7200 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6192</sup>           | 0,76           | El <sub>30</sub> = 110,2700 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7745</sup> |                |
| Fev | El <sub>30</sub> = 60,4830 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9612</sup>            | 0,33           | El <sub>30</sub> = 172,8100 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5790</sup> |                |
| Mar | El <sub>30</sub> = 93,8710 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7918</sup>            | 0,76           | El <sub>30</sub> = 155,4600 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5917</sup> |                |
| Abr | El <sub>30</sub> = 93,5760 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7575</sup>            | 0,94           | El <sub>30</sub> = 54,8230 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8672</sup>  |                |
| Mai | El <sub>30</sub> = 60,7460 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9000</sup>            | 0,82           | El <sub>30</sub> = 135,3300 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7216</sup> |                |
| Jun | El <sub>30</sub> = 19,7276 Rc <sub>m</sub> + 262,5856 <sup>0,3492</sup> | 0,95           | El <sub>30</sub> = 0,0316 p>10 <sup>2,0670</sup>              |                |
| Jul | El <sub>30</sub> = 160,8700 Rc <sub>m</sub> <sup>1,2916</sup>           | 0,25           | El <sub>30</sub> = 0,0203 p>10 <sup>2,1462</sup>              |                |
| Ago | El <sub>30</sub> = 0,8906 p>10 <sup>2,0466</sup>                        | 0,86           | El <sub>30</sub> = 0,5443 p>10 <sup>1,2835</sup>              |                |
| Set | El <sub>30</sub> = 0,0285 p>10 <sup>0,6692</sup>                        | 0,70           | El <sub>30</sub> = 103,8900 Rc <sub>m</sub> <sup>1,1485</sup> |                |
| Out | El <sub>30</sub> = 109,7400 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5811</sup>           | 0,74           | El <sub>30</sub> = 2,8387 p>10 <sup>1,0763</sup>              |                |
| Nov | El <sub>30</sub> = 39,3235 Rc <sub>m</sub> + 33,8275 <sup>0,7931</sup>  | 0,76           | El <sub>30</sub> = 3,8841 p>10 <sup>0,5757</sup>              |                |
| Dez | El <sub>30</sub> = 117,5200 Rc <sub>m</sub>                             | 0,82           | El <sub>30</sub> = 198,1300 Rc <sub>m</sub>                   |                |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,72 para meses de El Niño e de 0,78 para meses de La Niña.

#### 4.9 Região 10 – Campanha

A Região 10 – Campanha possui 15 municípios, sendo os municípios de Uruguaiana e Bagé os escolhidos como municípios pólos por possuírem registros pluviográficos disponíveis e atualizados. Foram ainda selecionados 8 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 40.

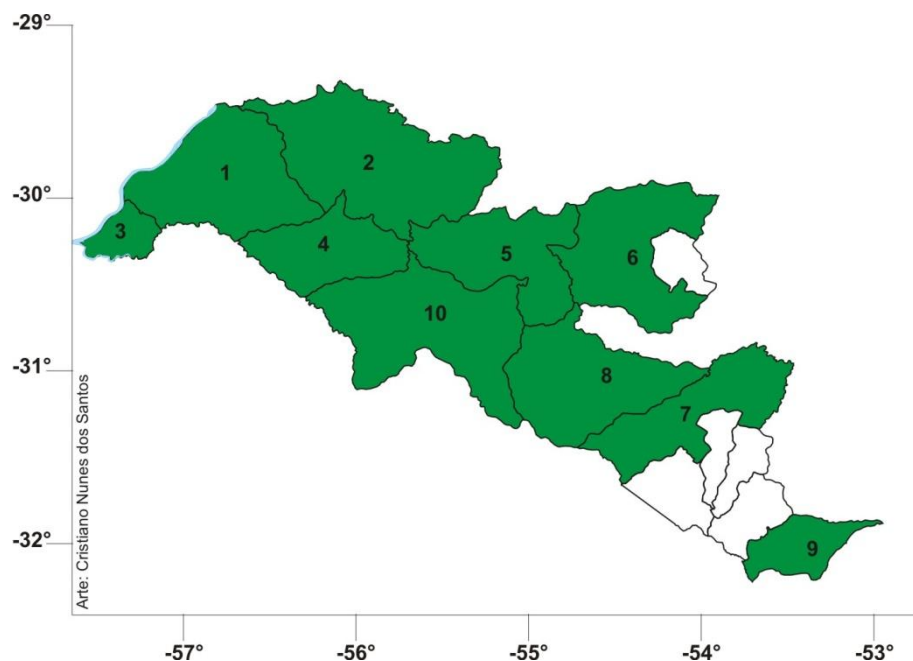


Figura 40 – Mapa da Região 10 – Campanha.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 40 são:

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| 1. Uruguaiana - Pólo | 6. São Gabriel            |
| 2. Alegrete          | 7. Bagé - Pólo            |
| 3. Barra do Quaraí   | 8. Dom Pedrito            |
| 4. Quaraí            | 9. Herval                 |
| 5. Rosário do Sul    | 10. Santana do Livramento |

Para o município de Uruguaiana, foram analisados 23 anos de dados pluviográficos, no período de 1969 a 1991, num total de 637 chuvas erosivas, com uma média de 27,7 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 164 chuvas erosivas em períodos de ocorrência do fenômeno El Niño, 158 chuvas erosivas em períodos de ocorrência da La Niña e 315 chuvas erosivas em períodos neutros, sem a ocorrência de El Niño ou La Niña.

Na tab. 47 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 41) e precipitação erosiva do município de Uruguaiana, nas quatro situações de estudo deste trabalho (meses indiscriminados, meses neutros, meses de El Niño e meses de La Niña).

Tabela 47 – Características das precipitações de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 153,5                     | 87,2    | 167,6   | 197,5   | 115,6                      | 64,8    | 135,4   | 138,0   |
| Fevereiro   | 165,3                     | 152,9   | 206,1   | 147,4   | 113,0                      | 118,9   | 124,9   | 90,4    |
| Março       | 130,3                     | 113,3   | 167,1   | 142,5   | 91,3                       | 91,0    | 71,9    | 103,5   |
| Abril       | 156,8                     | 173,7   | 138,8   | 126,3   | 115,9                      | 126,3   | 63,9    | 99,4    |
| Maio        | 124,2                     | 113,3   | 168,6   | 112,7   | 110,0                      | 77,6    | 170,9   | 107,8   |
| Junho       | 85,2                      | 73,5    | 132,6   | 69,3    | 54,0                       | 52,1    | 60,6    | 51,4    |
| Julho       | 84,5                      | 83,3    | 112,9   | 68,1    | 58,8                       | 68,3    | 34,5    | 50,7    |
| Agosto      | 84,7                      | 79,0    | 92,3    | 91,6    | 63,8                       | 53,1    | 77,7    | 85,7    |
| Setembro    | 112,7                     | 110,5   | 115,5   | 112,0   | 80,5                       | 73,4    | 101,4   | 71,5    |
| Outubro     | 127,0                     | 177,7   | 116,4   | 93,1    | 88,4                       | 110,1   | 86,6    | 65,0    |
| Novembro    | 121,6                     | 142,7   | 148,4   | 76,4    | 102,9                      | 95,1    | 138,3   | 61,6    |
| Dezembro    | 98,2                      | 97,3    | 116,2   | 81,0    | 75,4                       | 69,0    | 83,2    | 75,1    |
| Total Anual | 1443,9                    | 1395,9  | 1682,4  | 1317,8  | 1069,4                     | 999,6   | 1149,3  | 1000,0  |

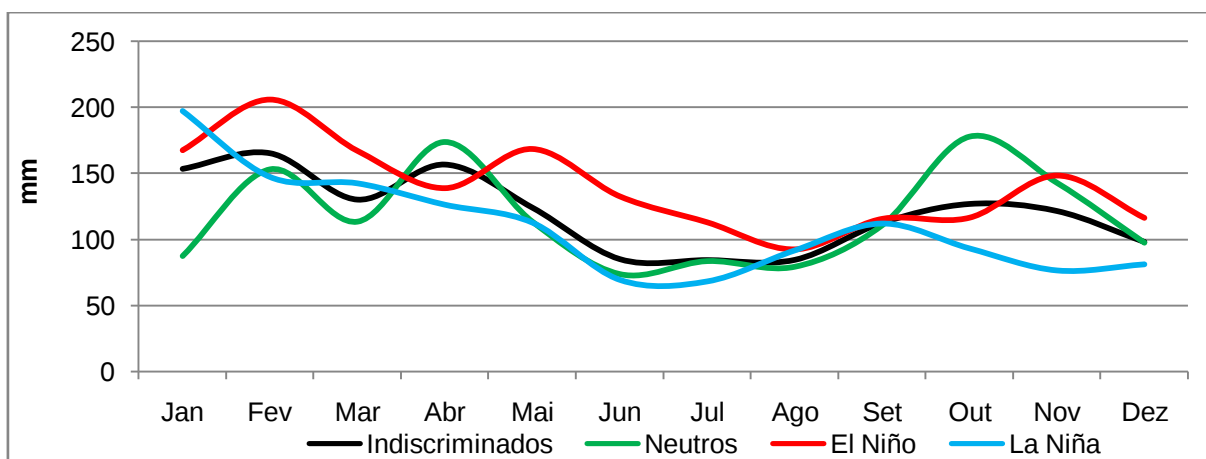


Figura 41 – Precipitação média mensal do município de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.

Observa-se que, ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Uruguaiana, tem-se um total médio anual de 1443,9mm de precipitação, com 1069,4mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 74,1% da precipitação média anual do município. Os meses de maior precipitação média são Janeiro, Fevereiro e Abril, com 153,5mm, 165,3mm e 156,8mm de chuva respectivamente.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Uruguaiana, observa-se um incremento na ordem de 16,5% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e na ausência de ambos os fenômenos, há um decréscimo de 8,7% e 3,3% na precipitação média anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, os meses de maior precipitação mensal são Fevereiro (206,1mm), e Janeiro, Março e Maio com 167,8mm em média de precipitação mensal, sendo observado um incremento de chuva em dez dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, o destaque é para o mês de Janeiro com 197,5mm de precipitação mensal em média, mas no aspecto geral, há um decréscimo da lamina precipitada em nove dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 48 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 42).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Uruguaiana apresentam-se mais elevados entre os meses de Outubro a Maio, com intensidade máxima de  $27,9\text{mm h}^{-1}$  em Janeiro, enquanto que o mês de Julho apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $12,8\text{mm h}^{-1}$ . Observa-se um incremento na média anual durante eventos de El Niño na ordem de 9,1%, e em meses de ocorrência de La Niña é observado incremento na média anual de intensidade máxima, de 3,5%. Nos meses neutros observa-se um decréscimo na média anual de 6,2%. O mês de Abril durante o El Niño é o que apresentou a maior média mensal, com  $35,0\text{mm h}^{-1}$  de intensidade máxima de precipitação em 30', seguido de Janeiro em La Niña com  $33,0\text{mm h}^{-1}$ .

Os índices de erosividade das chuvas de Uruguaiana apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $6776,8\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com 85,8% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Outubro a Maio, sendo o mês de Janeiro o mais erosivo, com  $995,7\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  (muito alta erosividade), e o menos erosivo é Julho com  $180,6\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  (muito baixa erosividade).

Tabela 48 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 995,7                                                                                                 | 434,2   | 848,6   | 1610,7  | 27,9                                                      | 26,0    | 24,3    | 33,0    |
| Fevereiro   | 868,9                                                                                                 | 908,9   | 671,1   | 939,3   | 25,7                                                      | 25,8    | 21,9    | 28,4    |
| Março       | 744,1                                                                                                 | 751,5   | 434,7   | 913,4   | 27,1                                                      | 29,8    | 20,5    | 25,3    |
| Abril       | 856,5                                                                                                 | 837,5   | 490,5   | 979,1   | 22,7                                                      | 20,6    | 35,0    | 25,5    |
| Maio        | 823,4                                                                                                 | 365,2   | 1538,3  | 914,9   | 23,0                                                      | 16,9    | 28,2    | 27,8    |
| Junho       | 199,5                                                                                                 | 165,1   | 209,3   | 265,7   | 13,5                                                      | 11,8    | 14,4    | 16,3    |
| Julho       | 180,6                                                                                                 | 178,2   | 109,9   | 240,3   | 12,8                                                      | 11,7    | 12,5    | 15,9    |
| Agosto      | 209,3                                                                                                 | 188,4   | 347,2   | 168,6   | 13,1                                                      | 12,8    | 19,2    | 9,3     |
| Setembro    | 375,6                                                                                                 | 219,4   | 698,0   | 279,3   | 17,0                                                      | 12,0    | 24,1    | 16,2    |
| Outubro     | 563,2                                                                                                 | 695,7   | 523,2   | 448,5   | 23,8                                                      | 23,2    | 26,9    | 21,5    |
| Novembro    | 530,1                                                                                                 | 553,7   | 696,1   | 245,5   | 20,8                                                      | 20,0    | 23,4    | 18,1    |
| Dezembro    | 429,9                                                                                                 | 457,0   | 427,1   | 392,8   | 22,8                                                      | 23,8    | 22,5    | 21,8    |
| Total Anual | 6776,8                                                                                                | 5754,7  | 6994,1  | 7398,1  | 20,8                                                      | 19,5    | 22,7    | 21,6    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

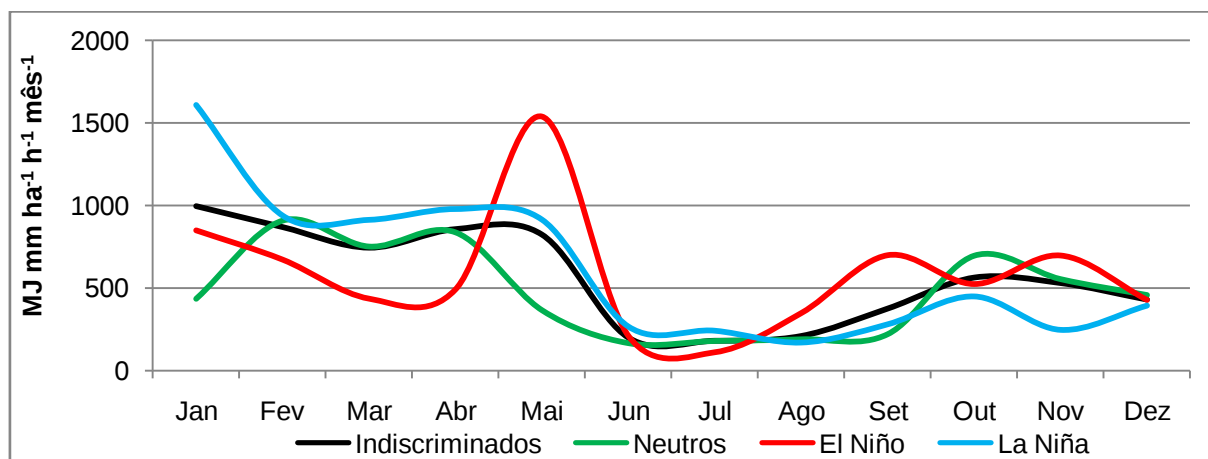


Figura 42 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Uruguaiana, RS. Período de 1969 a 1991.

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Uruguaiana, observa-se um incremento nos valores na ordem de 9,2% em períodos de ocorrência da La Niña, com um total anual médio de 7398,1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os meses que apresentaram incremento do valor de erosividade foi o período de Janeiro a Julho, com 1610,7 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> em Janeiro. Em períodos de ocorrência do El Niño também foi observado um incremento no total anual de erosividade, na ordem de 3,2%, com destaque para Maio com 1538,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de

15,1%. Entre os meses que apresentaram incremento nos índices de erosividade durante os meses neutros, destaque para Fevereiro ( $908,9 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ ).

As equações de correlação (tab. 49 e 50) obtidas para o município de Uruguaiana servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Alegrete, Barra do Quaraí, Quaraí, Rosário do Sul e São Gabriel (sub-região 10a).

Tabela 49 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Uruguaiana, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                                       | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                                     | R <sup>2</sup> |
|-----|-------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|----------------|
| Jan | $\text{El}_{30} = 3,8709 \text{ p}>10^{1,1365}$             | 0,75           | $\text{El}_{30} = 10,3448 \text{ p}>10^{0,8923}$  | 0,93           |
| Fev | $\text{El}_{30} = 36,7717 \text{ Rc}_m + 189,4466^{0,8669}$ | 0,82           | $\text{El}_{30} = 2,0360 \text{ p}>10^{1,2583}$   | 0,93           |
| Mar | $\text{El}_{30} = 80,3151 \text{ Rc}_m^{0,7729}$            | 0,67           | $\text{El}_{30} = 0,7996 \text{ p}>10^{1,4486}$   | 0,52           |
| Abr | $\text{El}_{30} = 76,2432 \text{ Rc}_m^{1,7014}$            | 0,69           | $\text{El}_{30} = 0,2449 \text{ p}>10^{0,8442}$   | 0,77           |
| Mai | $\text{El}_{30} = 0,2103 \text{ p}>10^{0,6910}$             | 0,92           | $\text{El}_{30} = 68,6352 \text{ Rc}_m^{1,0150}$  | 0,98           |
| Jun | $\text{El}_{30} = 59,5366 \text{ Rc}_m^{1,3675}$            | 0,62           | $\text{El}_{30} = 43,5968 \text{ Rc}_m^{1,2859}$  | 0,94           |
| Jul | $\text{El}_{30} = 0,5782 \text{ p}>10^{1,5427}$             | 0,74           | $\text{El}_{30} = 0,6928 \text{ p}>10^{1,6667}$   | 0,73           |
| Ago | $\text{El}_{30} = 0,2702 \text{ p}>10^{1,2579}$             | 0,88           | $\text{El}_{30} = 0,1831 \text{ p}>10^{1,6227}$   | 0,88           |
| Set | $\text{El}_{30} = 1,2330 \text{ p}>10^{0,5502}$             | 0,64           | $\text{El}_{30} = 0,1719 \text{ p}>10^{1,3568}$   | 0,86           |
| Out | $\text{El}_{30} = 146,5838 \text{ Rc}_m^{1,1252}$           | 0,67           | $\text{El}_{30} = 0,9953 \text{ p}>10^{1,0877}$   | 0,94           |
| Nov | $\text{El}_{30} = 2,7628 \text{ p}>10^{1,2075}$             | 0,86           | $\text{El}_{30} = 45,2681 \text{ Rc}_m + 34,7012$ | 0,97           |
| Dez | $\text{El}_{30} = 2,0365 \text{ p}>10$                      | 0,64           | $\text{El}_{30} = 4,1373 \text{ p}>10$            | 0,66           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,74 para meses indiscriminados e 0,84 para meses neutros.

Tabela 50 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Uruguaiana, RS.

| Mês | Meses El Niño                                             | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                                              | R <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | $\text{El}_{30} = 60,1969 \text{ Rc}_m^{0,8841}$          | 0,54           | $\text{El}_{30} = 64,2875 \text{ Rc}_m^{1,0579}$           | 0,92           |
| Fev | $\text{El}_{30} = 32,5874 \text{ p}>10^{0,6185}$          | 0,30           | $\text{El}_{30} = 50,4786 \text{ Rc}_m^{1,1041}$           | 0,73           |
| Mar | $\text{El}_{30} = 102,7217 \text{ Rc}_m^{0,7115}$         | 0,79           | $\text{El}_{30} = 0,0931 \text{ p}>10^{1,9095}$            | 0,96           |
| Abr | $\text{El}_{30} = 535,1830 \text{ p}>10^{-0,0163}$        | 0,99           | $\text{El}_{30} = 0,0203 \text{ p}>10^{2,2577}$            | 0,89           |
| Mai | $\text{El}_{30} = 0,6052 \text{ p}>10^{1,5012}$           | 0,91           | $\text{El}_{30} = 39,1123 \text{ Rc}_m + 73,1883^{0,6660}$ | 0,98           |
| Jun | $\text{El}_{30} = 2,8440 \text{ p}>10 + 36,8111^{1,8752}$ | 0,33           | $\text{El}_{30} = 83,4290 \text{ Rc}_m^{1,3482}$           | 0,78           |
| Jul | $\text{El}_{30} = 0,0894 \text{ p}>10^{0,8096}$           | 0,78           | $\text{El}_{30} = 1,0743 \text{ p}>10^{1,3373}$            | 0,94           |
| Ago | $\text{El}_{30} = 72,1029 \text{ Rc}_m^{0,9027}$          | 0,99           | $\text{El}_{30} = 0,4130 \text{ p}>10^{0,9930}$            | 0,99           |
| Set | $\text{El}_{30} = 9,7550 \text{ p}>10^{0,7168}$           | 0,43           | $\text{El}_{30} = 3,8362 \text{ p}>10^{1,2357}$            | 0,83           |
| Out | $\text{El}_{30} = 21,2538 \text{ p}>10^{0,6494}$          | 0,74           | $\text{El}_{30} = 2,3563 \text{ p}>10^{1,0383}$            | 0,92           |
| Nov | $\text{El}_{30} = 27,6517 \text{ p}>10^{1,1170}$          | 0,53           | $\text{El}_{30} = 3,3825 \text{ p}>10^{1,5011}$            | 0,99           |
| Dez | $\text{El}_{30} = 2,7317 \text{ p}>10$                    | 0,77           | $\text{El}_{30} = 0,4867 \text{ p}>10$                     | 0,61           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,68 para meses de El Niño e de 0,88 para meses de La Niña.

Foram analisados, para o município de Bagé, 21 anos de dados pluviográficos, no período de 1985 a 2005, num total de 740 chuvas erosivas, com uma média de 35,2 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 326 chuvas erosivas

em meses neutros, 253 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 161 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 51 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 43) e precipitação erosiva do município de Bagé.

Tabela 51 – Características das precipitações médias mensais de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 131,6                     | 124,7   | 148,8   | 120,9   | 106,6                      | 89,9    | 127,0   | 105,0   |
| Fevereiro   | 133,7                     | 172,5   | 144,4   | 69,4    | 107,2                      | 126,8   | 111,5   | 69,9    |
| Março       | 137,2                     | 139,1   | 147,0   | 121,5   | 110,0                      | 103,9   | 134,0   | 96,9    |
| Abril       | 211,7                     | 228,3   | 226,5   | 143,6   | 165,8                      | 189,4   | 148,7   | 116,1   |
| Maio        | 150,3                     | 139,1   | 166,3   | 123,6   | 126,6                      | 135,2   | 110,0   | 134,4   |
| Junho       | 110,5                     | 86,4    | 135,0   | 127,8   | 79,9                       | 60,7    | 87,2    | 112,0   |
| Julho       | 118,3                     | 110,8   | 147,7   | 77,0    | 83,1                       | 88,4    | 95,4    | 42,7    |
| Agosto      | 106,4                     | 82,3    | 142,7   | 110,3   | 78,4                       | 59,5    | 117,2   | 63,9    |
| Setembro    | 130,8                     | 135,3   | 127,6   | 125,3   | 106,4                      | 106,8   | 116,0   | 91,0    |
| Outubro     | 136,2                     | 131,2   | 166,8   | 102,4   | 104,4                      | 101,6   | 131,4   | 77,0    |
| Novembro    | 117,8                     | 108,0   | 155,1   | 83,2    | 101,0                      | 96,9    | 114,0   | 85,4    |
| Dezembro    | 116,9                     | 96,4    | 181,0   | 64,2    | 72,0                       | 60,5    | 114,4   | 37,2    |
| Total Anual | 1601,5                    | 1567,7  | 1889,0  | 1269,2  | 1241,4                     | 1219,7  | 1406,8  | 1031,6  |

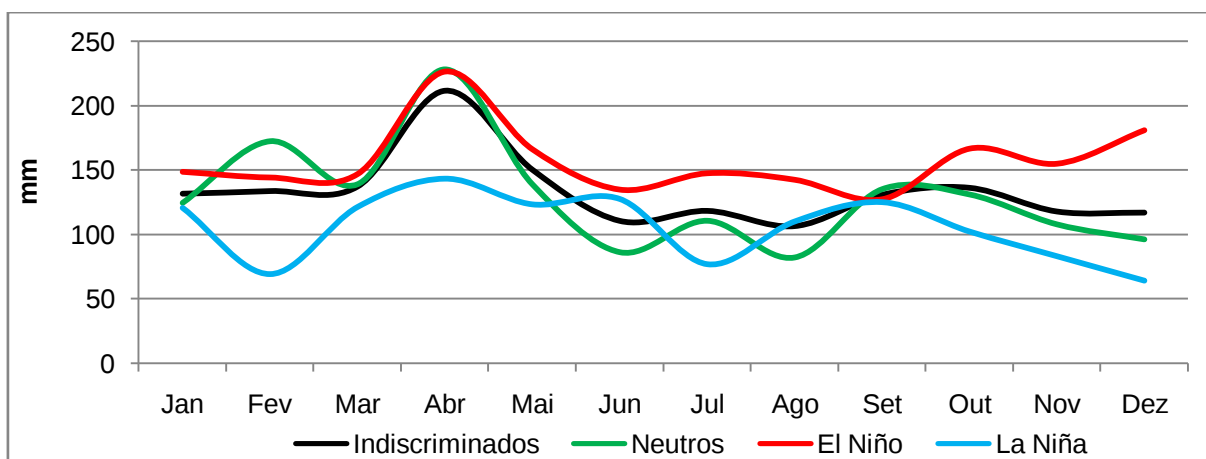


Figura 43 – Precipitação média mensal do município de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.

Indiscriminadamente a precipitação de Bagé, tem um total médio anual de 1601,5mm de precipitação, com 1241,4mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 77,5% da precipitação média anual do município. Os meses de maior precipitação média mensal são Abril e Maio, com 211,7mm e 150,3mm de chuva respectivamente.

Analísado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Bagé, observa-se um incremento na ordem de 17,9% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 20,7% e 2,1% na precipitação média anual, respectivamente. Destaque para o mês de Dezembro com 181,0mm de precipitação mensal média durante eventos de El Niño, representando um incremento de 54,8% no valor indiscriminado do mês. Ainda é observado um incremento de chuva em onze dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, em Dezembro e Fevereiro há um decréscimo da lamina precipitada de até 48,5%, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 52 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 44).

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Bagé, semelhantes a Uruguaiana, apresentam-se mais elevados nos meses de Outubro a Abril, com intensidade máxima de  $25,3\text{mm h}^{-1}$  em Dezembro, enquanto que o mês de Agosto apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $12,9\text{mm h}^{-1}$ . Observa-se um incremento na média anual durante eventos de El Niño com 7,7% e um decréscimo em La Niña, com 10,2%, o mesmo não ocorrendo durante os meses neutros.

Os índices de erosividade das chuvas de Bagé apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $7361,7\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , o que equivale a 8,6% de potencial erosivo das chuvas acima de Uruguaiana. Entre os meses de Novembro a Abril concentram-se 65,9% do potencial erosivo das chuvas, sendo o mês de Abril o mais erosivo, com  $1221,9\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Agosto com  $304,5\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , classificados como de muito alta erosividade e baixa erosividade respectivamente.

Analísado os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Bagé, se observa um incremento no valor anual em períodos de ocorrência do El Niño de 22,5% com  $9017,7 \text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . Mensalmente em El Niño os destaques são para o mês de Dezembro, com 122,5% de incremento no potencial erosivo das suas chuvas, e o mês de Abril com 30,3% de decréscimo do potencial erosivo das chuvas. Em períodos de ocorrência da La Niña, observa-se um decréscimo de 27,4% do índice anual de erosividade das chuvas do município. Entre

os meses que ainda apresentaram incremento nos índices de erosividade em La Niña, destaque para Junho com  $546,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , o equivalente a um incremento de 78,2% do potencial erosivo das chuvas para o mês.

Tabela 52 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1} \text{ e ano}^{-1}$ |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>$\text{mm h}^{-1}$ |         |         |         |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                             | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 720,5                                                                                              | 688,0   | 854,7   | 607,4   | 23,5                                                      | 24,1    | 23,9    | 22,1    |
| Fevereiro   | 815,6                                                                                              | 936,9   | 960,0   | 419,4   | 22,7                                                      | 22,7    | 23,9    | 20,9    |
| Março       | 718,7                                                                                              | 680,3   | 835,9   | 670,6   | 24,2                                                      | 26,3    | 23,2    | 21,6    |
| Abril       | 1221,9                                                                                             | 1498,9  | 851,9   | 853,7   | 21,2                                                      | 23,9    | 15,7    | 20,0    |
| Maio        | 586,9                                                                                              | 589,1   | 486,7   | 732,8   | 17,0                                                      | 14,6    | 17,4    | 21,0    |
| Junho       | 306,9                                                                                              | 200,3   | 307,0   | 546,8   | 15,4                                                      | 13,3    | 16,8    | 18,3    |
| Julho       | 344,1                                                                                              | 439,1   | 240,5   | 266,3   | 14,2                                                      | 15,2    | 13,4    | 12,6    |
| Agosto      | 304,5                                                                                              | 146,8   | 619,1   | 200,8   | 12,9                                                      | 10,6    | 17,4    | 11,8    |
| Setembro    | 404,6                                                                                              | 353,9   | 575,5   | 249,8   | 15,3                                                      | 14,3    | 19,5    | 11,3    |
| Outubro     | 562,6                                                                                              | 559,0   | 884,4   | 182,9   | 18,3                                                      | 18,3    | 23,6    | 11,9    |
| Novembro    | 578,4                                                                                              | 597,5   | 629,1   | 456,4   | 19,2                                                      | 17,9    | 20,7    | 18,8    |
| Dezembro    | 796,9                                                                                              | 414,5   | 1772,7  | 161,2   | 25,3                                                      | 26,9    | 31,6    | 15,7    |
| Total Anual | 7361,7                                                                                             | 7104,1  | 9017,7  | 5348,1  | 19,1                                                      | 19,0    | 20,6    | 17,2    |
|             |                                                                                                    |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

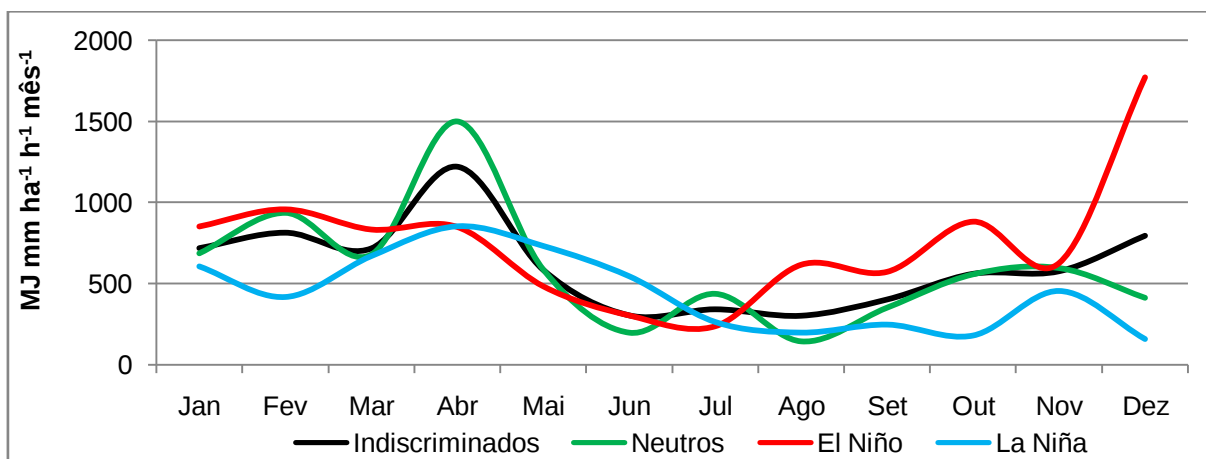


Figura 44 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Bagé, RS. Período de 1985 a 2005.

Pertencendo à sub-região 10b, as equações de correlação (tab. 53 e 54) obtidas para o município de Bagé, servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Dom Pedrito, Herval e Santana do Livramento.

Tabela 53 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Bagé, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                      | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                               | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 2,8056 \text{ p}>10^{1,1631}$   | 0,79           | $El_{30} = 1,7597 \text{ p}>10^{1,2693}$    | 0,79           |
| Fev | $El_{30} = 132,8470 \text{ Rc}_m^{0,6982}$ | 0,83           | $El_{30} = 1,2218 \text{ p}>10^{1,3444}$    | 0,91           |
| Mar | $El_{30} = 1,6823 \text{ p}>10^{1,2559}$   | 0,70           | $El_{30} = 9,3702 \text{ p}>10^{0,8971}$    | 0,48           |
| Abr | $El_{30} = 0,3514 \text{ p}>10^{1,5631}$   | 0,89           | $El_{30} = 33,5770 \text{ Rc}_m + 298,4811$ | 0,96           |
| Mai | $El_{30} = 83,7897 \text{ Rc}_m^{0,6884}$  | 0,83           | $El_{30} = 1,3590 \text{ p}>10^{1,1928}$    | 0,53           |
| Jun | $El_{30} = 63,8020 \text{ Rc}_m^{0,8242}$  | 0,77           | $El_{30} = 0,0950 \text{ p}>10^{1,8074}$    | 0,89           |
| Jul | $El_{30} = 0,4459 \text{ p}>10^{1,4159}$   | 0,69           | $El_{30} = 22,9810 \text{ Rc}_m + 130,8016$ | 0,95           |
| Ago | $El_{30} = 0,4299 \text{ p}>10^{1,4324}$   | 0,85           | $El_{30} = 57,2440 \text{ Rc}_m^{0,6482}$   | 0,83           |
| Set | $El_{30} = 2,0917 \text{ p}>10^{1,0974}$   | 0,74           | $El_{30} = 3,5701 \text{ p}>10^{0,9725}$    | 0,75           |
| Out | $El_{30} = 0,3704 \text{ p}>10^{1,5184}$   | 0,75           | $El_{30} = 0,4868 \text{ p}>10^{1,4567}$    | 0,70           |
| Nov | $El_{30} = 78,4892 \text{ Rc}_m^{0,8477}$  | 0,89           | $El_{30} = 0,4135 \text{ p}>10^{1,5245}$    | 0,93           |
| Dez | $El_{30} = 129,7799 \text{ Rc}_m^{0,7778}$ | 0,70           | $El_{30} = 1,4153 \text{ p}>10^{1,3271}$    | 0,56           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,79 para meses indiscriminados e 0,77 para meses neutros.

Tabela 54 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Bagé, RS.

| Mês | Meses El Niño                              | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                              | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 7,0241 \text{ p}>10^{0,9854}$   | 0,86           | $El_{30} = 168,2028 \text{ Rc}_m^{0,5028}$ | 0,69           |
| Fev | $El_{30} = 9,0771 \text{ p}>10 - 51,7915b$ | 0,72           | $El_{30} = 0,2365 \text{ p}>10^{1,7312}$   | 0,99           |
| Mar | $El_{30} = 37,5100 \text{ Rc}_m^{1,1183}$  | 0,98           | $El_{30} = 0,4140 \text{ p}>10^{1,5770}$   | 0,94           |
| Abr | $El_{30} = 0,1776 \text{ p}>10^{1,6446}$   | 0,95           | $El_{30} = 0,0007 \text{ p}>10^{2,9040}$   | 0,88           |
| Mai | $El_{30} = 82,4109 \text{ Rc}_m^{0,7217}$  | 0,94           | $El_{30} = 86,1206 \text{ Rc}_m^{0,7289}$  | 0,96           |
| Jun | $El_{30} = 124,7049 \text{ Rc}_m^{0,4666}$ | 0,63           | $El_{30} = 20,4241 \text{ p}>10^{0,6936}$  | 0,64           |
| Jul | $El_{30} = 20,0545 \text{ p}>10^{0,5092}$  | 0,14           | $El_{30} = 0,0300 \text{ p}>10^{2,1537}$   | 0,79           |
| Ago | $El_{30} = 1,0178 \text{ p}>10^{1,3011}$   | 0,89           | $El_{30} = 0,1668 \text{ p}>10^{1,6616}$   | 0,99           |
| Set | $El_{30} = 3,1630 \text{ p}>10^{1,0563}$   | 0,74           | $El_{30} = 0,6727 \text{ p}>10^{1,2909}$   | 0,86           |
| Out | $El_{30} = 0,3666 \text{ p}>10^{1,5778}$   | 0,91           | $El_{30} = 6,1781 \text{ p}>10^{0,7805}$   | 0,84           |
| Nov | $El_{30} = 97,5362 \text{ Rc}_m^{0,7527}$  | 0,86           | $El_{30} = 0,0097 \text{ p}>10^{2,3885}$   | 0,98           |
| Dez | $El_{30} = 139,0441 \text{ Rc}_m^{0,7869}$ | 0,58           | $El_{30} = 0,8801 \text{ p}>10^{1,3972}$   | 0,87           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,77 para meses de El Niño e de 0,87 para meses de La Niña.

#### 4.10 Região 11 – Serra do Sudeste

A Região 11 – Serra do Sudeste possui 10 municípios, sendo o município de Encruzilhada do Sul o escolhido como município pólo por possuir registros pluviográficos disponíveis e atualizados. Foram ainda selecionados 6 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 45.

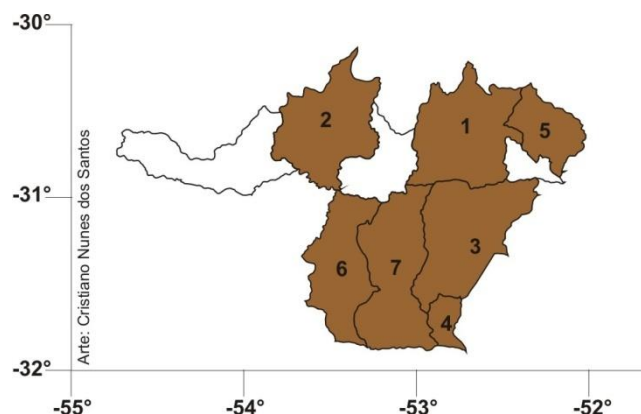


Figura 45 – Mapa da Região 11 – Serra do Sudeste.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 45 são:

1. Encruzilhada do Sul - Pólo
2. Caçapava do Sul
3. Canguçu
4. Cerrito
5. Dom Feliciano
6. Pinheiro Machado
7. Piratini

Para o município de Encruzilhada do Sul, foram analisados 21 anos de dados pluviográficos, no período de 1982 a 2005, num total de 784 chuvas erosivas, com uma média de 37,3 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 252 chuvas erosivas em períodos de ocorrência do fenômeno El Niño, 209 chuvas erosivas em períodos de ocorrência da La Niña e 323 chuvas erosivas em períodos neutros, sem a ocorrência de El Niño ou La Niña.

Na tab. 55 estão apresentadas as médias mensais de precipitação (Fig. 46) e precipitação erosiva do município de Encruzilhada do Sul, nas quatro situações de estudo deste trabalho (meses indiscriminados, meses neutros, meses de El Niño e meses de La Niña).

Observa-se que, ao analisar-se indiscriminadamente a precipitação de Encruzilhada do Sul, tem-se um total médio anual de 1687,0mm de precipitação, com 1342,2mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 79,6% da precipitação média anual do município. Os meses de maior precipitação média são Janeiro, Abril a Julho, Setembro e Outubro com 154,9mm de chuva em média.

Tabela 55 – Características das precipitações médias mensais de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 156,0                     | 133,9   | 168,1   | 171,0   | 129,6                      | 111,0   | 145,4   | 134,5   |
| Fevereiro   | 121,3                     | 126,3   | 144,3   | 90,7    | 94,4                       | 95,2    | 110,4   | 74,0    |
| Março       | 120,2                     | 87,3    | 153,9   | 158,8   | 103,5                      | 73,0    | 121,8   | 140,1   |
| Abril       | 147,2                     | 135,1   | 176,6   | 146,6   | 119,0                      | 115,9   | 129,7   | 112,7   |
| Maio        | 154,3                     | 87,3    | 147,7   | 118,0   | 139,4                      | 148,4   | 126,7   | 136,6   |
| Junho       | 143,3                     | 118,4   | 172,4   | 154,7   | 107,8                      | 92,5    | 113,1   | 139,4   |
| Julho       | 165,5                     | 143,1   | 210,3   | 143,2   | 135,4                      | 109,7   | 191,0   | 118,5   |
| Agosto      | 125,0                     | 101,6   | 170,4   | 104,7   | 97,5                       | 83,7    | 130,6   | 77,0    |
| Setembro    | 161,7                     | 185,9   | 125,7   | 168,7   | 130,5                      | 168,1   | 80,1    | 145,8   |
| Outubro     | 156,2                     | 156,7   | 186,6   | 125,5   | 105,7                      | 84,9    | 137,5   | 93,4    |
| Novembro    | 125,5                     | 116,4   | 170,5   | 89,6    | 89,3                       | 87,7    | 124,2   | 55,3    |
| Dezembro    | 110,8                     | 105,8   | 141,9   | 84,7    | 90,2                       | 98,0    | 100,5   | 71,6    |
| Total Anual | 1687,0                    | 1590,0  | 1968,5  | 1556,2  | 1342,2                     | 1268,3  | 1510,9  | 1299,0  |

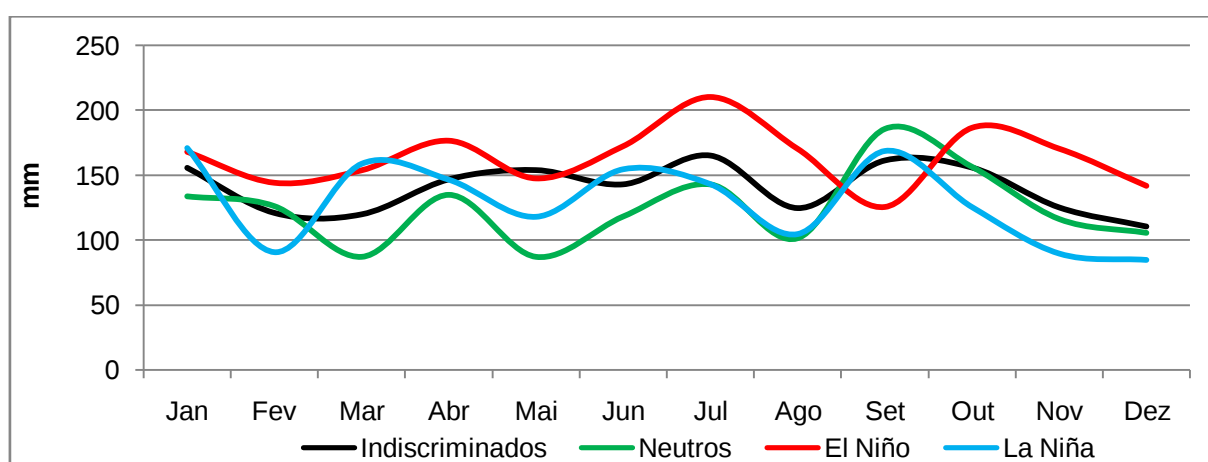


Figura 46 – Precipitação média mensal do município de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005.

Quando analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Encruzilhada do Sul, observa-se um incremento na ordem de 16,7% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e na ausência de ambos os fenômenos, há um decréscimo de 7,8% e 5,8% na precipitação média anual, respectivamente. Durante eventos de El Niño, os meses de maior precipitação mensal são Julho (210,3mm), e Outubro com 186,6mm de precipitação mensal, sendo observado um incremento de chuva em dez dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, o destaque é para o mês de Janeiro com 171,0mm de precipitação mensal em média, mas no aspecto geral, há um

decréscimo da lamina precipitada em oito dos doze meses do ano, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 56 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 47).

Tabela 56 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> e ano <sup>-1</sup> |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>mm h <sup>-1</sup> |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                                | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 1175,1                                                                                                | 1061,6  | 1351,0  | 1137,9  | 27,2                                                      | 25,5    | 33,3    | 23,7    |
| Fevereiro   | 649,9                                                                                                 | 434,5   | 1010,6  | 518,6   | 24,8                                                      | 18,1    | 30,5    | 27,3    |
| Março       | 639,9                                                                                                 | 462,4   | 657,7   | 941,8   | 21,6                                                      | 20,6    | 20,9    | 24,0    |
| Abril       | 742,6                                                                                                 | 732,8   | 767,6   | 733,6   | 24,8                                                      | 22,9    | 33,2    | 18,3    |
| Maio        | 657,4                                                                                                 | 828,4   | 467,2   | 518,4   | 17,0                                                      | 17,6    | 15,7    | 17,3    |
| Junho       | 364,9                                                                                                 | 243,7   | 394,5   | 630,7   | 14,1                                                      | 11,4    | 16,1    | 18,3    |
| Julho       | 452,1                                                                                                 | 415,4   | 603,0   | 285,0   | 14,7                                                      | 16,2    | 14,1    | 10,8    |
| Agosto      | 321,2                                                                                                 | 231,7   | 552,5   | 157,3   | 12,5                                                      | 13,2    | 13,3    | 8,3     |
| Setembro    | 443,1                                                                                                 | 720,4   | 200,7   | 401,1   | 14,2                                                      | 16,3    | 13,1    | 13,1    |
| Outubro     | 596,1                                                                                                 | 531,0   | 891,4   | 389,5   | 18,0                                                      | 17,7    | 19,8    | 16,5    |
| Novembro    | 537,8                                                                                                 | 651,9   | 836,2   | 174,3   | 19,9                                                      | 21,8    | 24,4    | 14,4    |
| Dezembro    | 879,9                                                                                                 | 1018,3  | 1079,0  | 532,2   | 28,2                                                      | 30,0    | 26,3    | 28,9    |
| Total Anual | 7460,2                                                                                                | 7332,2  | 8811,3  | 6420,3  | 19,7                                                      | 19,3    | 21,7    | 18,4    |
|             |                                                                                                       |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

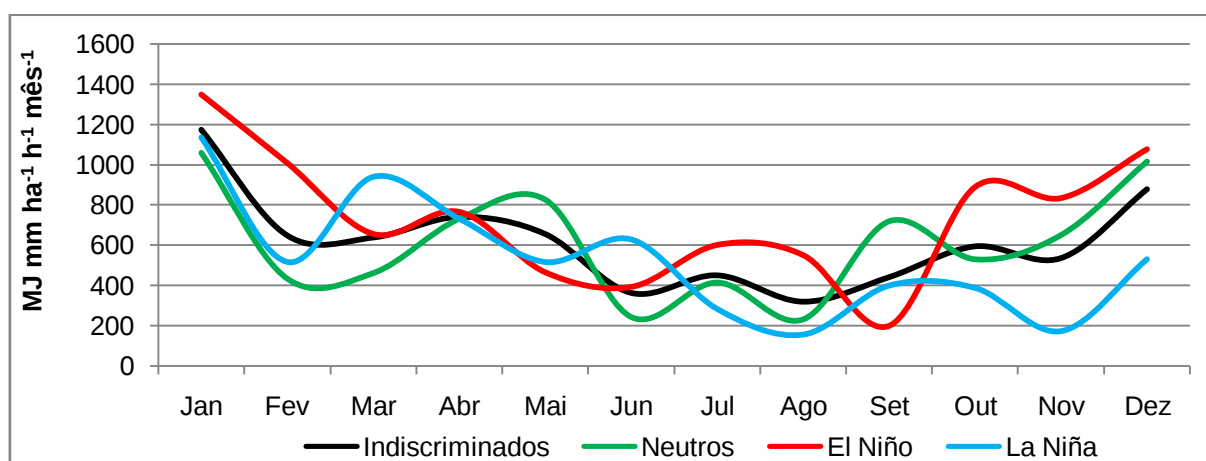


Figura 47 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Encruzilhada do Sul, RS. Período de 1982 a 2005.

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Encruzilhada do Sul apresentam-se mais elevados entre os meses de Novembro a Abril, com intensidade máxima de 28,2mm h<sup>-1</sup> em Dezembro, enquanto que o mês de Agosto

apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $12,5 \text{ mm h}^{-1}$ . Observa-se um incremento na média anual durante eventos de El Niño na ordem de 10,1%, e em meses de ocorrência de La Niña e meses neutros observam-se um decréscimo na média anual de 6,8% e 2,3%, respectivamente. O mês de Janeiro e Abril durante o El Niño são os que apresentaram a maior média mensal, com  $33,3 \text{ mm h}^{-1}$  de intensidade máxima de precipitação em 30', seguido de Dezembro em La Niña com  $28,9 \text{ mm h}^{-1}$ .

Os índices de erosividade das chuvas de Encruzilhada do Sul apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $7460,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com 63,6% do potencial erosivo das chuvas concentrado entre os meses de Dezembro a Maio, sendo o mês de Janeiro o mais erosivo, com  $1175,1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  (muito alta erosividade), e o menos erosivo é Agosto com  $321,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  (baixa erosividade).

Quando analisados os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Encruzilhada do Sul, observa-se um incremento nos valores na ordem de 18,1% em períodos de ocorrência do El Niño, com um total anual médio de  $8811,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Mensalmente o El Niño se mostrou mais erosivo em dez meses do ano, com destaque para Janeiro com  $1351,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  e Fevereiro e Dezembro com  $1044,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em média. Em períodos de ocorrência da La Niña, e durante os meses neutros, observa-se um decréscimo do potencial erosivo anual das chuvas do município, com queda de 13,9% e 1,7% respectivamente. Porém, mensalmente foram observados incrementos significativos do potencial erosivo das chuvas nos meses de Março (47,2%) e Junho (72,9%) durante La Niña. Durante os meses neutros, os índices de erosividade mensal se mantêm abaixo de  $830,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  chegando a  $231,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em Agosto. As exceções são Janeiro com  $1061,6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  e Dezembro com  $1018,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

As equações de correlação (tab. 57 e 58) obtidas para o município de Encruzilhada do Sul servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Caçapava do Sul, Canguçu, Cerrito, Dom Feliciano, Pinheiro Machado e Piratini.

Tabela 57 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Encruzilhada do Sul, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                                         | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                                                  | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 0,6639 p>10 <sup>1,4913</sup>              | 0,74           | El <sub>30</sub> = 14,0053 p>10 –493,5450                      | 0,71           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 3,7249 p>10 <sup>1,1105</sup>              | 0,68           | El <sub>30</sub> = 151,1341 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5168</sup>  | 0,80           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 1,0803 p>10 <sup>1,3419</sup>              | 0,93           | El <sub>30</sub> = 132,4876 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7111b</sup> | 0,94           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 52,3034 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9801</sup>  | 0,81           | El <sub>30</sub> = 0,2789 p>10 <sup>1,6103</sup>               | 0,73           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 0,2517 p>10 <sup>1,5536</sup>              | 0,88           | El <sub>30</sub> = 0,3010 p>10 <sup>1,5346</sup>               | 0,86           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 38,7345 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9431</sup>  | 0,75           | El <sub>30</sub> = 0,2838 p>10 <sup>1,4567</sup>               | 0,70           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 2,6676 p>10 <sup>1,0165</sup>              | 0,68           | El <sub>30</sub> = 3,8476 p>10 <sup>0,9638</sup>               | 0,68           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 50,4075 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7822</sup>  | 0,80           | El <sub>30</sub> = 107,8214 Rc <sub>m</sub> <sup>0,4066</sup>  | 0,70           |
| Set | El <sub>30</sub> = 64,2874 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6713</sup>  | 0,82           | El <sub>30</sub> = 65,0906 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7272</sup>   | 0,87           |
| Out | El <sub>30</sub> = 56,0284 Rc <sub>m</sub> – 47,7298          | 0,89           | El <sub>30</sub> = 77,5306 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9095</sup>   | 0,97           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 0,5121 p>10 <sup>1,4794</sup>              | 0,81           | El <sub>30</sub> = 0,3334 p>10 <sup>1,6238</sup>               | 0,82           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 187,9908 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6174</sup> | 0,72           | El <sub>30</sub> = 139,8104 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8552</sup>  | 0,92           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,79 para meses indiscriminados e 0,81 para meses neutros.

Tabela 58 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Encruzilhada do Sul, RS.

| Mês | Meses El Niño                                                 | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Jan | El <sub>30</sub> = 16,6794 p>10 <sup>0,8794</sup>             | 0,61           | El <sub>30</sub> = 102,0819 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7807</sup> | 0,84           |
| Fev | El <sub>30</sub> = 216,5675 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6534</sup> | 0,79           | El <sub>30</sub> = 37,4785 p>10 <sup>0,6055</sup>             | 0,55           |
| Mar | El <sub>30</sub> = 103,8722 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7458</sup> | 0,89           | El <sub>30</sub> = 1,6254 p>10 <sup>1,2535</sup>              | 0,88           |
| Abr | El <sub>30</sub> = 12,5514 p>10 –859,8166                     | 0,73           | El <sub>30</sub> = 0,0577 p>10 <sup>1,9374</sup>              | 0,98           |
| Mai | El <sub>30</sub> = 42,5515 Rc <sub>m</sub> <sup>0,9453</sup>  | 0,99           | El <sub>30</sub> = 0,0281 p>10 <sup>1,9851</sup>              | 0,99           |
| Jun | El <sub>30</sub> = 73,1203 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7460</sup>  | 0,92           | El <sub>30</sub> = 4,0956 p>10 <sup>1,0190</sup>              | 0,62           |
| Jul | El <sub>30</sub> = 0,0602 p>10 <sup>1,7439</sup>              | 0,91           | El <sub>30</sub> = 0,0548 p>10 <sup>1,7419</sup>              | 0,79           |
| Ago | El <sub>30</sub> = 0,0853 p>10 <sup>1,7201</sup>              | 0,95           | El <sub>30</sub> = 35,2853 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8338</sup>  | 0,92           |
| Set | El <sub>30</sub> = 64,2495 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6359</sup>  | 0,68           | El <sub>30</sub> = 1,2189 p>10 <sup>1,1561</sup>              | 0,91           |
| Out | El <sub>30</sub> = 94,8292 Rc <sub>m</sub> <sup>0,7319</sup>  | 0,85           | El <sub>30</sub> = 2,1572 p>10 <sup>1,1144</sup>              | 0,45           |
| Nov | El <sub>30</sub> = 65,8249 Rc <sub>m</sub> <sup>0,8763</sup>  | 0,93           | El <sub>30</sub> = 1,8992 p>10 <sup>1,0819</sup>              | 0,62           |
| Dez | El <sub>30</sub> = 149,3067 Rc <sub>m</sub> <sup>0,6150</sup> | 0,68           | El <sub>30</sub> = 239,8579 Rc <sub>m</sub> <sup>0,5376</sup> | 0,88           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,83 para meses de El Niño e de 0,79 para meses de La Niña.

#### 4.11 Região 12 – Região das Grandes Lagoas

A Região 12 – Região das Grandes Lagoas é composta por 16 municípios, sendo escolhido como município pólo, por possuir registros pluviográficos disponíveis e atualizados, o município de Pelotas. Dos municípios restantes foram selecionados 6 municípios com registros pluviométricos atualizados para compor o mapa apresentado na Fig. 48.

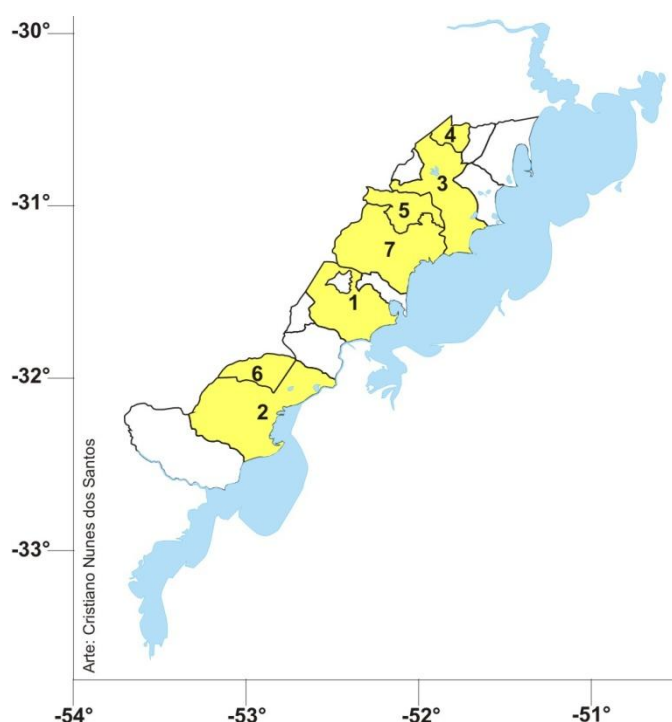


Figura 48 – Mapa da Região 12 – Região das Grandes Lagoas.

Os municípios em destaque no mapa da Fig. 48 são:

1. Pelotas - Pólo
2. Arroio Grande
3. Camaquã
4. Cerro Grande do Sul
5. Cristal
6. Pedro Osório
7. São Lourenço do Sul

Foram analisados, para o município de Pelotas, 45 anos de dados pluviográficos, no período de 1961 a 2005, num total de 1589 chuvas erosivas, com uma média de 35,3 chuvas erosivas por ano. Deste total, foram 706 chuvas erosivas em meses neutros, 496 chuvas erosivas em meses de ocorrência do fenômeno El Niño e 387 chuvas erosivas em meses de ocorrência da La Niña.

Na tab. 59 estão apresentadas as médias mensais de precipitação a (Fig. 49) e precipitação erosiva do município de Pelotas.

Indiscriminadamente a precipitação de Pelotas, tem um total médio anual de 1357,3mm de precipitação, com 1123,7mm de precipitação erosiva ao ano, o que equivale a 82,8% da precipitação anual do município. Os meses de maior precipitação mensal média são Fevereiro e Julho a Setembro, com 131,7mm em média.

Tabela 59 – Características das precipitações médias mensais de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.

| Mês         | Precipitação Mensal<br>mm |         |         |         | Precipitação Erosiva<br>mm |         |         |         |
|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                    | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                     | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 111,5                     | 95,1    | 101,1   | 138,2   | 85,4                       | 72,5    | 72,0    | 109,2   |
| Fevereiro   | 137,0                     | 141,6   | 188,7   | 82,2    | 110,4                      | 108,0   | 151,0   | 74,1    |
| Março       | 112,6                     | 115,1   | 109,3   | 110,2   | 90,2                       | 96,4    | 77,4    | 88,8    |
| Abril       | 99,7                      | 111,4   | 118,1   | 58,6    | 93,9                       | 111,9   | 105,5   | 47,9    |
| Maio        | 99,5                      | 115,1   | 113,2   | 90,7    | 81,8                       | 86,7    | 85,9    | 68,9    |
| Junho       | 106,0                     | 104,5   | 117,1   | 96,6    | 90,0                       | 95,4    | 91,8    | 74,6    |
| Julho       | 134,5                     | 140,9   | 134,6   | 116,7   | 113,9                      | 128,0   | 110,5   | 80,3    |
| Agosto      | 121,1                     | 99,2    | 170,4   | 124,2   | 100,2                      | 84,2    | 137,0   | 97,6    |
| Setembro    | 134,4                     | 146,9   | 134,4   | 114,5   | 112,7                      | 129,1   | 110,6   | 88,8    |
| Outubro     | 102,0                     | 87,6    | 137,6   | 84,1    | 79,8                       | 63,8    | 110,2   | 67,7    |
| Novembro    | 97,7                      | 103,2   | 115,9   | 73,9    | 81,2                       | 87,6    | 91,3    | 64,1    |
| Dezembro    | 101,4                     | 106,3   | 116,5   | 81,4    | 84,1                       | 84,5    | 104,5   | 61,6    |
| Total Anual | 1357,3                    | 1349,0  | 1557,0  | 1171,3  | 1123,7                     | 1147,9  | 1247,6  | 923,6   |

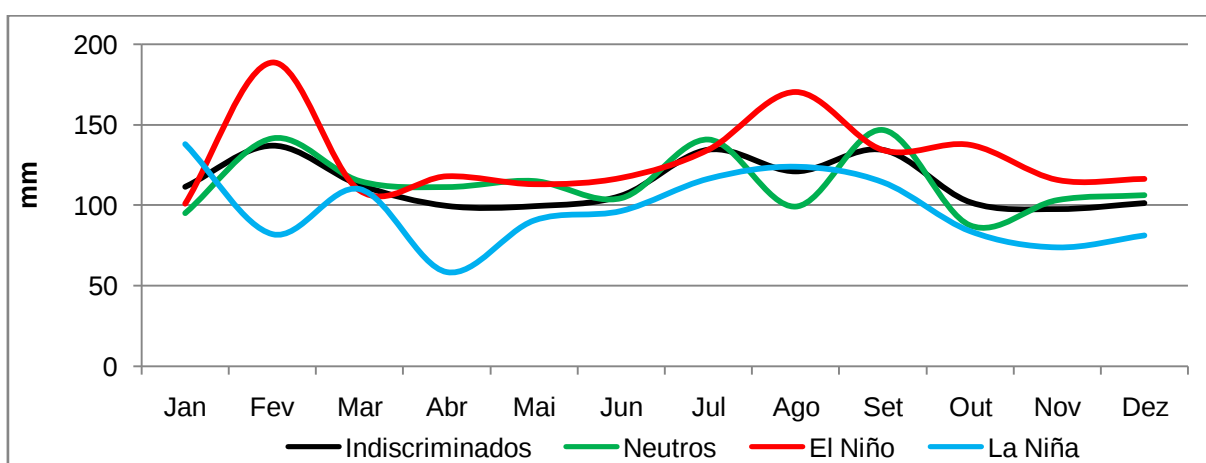


Figura 49 – Precipitação média mensal do município de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.

Analisado o efeito do fenômeno ENOS no regime pluviométrico de Pelotas, observa-se um incremento na ordem de 14,7% na precipitação média anual durante as ocorrências do El Niño, enquanto que em ocorrências da La Niña e em meses neutros, há um decréscimo de 13,7% e 0,6% na precipitação média anual,

respectivamente. Destaque para o mês de Fevereiro com 188,7mm e Agosto com 170,4mm de precipitação média durante eventos de El Niño, representando um incremento no valor indiscriminado dos meses de 37,7% e 40,8%, respectivamente. Ainda é observado um incremento de chuva em dez dos doze meses do ano. Em períodos de La Niña, em Fevereiro e Abril há um decréscimo da lamina precipitada de até 41,0%, quando comparados com a série indiscriminada.

Na tab. 60 estão apresentados os valores de intensidades máximas de precipitação médias mensais e os índices médios mensais de erosividade das chuvas do município (Fig. 50).

Tabela 60 – Características dos índices médios mensais de erosividade e intensidades de precipitação de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.

| Mês         | Índice de Erosividade<br>$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1} \text{ e ano}^{-1}$ |         |         |         | Intensidade Máxima Precipitação 30'<br>$\text{mm h}^{-1}$ |         |         |         |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|             | Indisc                                                                                             | Neutros | El Niño | La Niña | Indisc                                                    | Neutros | El Niño | La Niña |
| Janeiro     | 533,0                                                                                              | 320,4   | 393,9   | 847,0   | 22,8                                                      | 18,8    | 20,6    | 28,5    |
| Fevereiro   | 1096,0                                                                                             | 1036,6  | 1629,5  | 661,4   | 26,8                                                      | 27,4    | 27,6    | 25,1    |
| Março       | 501,0                                                                                              | 554,8   | 296,8   | 581,5   | 21,6                                                      | 21,5    | 17,4    | 25,9    |
| Abril       | 432,6                                                                                              | 539,2   | 572,4   | 110,9   | 16,7                                                      | 18,2    | 21,4    | 10,1    |
| Maio        | 423,5                                                                                              | 614,0   | 239,1   | 261,7   | 15,0                                                      | 15,9    | 12,2    | 16,1    |
| Junho       | 287,8                                                                                              | 310,4   | 325,1   | 187,0   | 13,3                                                      | 12,8    | 15,1    | 12,6    |
| Julho       | 301,0                                                                                              | 355,2   | 257,2   | 209,9   | 10,9                                                      | 10,8    | 10,8    | 11,0    |
| Agosto      | 313,6                                                                                              | 226,8   | 586,5   | 198,9   | 13,1                                                      | 13,2    | 14,7    | 10,8    |
| Setembro    | 426,2                                                                                              | 493,3   | 367,3   | 391,4   | 14,9                                                      | 14,1    | 15,5    | 15,5    |
| Outubro     | 275,2                                                                                              | 171,2   | 440,5   | 228,6   | 14,2                                                      | 11,5    | 16,9    | 14,5    |
| Novembro    | 440,6                                                                                              | 465,9   | 367,7   | 493,4   | 20,0                                                      | 20,1    | 15,8    | 24,4    |
| Dezembro    | 571,4                                                                                              | 471,9   | 849,5   | 378,9   | 22,5                                                      | 21,5    | 24,9    | 21,0    |
| Total Anual | 5601,9                                                                                             | 5559,9  | 6325,5  | 4550,6  | 17,6                                                      | 17,1    | 17,7    | 18,0    |
|             |                                                                                                    |         |         |         | Média Anual                                               |         |         |         |

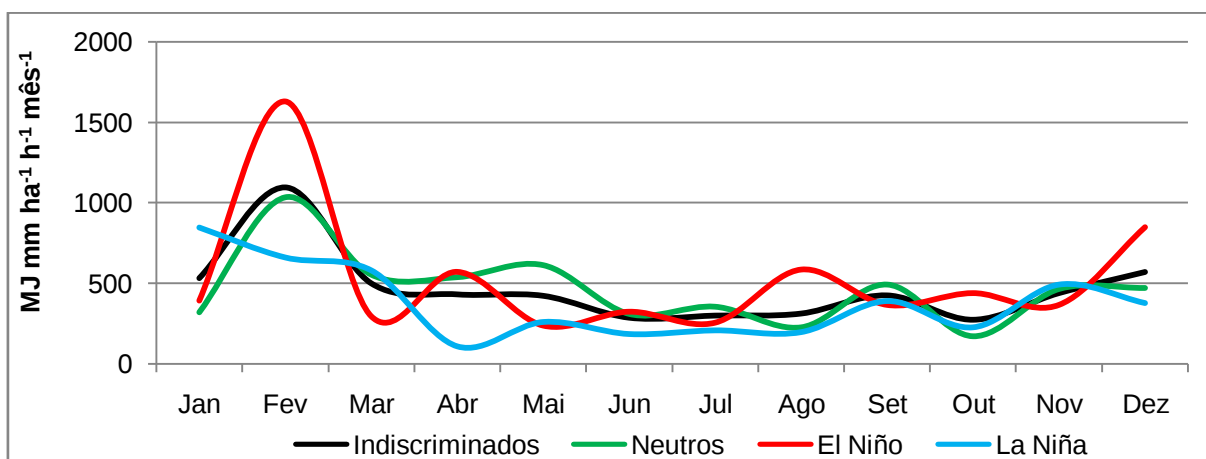


Figura 50 – Índices médios mensais da erosividade das chuvas do município de Pelotas, RS. Período de 1961 a 2005.

Os valores de intensidade máxima de precipitação em 30' em Pelotas apresentam-se mais elevados nos meses de Novembro a Março, com intensidade máxima de  $26,8\text{mm h}^{-1}$  em Fevereiro, enquanto que o mês de Julho apresenta a menor média mensal de intensidade máxima, com  $10,9\text{mm h}^{-1}$ . Observa-se um incremento na média anual durante eventos de El Niño com 0,5% e em La Niña, com 1,8%, e um decréscimo durante os meses neutros de 2,8%.

Os índices de erosividade das chuvas de Pelotas apresentaram, quando avaliadas indiscriminadamente, um total médio anual de  $5601,9\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . Entre os meses de Novembro a Abril concentram-se 63,8% do potencial erosivo das chuvas, sendo o mês de Fevereiro o mais erosivo, com  $1096,0\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , e o menos erosivo é Outubro com  $275,2\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , classificados como de muito alta erosividade e baixa erosividade respectivamente.

Analisado os efeitos do El Niño e La Niña sobre os índices de erosividade das chuvas de Pelotas, se observa um incremento no valor anual em períodos de ocorrência do El Niño de 12,9% com  $6325,5\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . Mensalmente em El Niño os destaques são para o mês de Fevereiro e Dezembro, com 48,7% de incremento no potencial erosivo das suas chuvas. Em períodos de ocorrência da La Niña, observa-se um decréscimo de 18,8% do índice anual de erosividade das chuvas do município. Entre os meses que ainda apresentaram incremento nos índices de erosividade em La Niña, destaque para Janeiro com  $847,0\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , o equivalente a um incremento de 58,9% do potencial erosivo das chuvas para o mês.

As equações de correlação (tab. 61 e 62) obtidas para o município de Pelotas servem para a determinação dos índices de erosividade dos municípios de Arroio Grande, Camaquã, Cerro Grande do Sul, Cristal, Pedro Osório e São Lourenço do Sul

Tabela 61 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses indiscriminados e neutros dos municípios do entorno de Pelotas, RS.

| Mês | Meses Indiscriminados                | R <sup>2</sup> | Meses Neutros                        | R <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 108,9752 R_{cm}^{0,7067}$ | 0,79           | $El_{30} = 83,8800 R_{cm}^{0,8407}$  | 0,77           |
| Fev | $El_{30} = 0,9295 p > 10^{1,4459}$   | 0,84           | $El_{30} = 0,8566 p > 10^{1,4550}$   | 0,82           |
| Mar | $El_{30} = 1,8298 p > 10^{1,2002}$   | 0,77           | $El_{30} = 1,9786 p > 10^{1,1827}$   | 0,70           |
| Abr | $El_{30} = 55,0688 R_{cm}^{0,8277}$  | 0,76           | $El_{30} = 44,3084 R_{cm}^{0,9469}$  | 0,81           |
| Mai | $El_{30} = 62,2757 R_{cm}^{0,7784}$  | 0,81           | $El_{30} = 64,2384 R_{cm}^{0,8599}$  | 0,85           |
| Jun | $El_{30} = 1,2524 p > 10^{1,1618}$   | 0,76           | $El_{30} = 0,5710 p > 10^{1,3208}$   | 0,82           |
| Jul | $El_{30} = 0,1018 p > 10^{1,6388}$   | 0,81           | $El_{30} = 0,0676 p > 10^{1,7080}$   | 0,82           |
| Ago | $El_{30} = 0,6693 p > 10^{1,2883}$   | 0,80           | $El_{30} = 59,8206 R_{cm}^{0,6145}$  | 0,77           |
| Set | $El_{30} = 0,7650 p > 10^{1,2909}$   | 0,70           | $El_{30} = 0,5346 p > 10^{1,3581}$   | 0,85           |
| Out | $El_{30} = 61,0385 R_{cm}^{0,7022}$  | 0,71           | $El_{30} = 54,3029 R_{cm}^{0,5910}$  | 0,67           |
| Nov | $El_{30} = 82,6162 R_{cm}^{0,7652}$  | 0,80           | $El_{30} = 101,0925 R_{cm}^{0,6456}$ | 0,82           |
| Dez | $El_{30} = 84,2389 R_{cm}^{0,8412}$  | 0,80           | $El_{30} = 54,0490 R_{cm}^{0,9823}$  | 0,78           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,78 para meses indiscriminados e 0,79 para meses neutros.

Tabela 62 – Equações de correlação para determinação dos índices de erosividade em meses de El Niño e La Niña dos municípios do entorno de Pelotas, RS.

| Mês | Meses El Niño                       | R <sup>2</sup> | Meses La Niña                        | R <sup>2</sup> |
|-----|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Jan | $El_{30} = 0,7491 p > 10^{1,4243}$  | 0,77           | $El_{30} = 1,5171 p > 10^{1,3243}$   | 0,85           |
| Fev | $El_{30} = 1,2970 p > 10^{1,3809}$  | 0,84           | $El_{30} = 0,7582 p > 10^{1,5084}$   | 0,83           |
| Mar | $El_{30} = 2,0297 p > 10^{1,1213}$  | 0,90           | $El_{30} = 123,0676 R_{cm}^{0,6460}$ | 0,75           |
| Abr | $El_{30} = 1,2014 p > 10^{1,2772}$  | 0,84           | $El_{30} = 42,2844 R_{cm}^{0,6671}$  | 0,57           |
| Mai | $El_{30} = 67,0419 R_{cm}^{0,6330}$ | 0,71           | $El_{30} = 1,1252 p > 10^{1,2419}$   | 0,84           |
| Jun | $El_{30} = 2,4139 p > 10^{1,0647}$  | 0,79           | $El_{30} = 4,1408 p > 10^{0,8531}$   | 0,67           |
| Jul | $El_{30} = 0,3554 p > 10^{1,3822}$  | 0,79           | $El_{30} = 0,1817 p > 10^{1,5442}$   | 0,84           |
| Ago | $El_{30} = 60,1480 R_{cm}^{0,7489}$ | 0,87           | $El_{30} = 44,5999 R_{cm}^{0,6019}$  | 0,83           |
| Set | $El_{30} = 0,4483 p > 10^{1,3954}$  | 0,58           | $El_{30} = 76,8412 R_{cm}^{0,6042}$  | 0,53           |
| Out | $El_{30} = 94,5080 R_{cm}^{0,6003}$ | 0,53           | $El_{30} = 55,8462 R_{cm}^{0,7997}$  | 0,84           |
| Nov | $El_{30} = 0,2767 p > 10^{1,5457}$  | 0,84           | $El_{30} = 89,9296 R_{cm}^{0,9260}$  | 0,90           |
| Dez | $El_{30} = 0,4969 p > 10^{1,5297}$  | 0,86           | $El_{30} = 94,2360 R_{cm}^{0,8089}$  | 0,82           |

Obs: R<sup>2</sup> médio de 0,78 para meses de El Niño e de 0,77 para meses de La Niña.

## 4.12 Linhas isoerodentes

### 4.12.1 Linhas isoerodentes anuais

Na Fig. 51 estão representadas as isoerodentes anuais do Estado do Rio Grande do Sul para cada uma das seguintes situações:

- Índices de erosividade calculados indiscriminadamente, sem considerar a ocorrência ou não do fenômeno ENOS;
- Índices de erosividade calculados para eventos neutros;
- Índices de erosividade calculados para eventos de El Niño;
- Índices de erosividade calculados para eventos de La Niña.

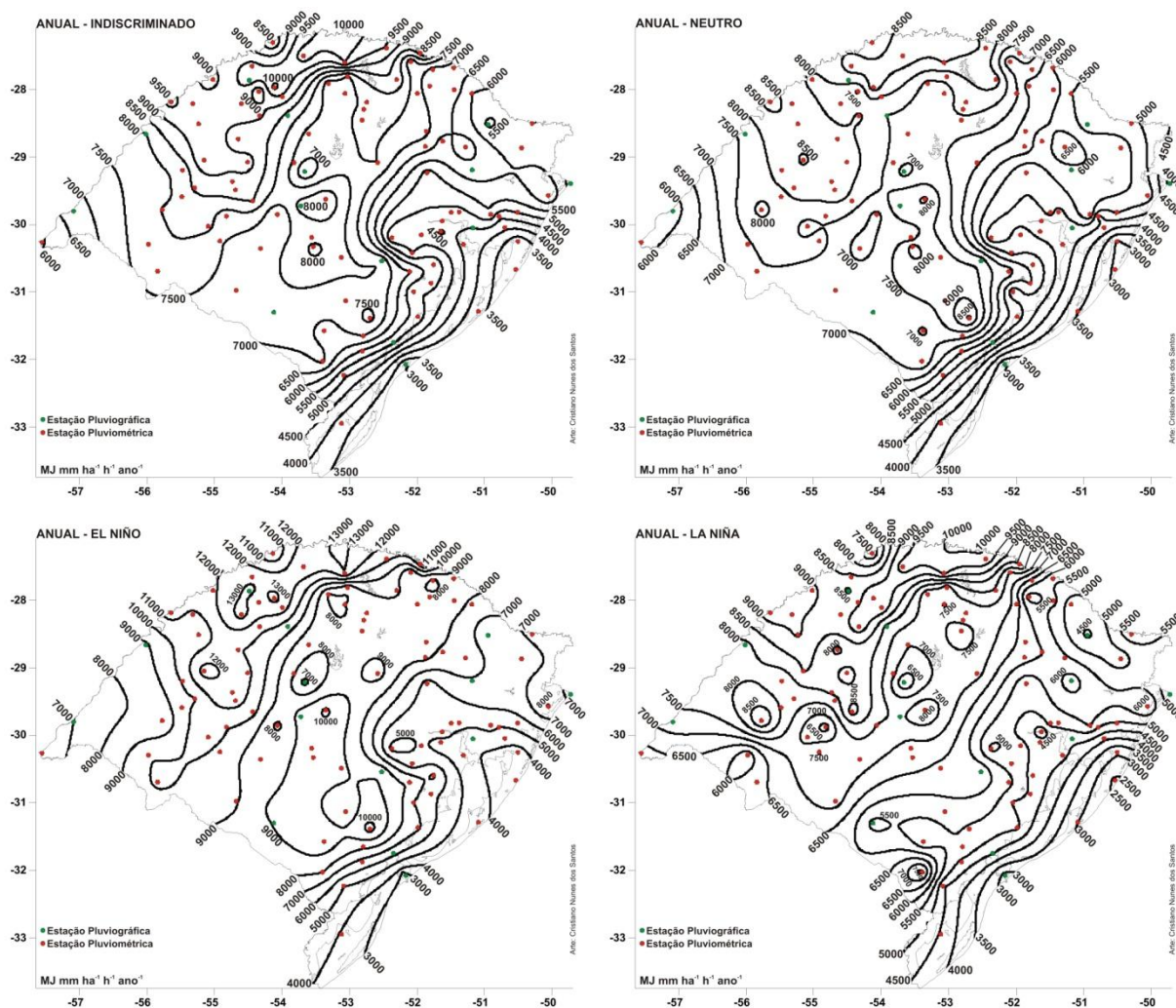


Figura 51 – Isoerodentes anuais do Estado do Rio Grande do Sul.

As linhas isoerodentes indiscriminadas apresentam valores que variam de 3000,0 a 10000,0 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> na área do Estado do Rio Grande do Sul. Observa-se que a parte centro-sul do Litoral e leste da Depressão Central apresentam valores de erosividade anual classificados como de baixa erosividade segundo Larios (2007). Nesta faixa encontram-se os municípios de Barra do Ribeiro, Charqueadas, Eldorado do Sul, Glorinha, Montenegro, Mostardas, Palmares do Sul, Pântano Grande, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Tavares, Triunfo e Viamão. Por predominar nesta região uma topografia de relevo plano a suave ondulado, e com a agricultura predominando o arroz irrigado e culturas de verão, os efeitos da erosividade não apresentam riscos consideráveis anualmente.

Na faixa dos valores de média erosividade (4910,0 a 7365,0 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) temos os municípios de Antônio Prado, Arroio Grande, Bagé, Barra do Quaraí, Barracão, Bom Jesus, Butiá, Camaquã, Casca, Caxias do Sul, Cerrito, Cerro Grande do Sul, Cristal, Cruz Alta, Dom Feliciano, Dom Pedrito, Encantado, Esmeralda, Gravataí, Guaporé, Guarama, Herval, Jaquirana, Julio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Nova Prata, Paim Filho, Palmeira das Missões, Pedro Osório, Pelotas, Pinheiro Machado, Piratini, Quevedos, Sananduva, Santo Antônio da Patrulha, São Gabriel, São Jerônimo, São Lourenço do Sul, Tapejara, Terra de Areia, Torres, Uruguaiana e Vacaria, 41,0% dos municípios estudados. Nestes municípios a capacidade erosiva das chuvas já apresenta riscos de aceleração no processo de erosão, pois atingem áreas de topografia acidentada, como a região da Serra do Nordeste, por exemplo. Em propriedades onde ainda persistam técnicas de cultivo convencionais, torna-se necessário o emprego de técnicas conservacionistas, no intuito de controlar e minimizar os riscos de erosão existentes.

Com valores de 7365,0 a 9820,0 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, a faixa de alta erosividade abrange 42,9% dos municípios estudados: Alegrete, Barros Cassal, Caçapava do Sul, Cacequi, Cachoeira do Sul, Canguçu, Capão do Cipó, Carazinho, Catuípe, Chapada, Coqueiros do Sul, Dona Francisca, Encruzilhada do Sul, Entre Ijuís, Erebango, Garruchos, Giruá, Guarani das Missões, Ijuí, Itaqui, Itatiba do Sul, Jaguari, Manoel Viana, Marcelino Ramos, Não-Me-Toque, Porto Lucena, Quaraí, Rosário do Sul, Santa Maria, Santa Rosa, Santana do Livramento, Santiago, Santo Antônio das Missões, São Borja, São Francisco de Assis, São Miguel das Missões, São Nicolau, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Sarandi, Tiradentes do Sul, Tucunduva, Tupanciretã e Unistalda. Pela ampla variação de combinações

possíveis de relevo, coberturas vegetais e solos pode-se concluir que há elevado risco de degradação acelerada da capacidade produtiva dos solos, pela erosão hídrica. Em alguns municípios desta área temos uma combinação potencialmente perigosa de aceleração do processo de erosão: solos rasos, topografia acidentada, elevada erosividade das chuvas e uso intensivo do solo. Um planejamento conservacionista associado a um manejo de culturas racional é extremamente necessário nesta região, principalmente para as culturas de verão, quando o solo está mais suscetível a ação do alto potencial erosivo das chuvas do período. A possibilidade do emprego de rotações de culturas que possibilitem uma cobertura constante do solo é altamente recomendada.

E com valores de erosividade anual superiores a  $9820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , classificados com de muito alta erosividade, os municípios de Independência, Liberato Salzano e Miraguai merecem uma atenção especial, com um programa de manejo e conservação do solo constante em todas as épocas do ano, preconizando-se o uso racional do solo conforme sua capacidade de uso e aptidão agrícola.

Os dados mostram que as isoerodentes crescem da faixa litorânea em direção ao interior do Estado, no sentido sudeste a noroeste, e que 83,8% dos municípios estudados está submetida a índices de erosividade entre 4910,0 e  $9820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Em eventos de El Niño, se observa que há um aumento nos valores das isoerodentes, com uma variação de 3000,0 a  $13000,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Este comportamento é por sua vez preocupante, pois é decorrente de um aumento significativo nos índices de erosividade anual de vários municípios do Estado durante o El Niño, sendo que dos 105 municípios estudados, 31 municípios apresentaram valores de erosividade anual superior a  $9820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . São eles: Cacequi, Canguçu, Capão do Cipó, Catuípe, Dona Francisca, Entre Ijuís, Garruchos, Giruá, Guarani das Missões, Ijuí, Independência, Itaquí, Itatiba do Sul, Jaguarí, Liberato Salzano, Marcelino Ramos, Miraguai, Porto Lucena, Quaraí, Santa Rosa, Santana do Livramento, Santiago, Santo Antônio das Missões, São Francisco de Assis, São Miguel das Missões, São Nicolau, São Pedro do Sul, São Vicente do Sul, Tiradentes do Sul, Tucunduva e Unistalda. Este comportamento evidencia e comprova a influência do fenômeno El Niño nos índices de erosividade do Estado do Rio Grande do Sul, o que torna necessário um cuidado maior com os métodos de manejo do solo durante períodos de ocorrência do El Niño. Graças às previsões

antecipadas dos órgãos de monitoramento do ENOS, é possível evitar-se uma aceleração do processo erosivo do solo através do emprego de rotações de culturas e técnicas conservacionistas que possibilitem uma cobertura eficiente do solo e uma drenagem eficaz do terreno, diminuindo-se assim as perdas de solo devido às altas erosividades provocadas pelo El Niño.

Em eventos de La Niña, as isoerodentes variam de 2500,0 a 10000MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, semelhante ao comportamento das isoerodentes indiscriminadas. A diferença é o menor número de municípios com valores anuais na faixa de muito alta erosividade e alta erosividade, quando comparados aos valores indiscriminados e de El Niño. Ao todo são 37 municípios, dos 105 estudados, com índice de erosividade anual acima de 7365,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto que os valores indiscriminados apresentaram 48 municípios e os valores de El Niño apresentaram 71 municípios. Temos ainda 49 municípios com valores anuais de erosividade classificados como média erosividade, 18 municípios com valores anuais de erosividade classificados como baixa e erosividade, e um diferencial não observado nas outras situações de estudo deste trabalho: 1 município com valores de erosividade anual classificado como muito baixa erosividade. Este município é Mostardas, no Litoral, com 2415,7MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os municípios com valores de erosividade anual classificados como alta erosividade são: Alegrete, Capão do Cipó, Catuípe, Chapada, Dona Francisca, Entre Ijuís, Erebangó, Garruchos, Giruá, Guaramá, Guarani das Missões, Herval, Ijuí, Independência, Itaqui, Jaguarí, Liberato Salzano, Manoel Viana, Marcelino Ramos, Miraguai, Não-Me-Toque, Porto Lucena, Quevedos, Rosário do Sul, Santa Maria, Santa Rosa, Santiago, Santo Antônio das Missões, São Borja, São Francisco de Assis, São Miguel das Missões, São Nicolau, São Pedro do Sul, Tucunduva, Unistalda e Uruguaiana. Itatiba do Sul foi o único município com erosividade anual classificado como muito alta erosividade.

Os índices de erosividade neutros são semelhantes aos indiscriminados, com o diferencial de não haver municípios apresentando valores de erosividade acima de 8900,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Em todas as situações estudadas, os índices de erosividade apresentam um comportamento de crescimento dos seus valores com sentido sudeste à noroeste, com os menores valores na faixa litorânea do Estado e os maiores valores na região do Alto Vale do Uruguai.

#### 4.12.2 Linhas isoerodentes mensais

O mês de Janeiro (Fig. 52), quando analisado indiscriminadamente, apresenta o 2º maior número de municípios situados dentro das faixas de alta e muito alta erosividade, 78 municípios, dos 105 estudados. Em períodos de El Niño, este número sobe para 83 municípios e em La Niña para 93 municípios, sendo então o mês com o maior número de municípios com valores de erosividade acima de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Em períodos neutros, este número desce para 36, havendo uma maior concentração de municípios na faixa de média erosividade.

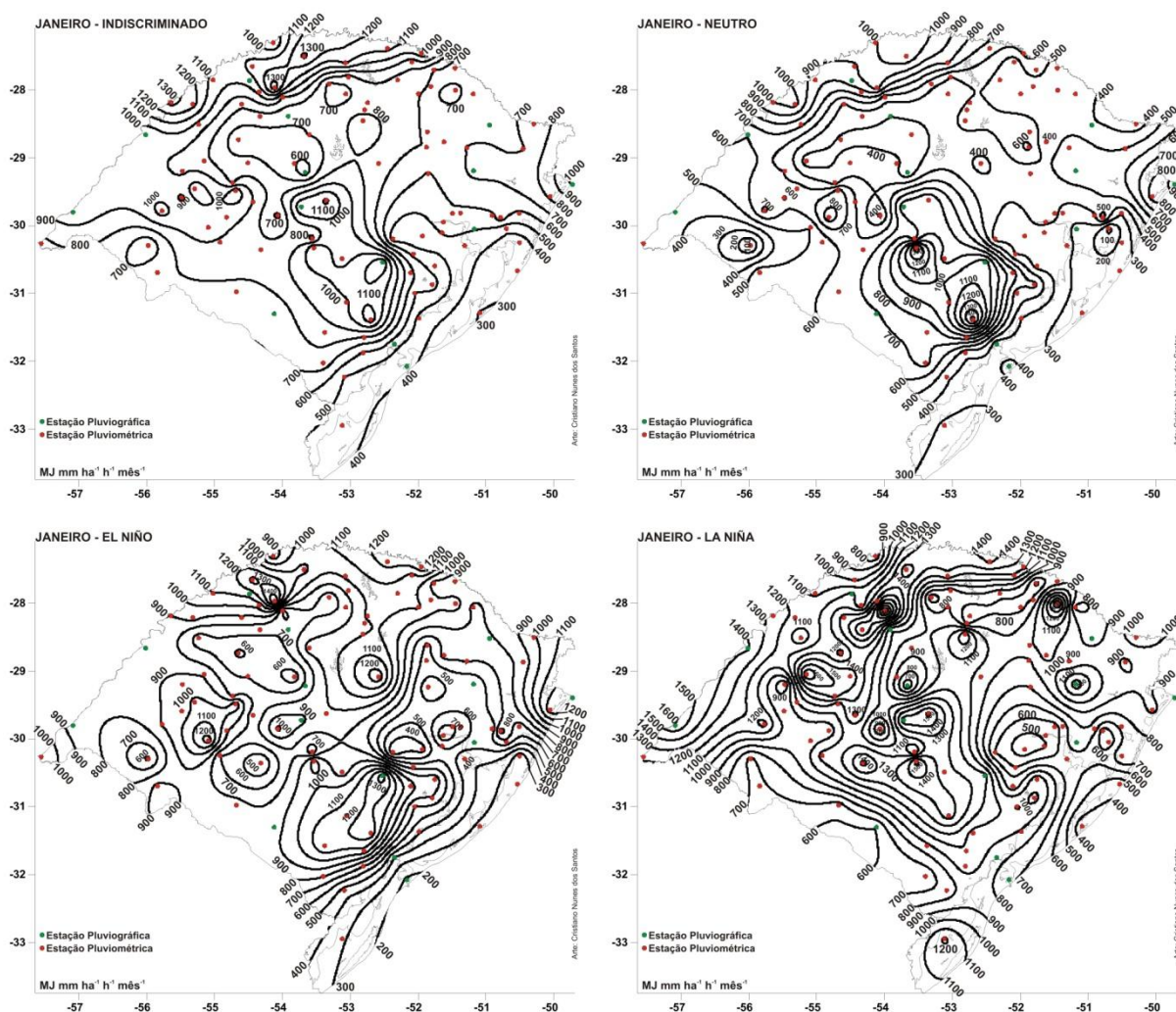


Figura 52 – Isoerodentes do mês de Janeiro.

Indiscriminadamente, os destaques são para os municípios pólos de São Borja, Uruguaiana, Torres, Santa Rosa, Santa Maria e Encruzilhada do Sul, todos com índices de erosividade acima de  $820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Observa-se um

comportamento das isoreodentes semelhantes ao comportamento anual, com maior erosividade no norte e fronteira oeste do Estado, com uma região de alta erosividade nas proximidades de Encruzilhada do Sul. Em eventos de El Niño, há um acréscimo de erosividade na região de Torres e em Encruzilhada do Sul. Em eventos de La Niña, este incremento é mais evidente nas regiões de Santa Rosa e Santa Vitória do Palmar. Em Uruguaiana os índices de erosividade podem ultrapassar  $1600,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Em períodos neutros, observa-se um decréscimo dos índices de erosividade, com os índices mais elevados em Encruzilhada do Sul e seu entorno.

Com exceção dos períodos neutros, nas outras três situações de estudo, mais de 74,0% do Estado apresenta chuvas de alto poder erosivo, tornando-se necessário um rigoroso manejo de solo, principalmente no Alto Vale do Uruguai, Serra do Sudeste, Campanha, São Borja – Itaqui, Missioneira, oeste da Depressão Central e norte do Litoral. No caso da Serra do Sudeste e Alto Vale do Uruguai, os índices de erosividade são sempre muito altos, indiferente da situação de estudo, merecendo assim atenção especial por parte dos agricultores e órgãos de apoio técnico por possuírem relevo acidentado, e predomínio de culturas de grãos, como soja e milho, principalmente em propriedades que ainda utilizem sistemas convencionais de preparo do solo e plantio.

Em Fevereiro (Fig.53), observa-se um aumento dos índices de erosividade indiscriminados na Região das Grandes Lagoas, com relação ao mês de Janeiro. Este acréscimo faz com que o mês de Fevereiro tenha o maior número de municípios situados na faixa de alta e muito alta erosividade, quando comparado com o restante do ano. Ao todo são 89 municípios com mais de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , quando analisados indiscriminadamente, o equivalente a 84,7% dos municípios estudados. O comportamento das isoerodentes é semelhante em períodos de El Niño e em períodos neutros, mas durante o El Niño, observa-se um aumento nos valores de erosividade na Campanha, Região das Grandes Lagoas e na fronteira oeste do Estado, além do Litoral Norte. Entre os pólos regionais o de Pelotas é o que apresenta o maior índice de erosividade média mensal durante o El Niño em Fevereiro, com  $1629,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Em eventos de La Niña, o comportamento das isoerodentes de Fevereiro sofre uma mudança, com o desaparecimento do acréscimo nos índices de erosividade observados na Região das Grandes Lagoas. E assim como no mês de

Janeiro, o município de Santa Vitória do Palmar apresenta um acréscimo no seu valor de erosividade, ultrapassando  $1000,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

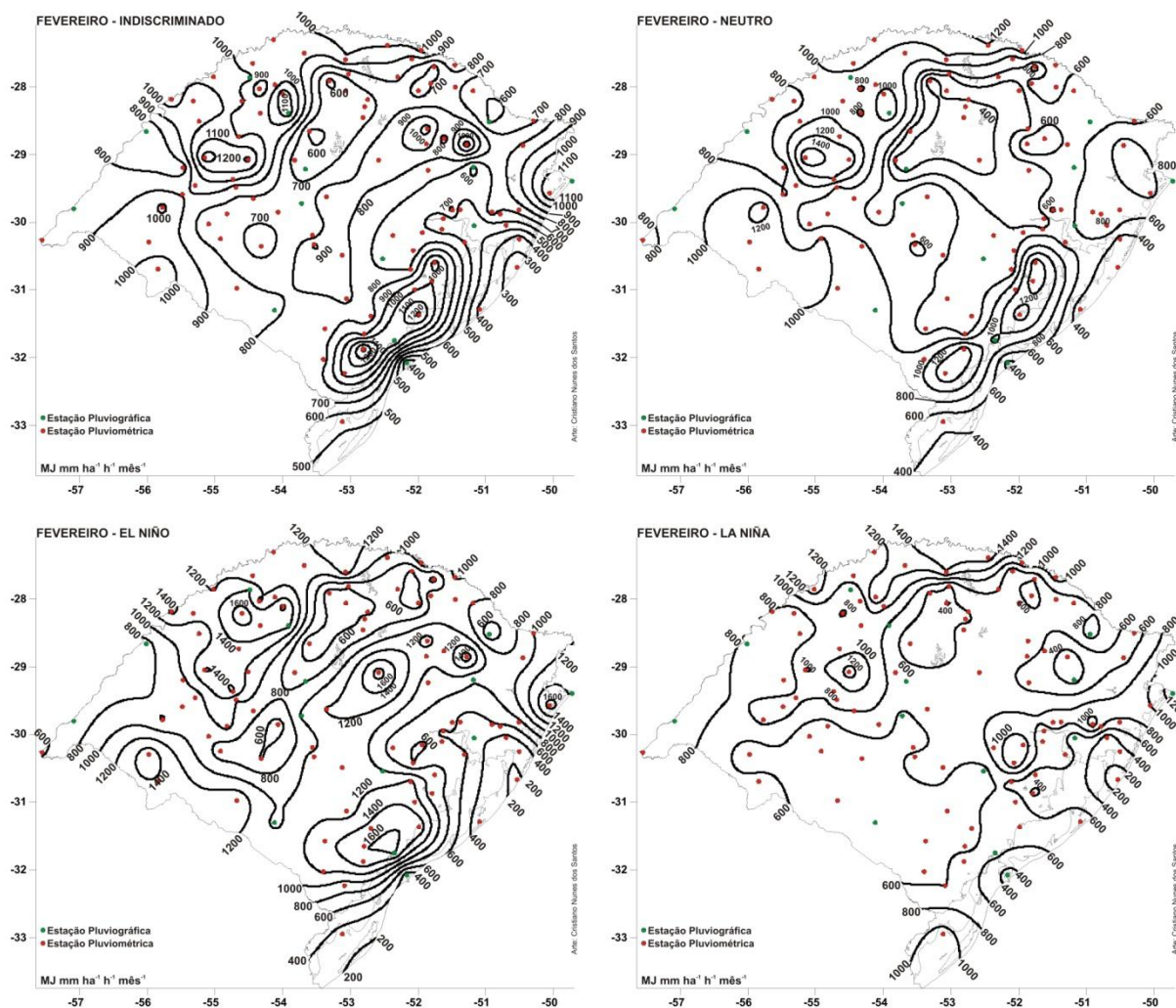


Figura 53 – Isoerodentes do mês de Fevereiro.

Tanto Lago (2000) como Moreira (2006) observam os mesmos comportamentos indiscriminados das linhas isoerodentes em Janeiro e Fevereiro na metade sul e na região missioneira e fronteira oeste do Estado. Em ambos os casos os índices de erosividade apresentam-se mais elevados na fronteira oeste, e em Fevereiro também foi observado um incremento dos índices de erosividade na Região das Grandes Lagoas. Santos (2003), ao analisar o efeito do El Niño e da La Niña sobre os valores de erosividade da metade sul do Rio Grande do Sul, encontrou valores semelhantes aos aqui apresentados, evidenciando também o efeito do El Niño nos índices da Região das Grandes Lagoas, e o desaparecimento deste efeito durante eventos de La Niña.

O mês de Março (Fig. 54), quando analisado indiscriminadamente, começa a apresentar um decréscimo do número de municípios com índices de erosividade acima de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , comportamento este que é constatado durante todo o período até o mês de setembro, quando temos o fim do inverno e conseqüente aumento nos índices de erosividade das chuvas. Ao todo são 59 municípios com erosividade mensal em Março, classificados como alta e muito alta erosividade, equivalente a 56,2% dos municípios estudados. Este número aumenta para 64 municípios durante períodos de El Niño, e 61 durante La Niña, e diminui para 47 municípios durante períodos neutros.

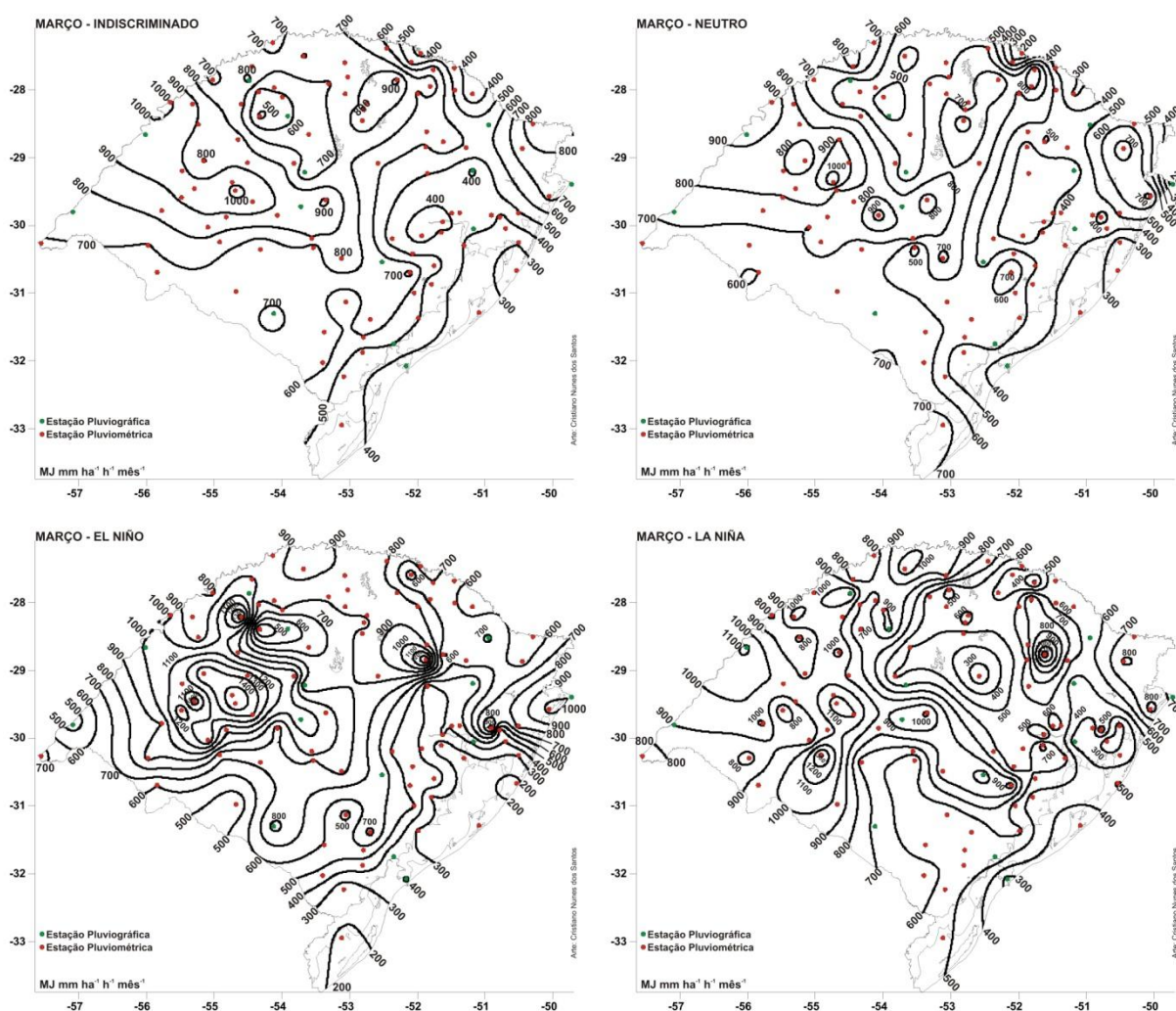


Figura 54 – Isoerodentes do mês de Março.

Indiscriminadamente, o município pólo de Santa Maria e alguns municípios do seu entorno e toda a região São Borja – Itaqui apresentaram índices de erosividade classificados como muito alta erosividade. Em períodos de El Niño,

observa-se um forte incremento nos índices de erosividade dessa região, com valores de erosividade chegando a  $1495,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em Jaguari, município do entorno de Santa Maria. Também é observado um incremento do potencial erosivo das chuvas no Litoral Norte, a exemplo dos meses de Janeiro e Fevereiro. Em períodos de La Niña, os índices de erosividade apresentam-se mais elevados também na região da Campanha, com queda dos valores de erosividade em todo litoral gaúcho. Em períodos neutros, o comportamento das isoerodentes é muito semelhante às isoerodentes indiscriminadas, com destaque para uma forte queda do potencial erosivo das chuvas em Torres, com  $99,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Em Abril (Fig. 55) observa-se, indiscriminadamente, uma concentração dos índices de erosividade mais elevados nas regiões da Serra do Sudeste, Campanha, São Borja – Itaqui, Missioneira e Alto Vale do Uruguai, com valores ultrapassando  $1300,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  no município de Quaraí.

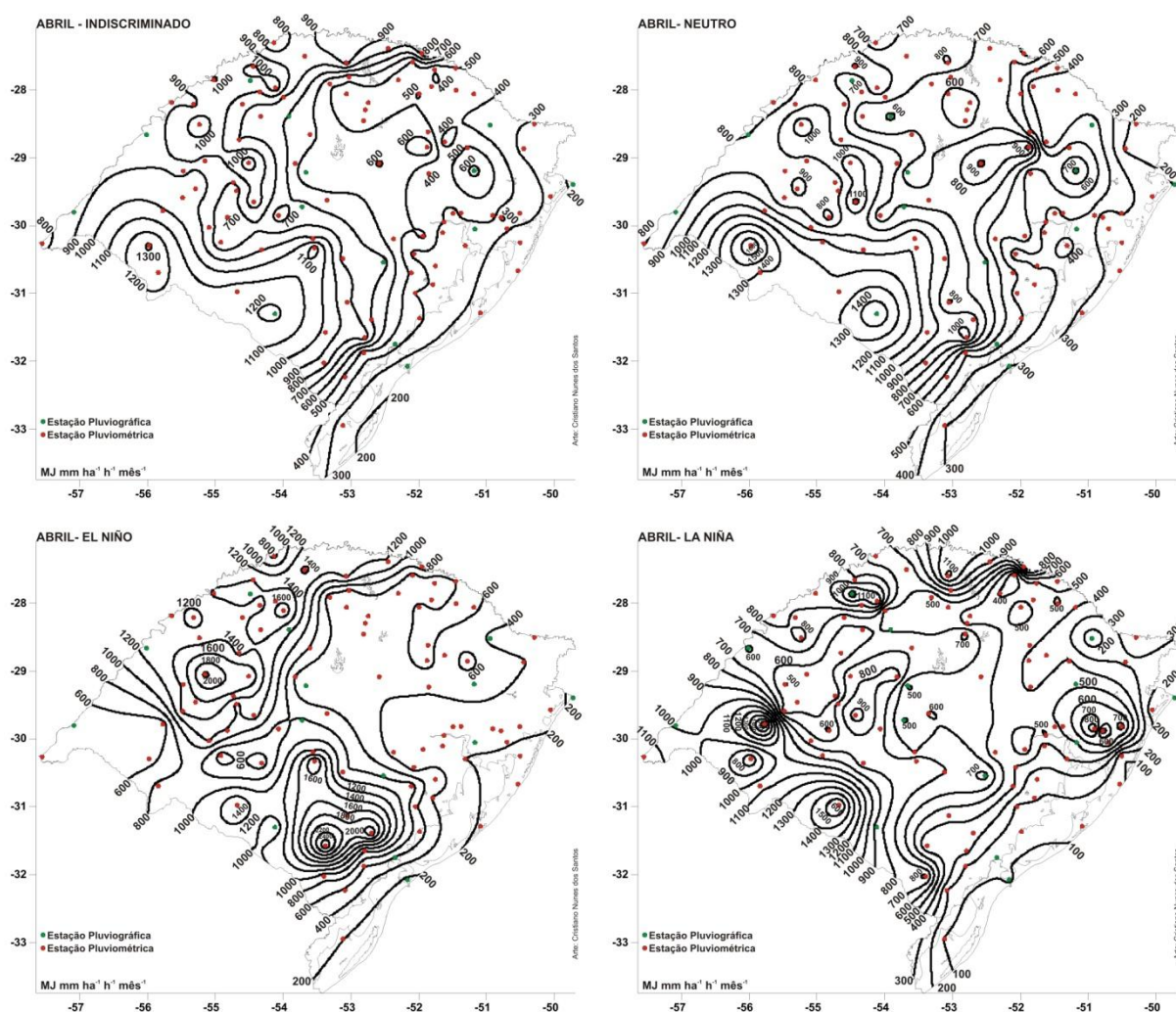


Figura 55 – Isoerodentes do mês de Abril.

Em períodos de El Niño, este comportamento é intensificado, com valores ultrapassando 2000,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> nos municípios de Unistalda, Canguçu e Pinheiro Machado. Mesmo em períodos de La Niña e períodos neutros, em que se observa uma queda nos índices de erosividade em todo o Estado no mês de Abril, os índices de erosividade permanecem elevados principalmente na região da Campanha.

Este comportamento demonstra que mesmo tendo um menor número de municípios com chuvas classificadas como de alta e muito alta erosividade, em comparação aos três primeiros meses do ano, o mês de Abril é especialmente preocupante, no que diz respeito a manejo e conservação do solo, por ser, junto com Março, os meses de colheita das maiorias das lavouras gaúchas, momento em que temos um aumento significativo na movimentação de máquinas e implementos agrícolas na lavoura, além da possibilidade de baixas taxas de cobertura do solo por ocasião da colheita, principalmente nas lavouras em que a colheita da parte aérea das culturas não deixa a chamada “palhada”, como é o caso das culturas de grãos utilizadas para silagem, como o milho.

Lago (2000) e Moreira (2006) também demonstram essa preocupação especial com esta época do ano, principalmente com a região da Campanha. Por sua vez, Santos (2003) apresenta comportamento semelhante de isoerodentes para a metade sul do Estado em períodos de El Niño e La Niña, com o mesmo destaque para as regiões da Campanha e Serra do Sudeste.

Os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril acabam recebendo uma importância destacada pelos seus altos índices de erosividade mensais, observados em mais de 50,0% do território do Estado do Rio Grande do Sul, e também porque estes meses são especialmente importantes para a maioria das culturas de verão do Estado, ou por ser a época de formação da produção ou por ser época de colheita.

Em ambos os meses a região do Litoral, principalmente a porção Sul, apresenta índices de erosividade considerados de baixa ou muito baixa erosividade, que aliados ao relevo plano, fazem da região a porção do Estado com o menor risco de erosão hídrica de todo o Rio Grande do Sul nos meses de verão.

Em contrapartida a região do Alto Vale do Uruguai apresenta valores de erosividade classificados como de alta e muito alta erosividade durante todo o período de Janeiro a Abril, sendo a região com o maior risco de erosão hídrica do Rio Grande do Sul, necessitando de especial atenção neste período do ano.

Em Maio (Fig. 56), os índices de erosividade sofrem uma forte queda, quando analisados indiscriminadamente, com 56,2% dos municípios estudados com erosividade abaixo de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . As regiões com a maior queda do potencial erosivo das chuvas é o Alto Vale do Uruguai e a porção norte do Litoral. No Alto Vale do Uruguai os índices podem chegar a  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , em Tiradentes do Sul, o menor índice de erosividade da região para o mês de Maio.

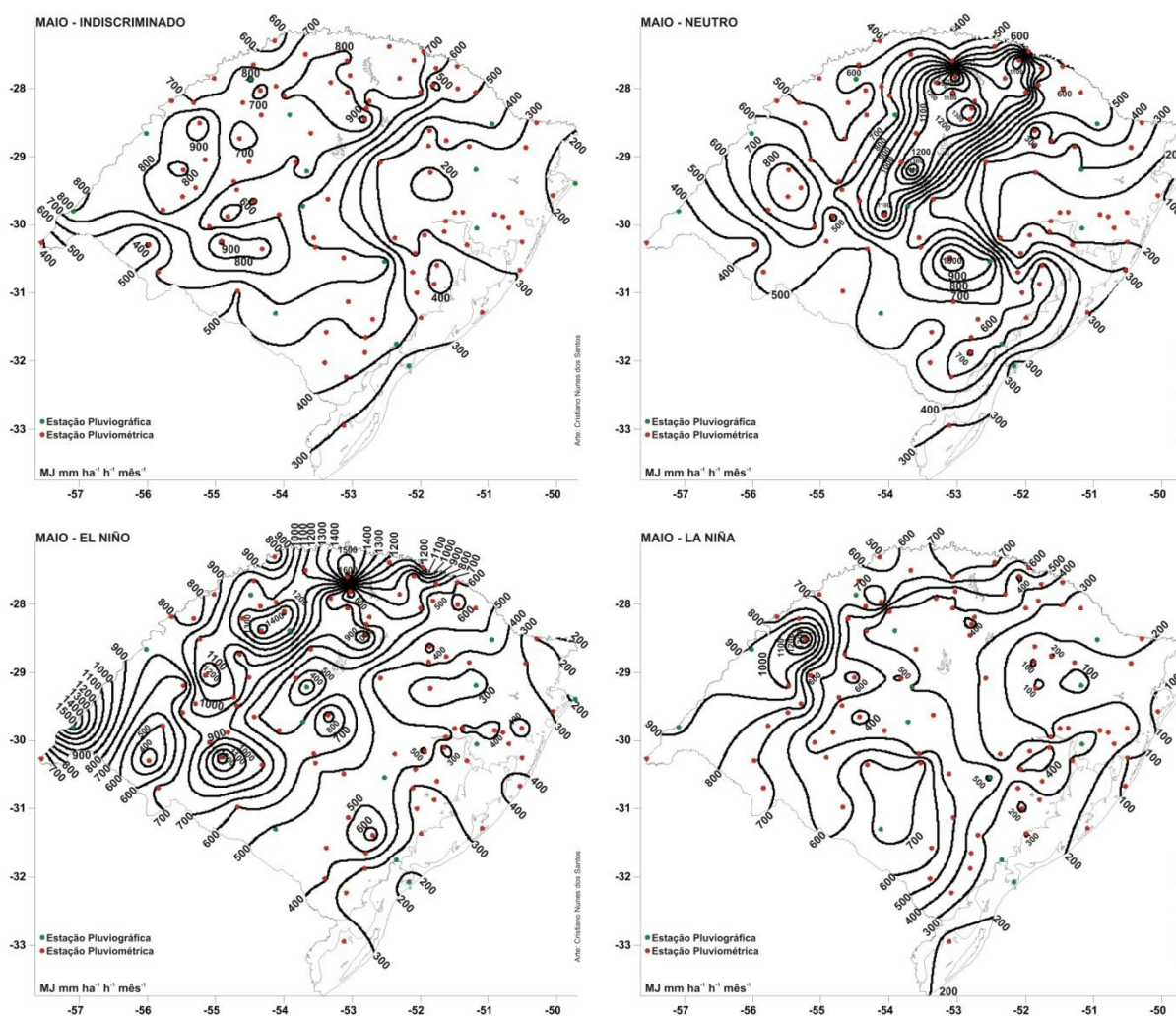


Figura 56 – Isoerodentes do mês de Maio.

Em períodos de El Niño observa-se um incremento nos índices de erosividade em toda a porção noroeste do Estado, alcançando  $1625,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , em Liberato Salzano. Em períodos de La Niña os índices de erosividade mais elevados se localizam na região São Borja – Itaquí, e em períodos neutros os índices mais elevados de erosividade média mensal estão localizados na região do Planalto Médio e arredores, com Julio de Castilhos apresentando  $1439,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

O mês de Junho (Fig. 57), quando analisado indiscriminadamente, apresenta chuvas de médio a muito baixa erosividade, sendo que somente 11 municípios apresentam erosividade alta ou muito alta: Entre Ijuís, Ijuí, Não-Me-Toque, Independência, Capão do Cipó, Tupanciretã, Santa Rosa, Unistalda, Erebang, Catuípe e Guarani das Missões. O valor mais elevado de erosividade média mensal é observado em Guarani das Missões com  $877,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Em períodos neutros, os valores de erosividade apresentam-se ainda mais baixos, com somente Quaraí e Herval apresentando índices de erosividade classificados como de alta erosividade ( $728,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  e  $729,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  respectivamente).

Em períodos de El Niño, observamos um aumento dos índices de erosividade na porção noroeste do Estado, com destaque para Guarani das Missões com  $1469,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Em períodos de La Niña os destaques são para os municípios de São Nicolau e Giruá com  $1231,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em média.

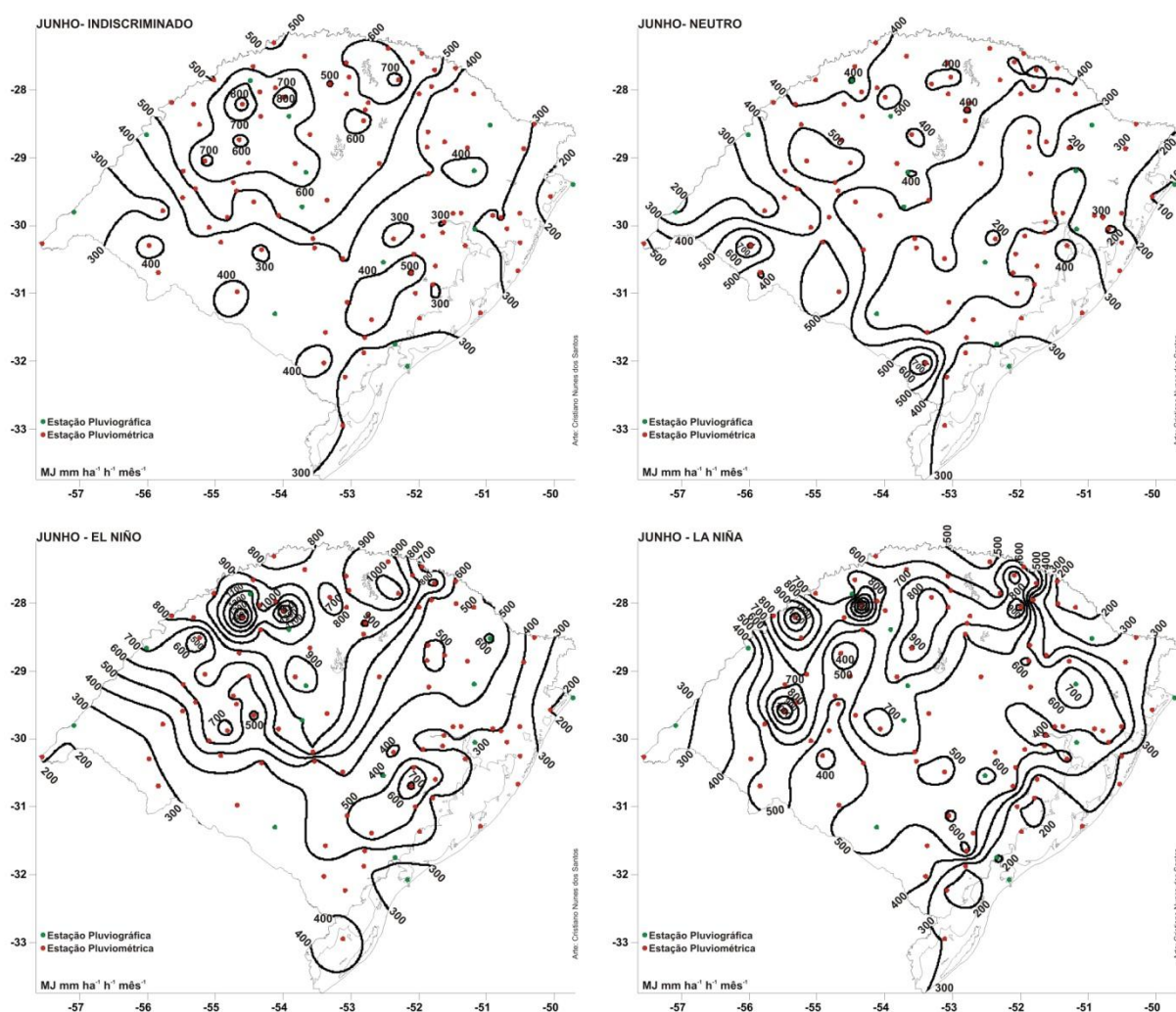


Figura 57 – Isoerodentes do mês de Junho.

Em Julho (Fig. 58), os índices de erosividade analisados indiscriminadamente não ultrapassam  $765,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , sendo que 96,2% dos municípios estudados apresentaram índices de erosividade abaixo de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Foram 44 municípios com média erosividade, 52 com baixa erosividade e 5 com muito baixa erosividade. Em períodos neutros os índices de erosividade apresentam o mesmo padrão de comportamento, com um aumento no número de municípios com baixa erosividade, ao todo 65 municípios.

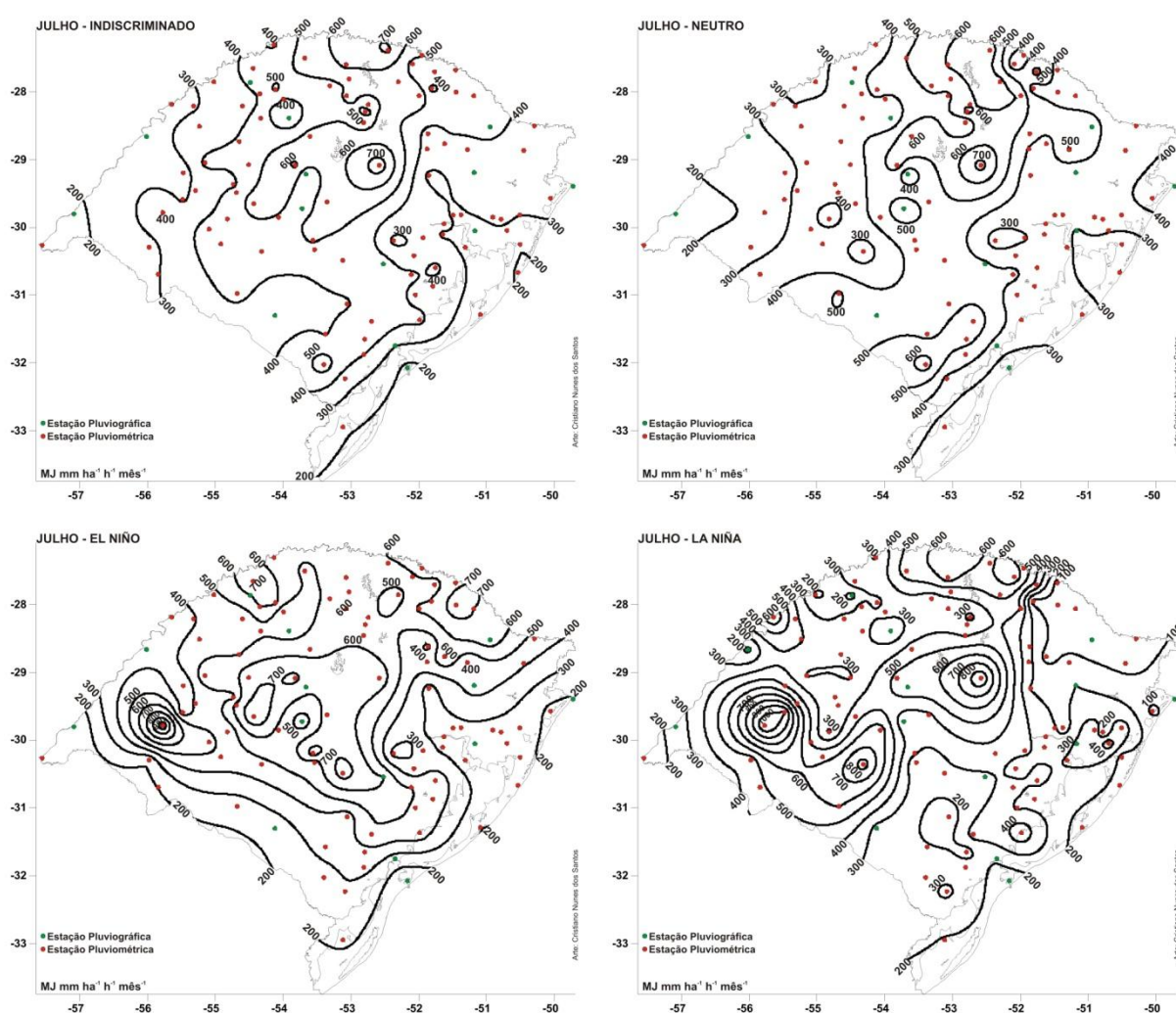


Figura 58 – Isoerodentes do mês de Julho.

Em períodos de El Niño, observa-se um aumento nos índices de erosividade na região da Campanha, mais especificamente no município de Alegrete. Em períodos de La Niña observa-se o mesmo aumento dos índices de erosividade em Alegrete, além de São Gabriel, Manoel Viana e Barros Cassal. Em contrapartida, o número de municípios com erosividade muito baixa aumenta para 27, número considerável, quando comparado com os dados indiscriminados.

No mês de Agosto (Fig. 59), observa-se, quando analisado indiscriminadamente, os valores mais baixos de erosividade de todos os 12 meses do ano. É o único momento do ano em que nenhum dos 105 municípios estudados apresenta erosividade acima de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , o limite superior da classe de média erosividade. Ainda, é o mês com o maior número de municípios apresentando chuvas de muito baixa erosividade (8 municípios) e chuvas de baixa erosividade (74 municípios). Em períodos neutros, este comportamento se repete, com um aumento do número de municípios com chuvas de muito baixa erosividade, 37 municípios no total.

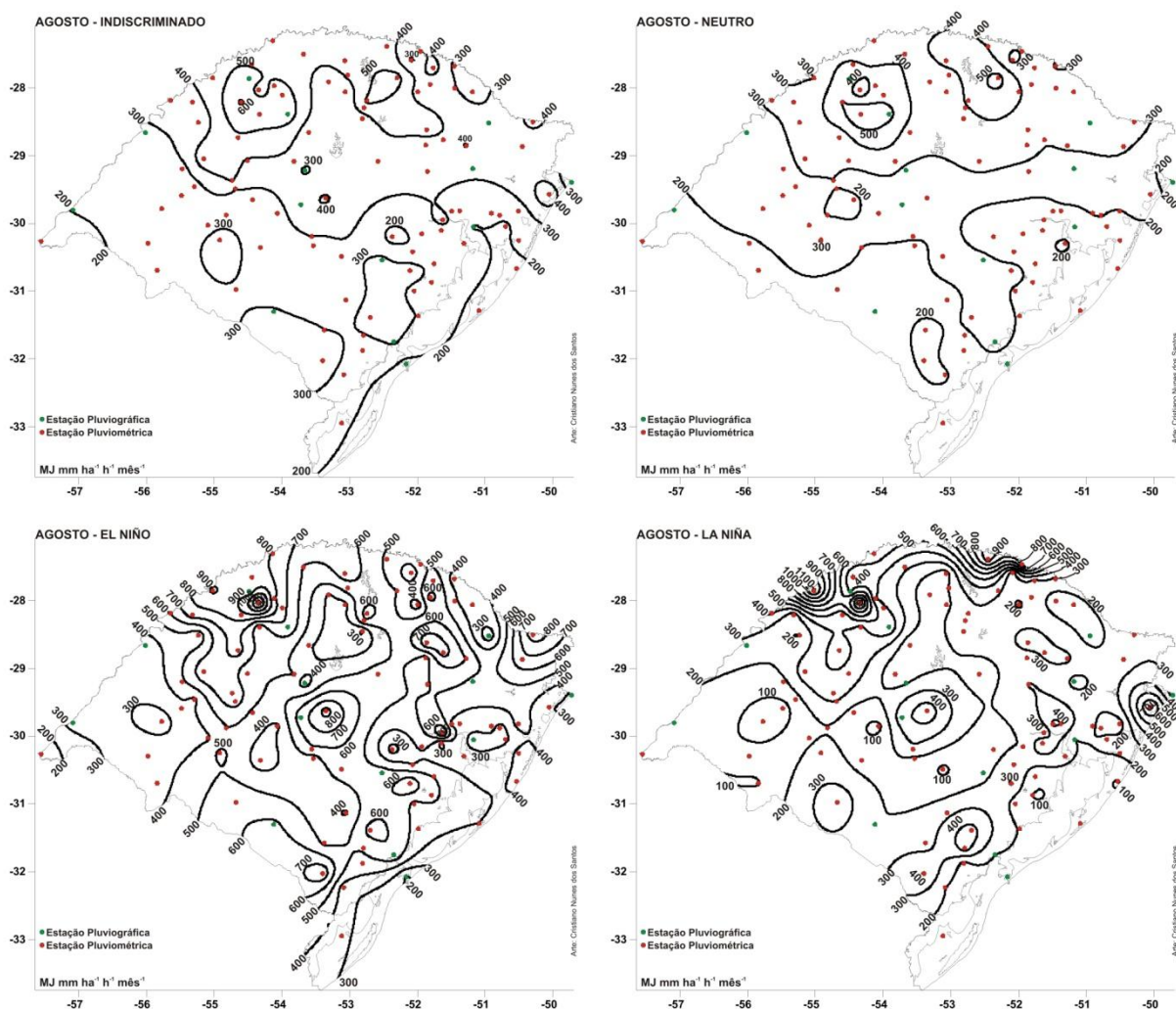


Figura 59 – Isoerodentes do mês de Agosto.

Em períodos de La Niña, o comportamento dos índices de erosividade segue o mesmo padrão do período neutro e dos índices indiscriminados, com um notável aumento do número de municípios com chuvas de muito baixa erosividade. Ao todo

são 46 municípios, dos 105 estudados, com índices de erosividade abaixo de  $205,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . As únicas exceções deste comportamento são os municípios de Marcelino Ramos, Itatiba do Sul, Giruá e Porto Lucena, ambos na região do Alto Vale do Uruguai, com índices de erosividade de  $999,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em média, e Terra de Areia no Litoral com índice de erosividade de  $727,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Em períodos de El Niño, as chuvas do mês de Agosto apresentam um incremento nos valores dos índices de erosividade, quando comparados aos índices analisados indiscriminadamente. Numa análise geral, 28 municípios apresentaram valores de erosividade acima de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , sendo considerados como de alta ou muito alta erosividade. Assim como durante a La Niña, Porto Lucena e Giruá apresentaram os maiores valores de erosividade, com  $1086,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em média.

Analisando-se os meses de Maio a Agosto conjuntamente, nota-se uma mudança no comportamento das isoerodentes, com índices de erosividade menores que nos meses de Janeiro a Abril. Apesar de em muitos casos a quantidade de chuva precipitada ser semelhante ou até superior aos primeiros meses do ano, a baixa erosividade é resultante das baixas intensidades de precipitação apresentadas pelas chuvas do período, normalmente chuvas classificadas como frontais, que são chuvas causadas pelo encontro de uma massa fria (e seca) com outra quente (e úmida), típicas das latitudes médias (LAGO, 2000; MOREIRA, 2006).

Apesar de a maioria das regiões do estado apresentar chuvas de média a muito baixa erosividade, a região do Alto Vale do Uruguai e os municípios próximos a ela apresentam zonas de alta e muito alta erosividade mesmo durante os meses de Maio a Agosto. Por ser esta região produtora de culturas de inverno, como o trigo, acaba por necessitar de um manejo conservacionista do solo não somente durante as culturas de verão, uma vez que as chuvas da região apresentam um alto poder erosivo durante praticamente o ano todo.

Lago (2000), Moreira (2006) e Santos (2003) confirmam estes resultados, apresentando valores e tendências semelhantes aos apresentados por este trabalho.

No mês de Setembro (Fig. 60), nota-se um crescimento nos valores de erosividade nas quatro situações estudadas neste trabalho (índices de erosividade calculados indiscriminadamente, índices de erosividade calculados para eventos neutros; índices de erosividade calculados para eventos de El Niño; índices de erosividade calculados para eventos de La Niña), decorrente do aumento dos valores de intensidade máxima de precipitação.

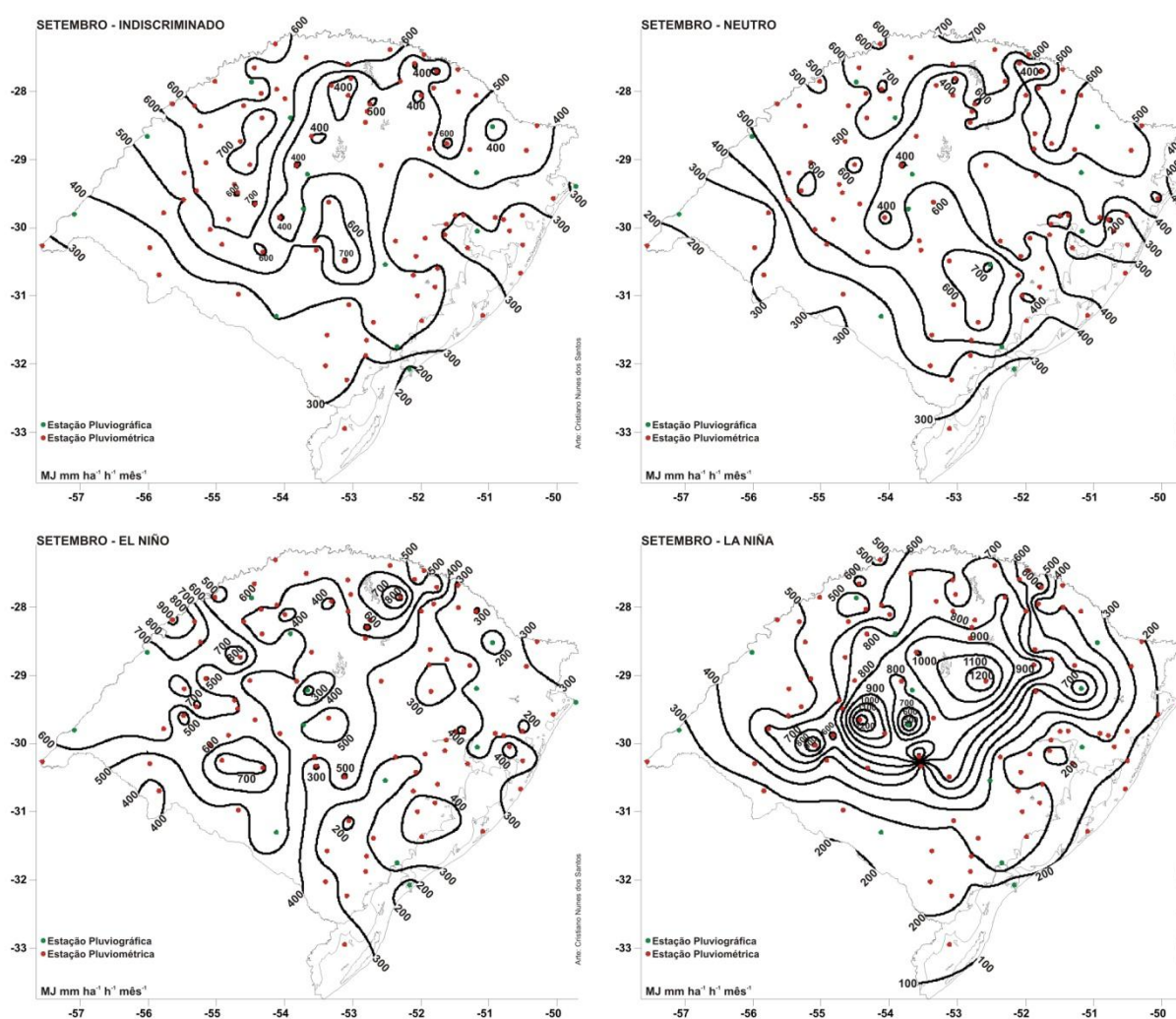


Figura 60 – Isoerodentes do mês de Setembro.

Indiscriminadamente, diminui o número de municípios com muito baixa erosividade e aumenta o número de municípios com alta erosividade. As zonas de alta erosividade encontram-se principalmente sobre os municípios da região Missioneira, Alto vale do Uruguai e oeste da Depressão Central. Durante os períodos neutros, há um deslocamento das áreas de maior erosividade para o norte

do Estado alcançando a região do Planalto Superior, principalmente os municípios de Barracão, Sananduva, Lagoa Vermelha e Nova Prata.

Em eventos de El Niño, o incremento de valor dos índices de erosividade é maior, com dois municípios já apresentando chuvas de muito alta erosividade, que é o caso de Erebangó e Garruchos. Fato peculiar do mês de Setembro, quando comparado aos demais 11 meses do ano, é que durante os eventos de El Niño, Setembro é o mês com o menor número de municípios com chuvas de alta e muito alta erosividade. Além de Erebangó e Garruchos com chuvas de muito alta erosividade, temos 11 municípios com chuvas de alta erosividade: Santiago, Carazinho, Alegrete, Uruguaiana, Santo Antônio das Missões, São Gabriel, São Francisco de Assis, Itaqui, Rosário do Sul, São Miguel das Missões e São Nicolau.

Durante os eventos de La Niña, o incremento dos valores dos índices de erosividade é observado na região central do Estado, principalmente em municípios do Planalto Médio e Depressão Central.

Em Outubro (Fig. 61) a tendência de crescimento dos valores de erosividade observado durante o mês de Setembro é confirmada com o brusco aumento do número de municípios detentores de chuvas de muito alto poder erosivo. Ao todo são 28 municípios com índices de erosividade acima de  $820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Além deste fator, também se observa a ausência de municípios com chuvas de muito baixo poder erosivo. São 53,3% dos municípios estudados com erosividade acima de  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , e 46,7% com erosividade entre  $205,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  e  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Em períodos de El Niño é que este comportamento torna-se ainda mais visível, com índices de erosividade chegando a  $1664,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em Marcelino Ramos. Dos 105 municípios estudados 52 municípios apresentaram erosividade acima de  $820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , o equivalente a praticamente 50,0% dos municípios em estudo. Observa-se ainda 21 municípios com chuvas classificadas como de alta erosividade. Os 32 municípios restantes, com chuvas de baixa ou média erosividade, concentram-se no Litoral, Região das Grandes Lagoas e leste da Depressão Central.

El eventos de La Niña, os índices de erosividade assumem comportamento diferente do período de El Niño, com um menor número de municípios detentores de chuvas de grande potencial erosivo e um aumento no número de municípios com erosividade até  $615,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Ao todo são 64,8% dos municípios

estudados com índices de erosividade classificado como de muito baixa (6 municípios), baixa (34 municípios) ou média erosividade (28 municípios).

Em períodos neutros, o comportamento dos índices de erosividade é semelhante aos períodos de El Niño, com mais de 60,0% dos municípios estudados apresentando chuvas de alto ou muito alto potencial erosivo.

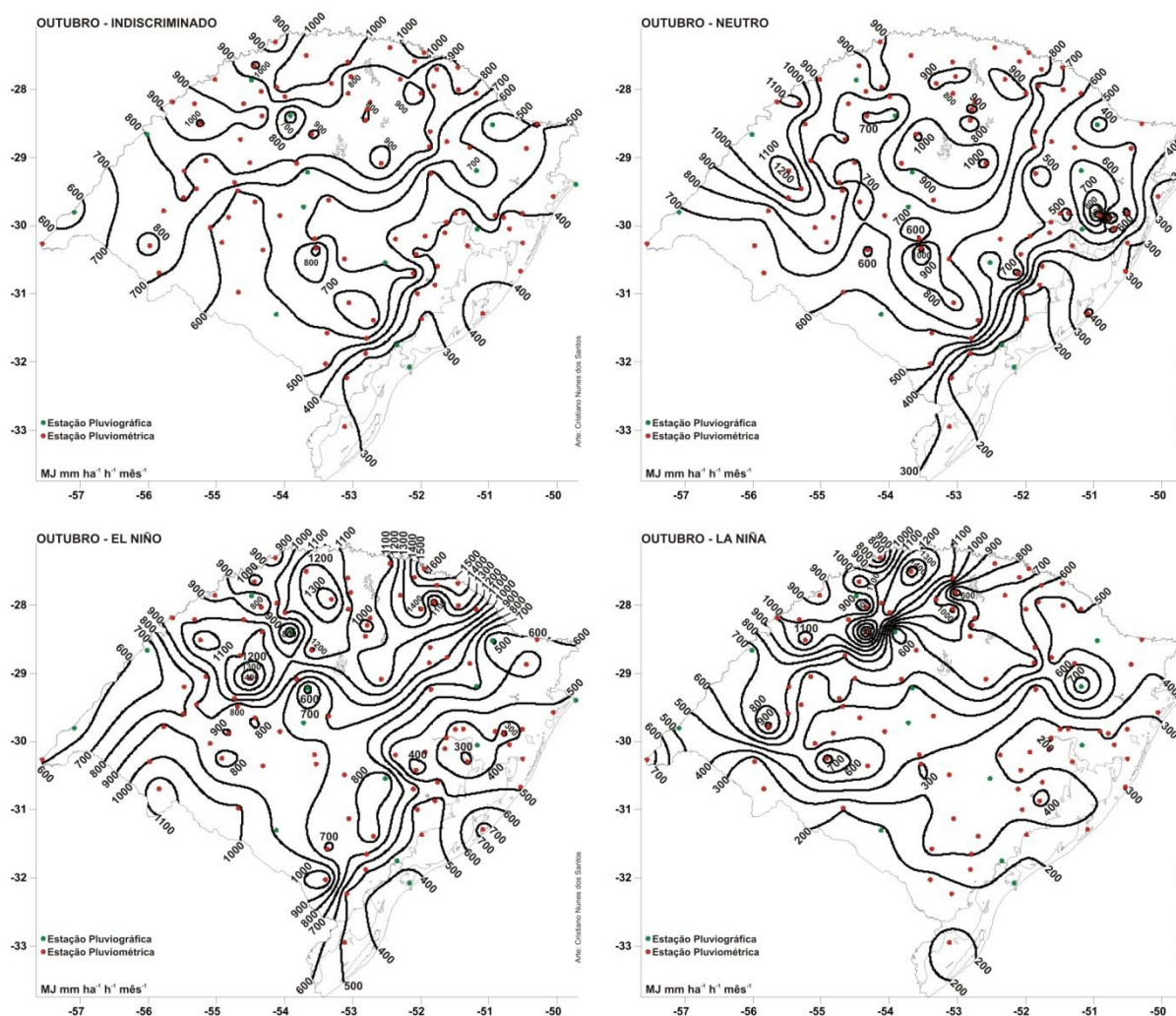


Figura 61 – Isoerodentes do mês de Outubro.

Este comportamento dos índices de erosividade deve ser cuidadosamente observado, pois os meses de Setembro e Outubro são os meses de maior movimentação de solo no Rio Grande do Sul, devido ao preparo das lavouras para os cultivos de Verão. Por este motivo, é extremamente necessária a adoção de técnicas eficientes de manejo do solo para minimizar os efeitos da erosão hídrica principalmente em propriedades rurais que ainda pratiquem o preparo convencional ou preparo mínimo do solo. As perdas de solo neste período podem acarretar em

perdas potenciais de produtividade da lavoura, seja por diminuição dos níveis de nutrientes ofertados ou até mesmo pela perda de sementes arrastadas junto com o solo após a desagregação deste pelas chuvas.

No mês de Novembro (Fig. 62), os índices de erosividade um comportamento semelhante aos das isoerodentes anuais com os valores crescendo da região sudeste para a região noroeste do Rio Grande do Sul, quando analisados indiscriminadamente.

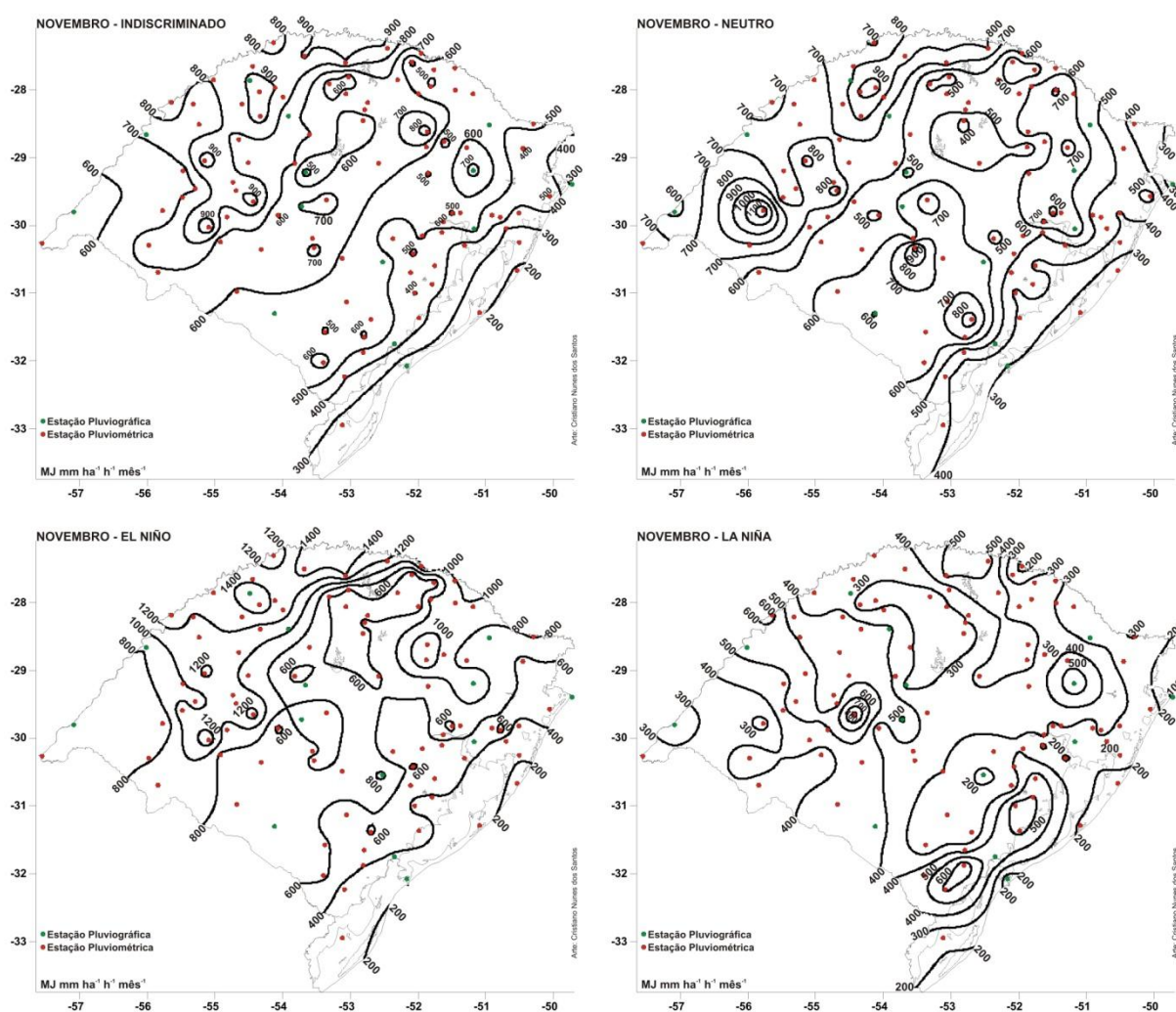


Figura 62 – Isoerodentes do mês de Novembro.

Durante eventos de El Niño os índices de erosividade apresentam-se mais elevados, quando comparados aos valores indiscriminados, com índices de erosividade acima de  $820,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  em 40,0% dos municípios estudados. A região do Alto Vale do Uruguai apresenta durante o El Niño em Novembro índices de erosividade acima de  $1000,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  em todos os

seus municípios, com destaque para Miraguai e Giruá com mais de 1500,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> de índice de erosividade média mensal de suas chuvas.

Em períodos de La Niña, os índices de erosividade apresentam um comportamento oposto ao do El Niño. A grande maioria dos municípios estudados apresentou índices de erosividade abaixo de 615,0MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, 96,2% dos 105 municípios de estudo. Este valor é comparável os valores encontrados durante os meses de inverno para os índices indiscriminados.

Durante eventos neutros, os índices de erosividade comportam-se de maneira semelhante aos índices indiscriminados, com destaque para duas zonas de chuvas de muito alta erosividade nos municípios de Alegrete e Canguçu.

E finalizando ano, o mês de Dezembro (Fig. 63), analisado indiscriminadamente, apresenta índices de erosividade entre 197,6MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> em Palmares do Sul e 1347,5MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> em Miraguai.

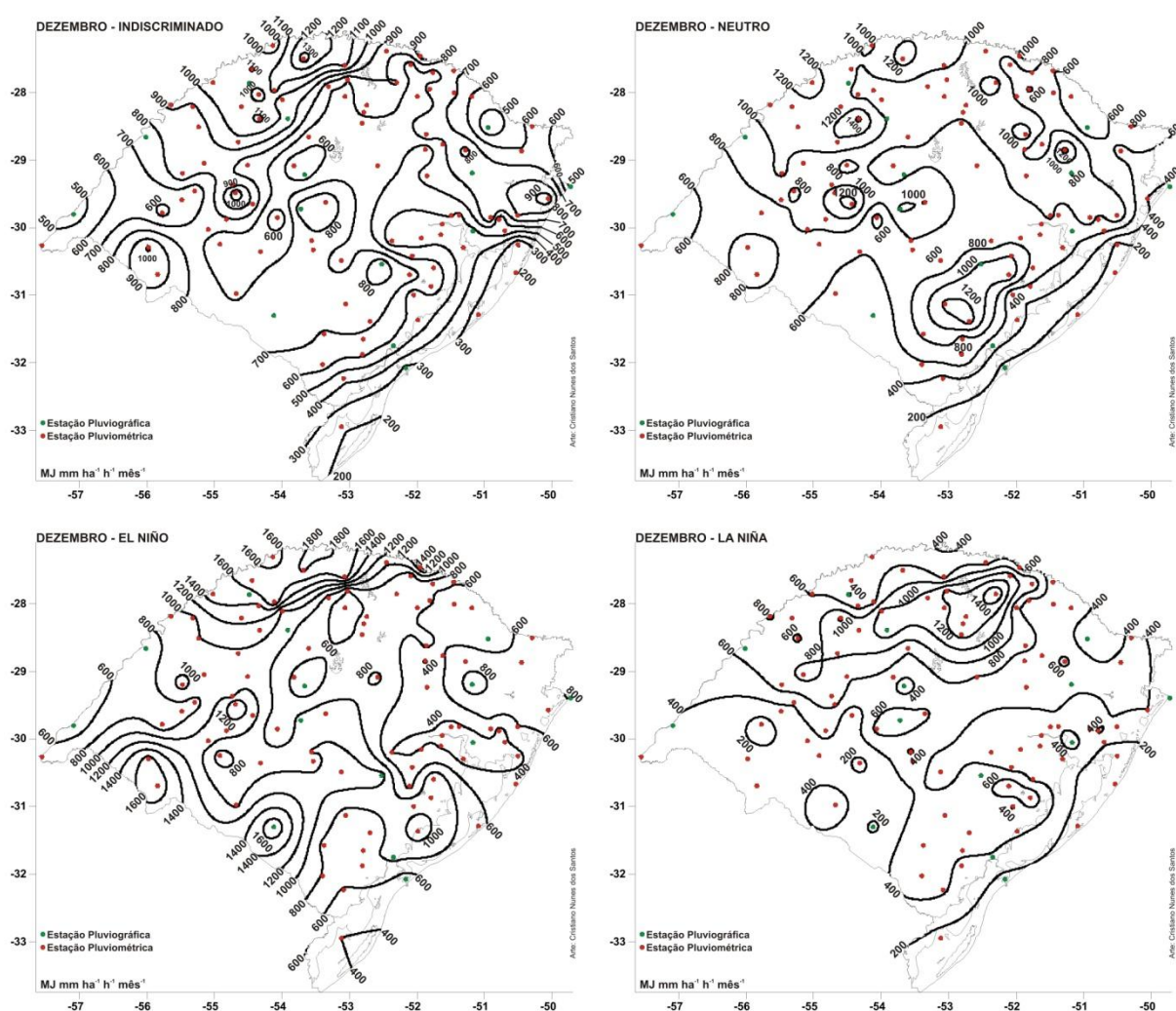


Figura 63 – Isoerodentes do mês de Dezembro.

Num aspecto geral, os valores mais altos de erosividade encontram-se no noroeste do Estado, principalmente no Alto vale do Uruguai.

Em períodos de El Niño estes valores apresentam um incremento, com índices de erosividade chegando a  $1828,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  no município de Miraguai. É observado também um incremento nos índices de erosividade nos municípios de Quaraí, Santana do Livramento e Bagé, com valores entre  $1680,6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  e  $1772,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Durante a La Niña, os índices de erosividade apresentam-se mais elevados nos municípios da região Missioneira e no Planalto Médio. Nos municípios de Coqueiros do Sul, Não-Me-Toque, Sarandi, Carazinho e Erebangó, as chuvas podem alcançar em média  $1350,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  de potencial erosivo.

Em períodos neutros o destaque é para o surgimento de uma zona de chuvas de muito alta erosividade na região da Serra do Sudeste.

Tanto Lago (2000) como Moreira (2006) apresentam para suas áreas de estudo no Estado do Rio Grande do Sul, valores de erosividade para o período de Setembro a Dezembro, semelhantes aos apresentados neste trabalho, assim como Santos (2003) apresenta comportamentos dos eventos El Niño e La Niña na metade Sul do Estado, semelhantes aos apresentados aqui para todo o Estado do Rio Grande do Sul.

Analisando-se o comportamento dos índices de erosividade no decorrer de todos os meses do ano, torna-se evidente a ligação direta entre erosividade e intensidade máxima de precipitação. A influência do estilo de distribuição temporal das chuvas do Estado e os tipos de chuvas ocorrentes em cada estação do ano também ficam evidentes. No inverno, com predomínio de chuvas frontais, têm-se chuvas com menores intensidades de precipitação, e, portanto menos erosivas, ocorrendo o contrário no verão, quando se têm o predomínio das chuvas do tipo convectivas que são provocadas pela intensa evapotranspiração de superfícies úmidas e aquecidas (como florestas, cidades e oceanos tropicais). O ar ascende em parcelas de ar que se resfriam de forma praticamente adiabática (sem trocar calor com o meio exterior) durante sua ascensão. Este tipo de chuva tem por característica valores elevado de intensidade máxima de precipitação, o que explica os valores elevados de erosividade durante o período de verão (LAGO, 2000; MOREIRA, 2006).

## 5 Conclusões

Os resultados obtidos na determinação do comportamento dos índices de erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul e a influência dos eventos atmosféricos conhecidos como El Niño e La Niña sobre estes índices permitiram as seguintes conclusões:

Os índices médios anuais de erosividade das chuvas apresentam crescimento no sentido do Litoral para a região do Alto Vale do Uruguai, em função das variações observadas nas intensidades de precipitação e na precipitação erosiva;

O Litoral é a região com os menores índices de erosividade do Estado do Rio Grande do Sul; enquanto que a região do Alto Vale do Uruguai apresenta os mais elevados índices de erosividade;

O maior potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul é observado no período de Verão, por apresentar chuvas com intensidades de precipitação mais elevadas; o período de Inverno concentra as chuvas de menor potencial erosivo devido às menores intensidades de precipitação observadas;

Os eventos El Niño influenciam a ocorrência de desvios positivos nos índices de erosividade devido aos acréscimos observados na precipitação erosiva e nas intensidades das precipitações em todo o Estado;

Nas ocorrências de La Niña foram observados desvios negativos nos índices de erosividade devido aos decréscimos observados na precipitação erosiva e nas intensidades das precipitações;

As equações geradas através da correlação dos valores de  $El_{30}$  e o Coeficiente de Fournier modificado por Lago (2000) e a correlação dos valores de  $El_{30}$  e precipitação erosiva mensal demonstram que, para o Estado do Rio Grande do Sul, ambas as metodologias são eficientes para a determinação dos índices de erosividade das chuvas em locais onde só estejam disponíveis registros pluviométricos, desde que pertençam ao entorno de pólos regionais onde os índices de erosividade tenham sido calculados pelo método do  $El_{30}$ ;

Os resultados estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.ufpel.edu.br/faem/erosividade> ou <http://faem.ufpel.edu.br/erosividade>.

## Referências

ARNOLDUS, H. M. J. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. **FAO Soils Bulletins**, n.34, p.39-51, 1977.

BERTOL, I. Índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) para Lages (SC) -1ª Aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.515-521, 1993.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1453-1458, 1994.

BERTONI, I.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Editora Ltda., 1990. 355p.

BEST, A. C. The size distribution of raindrops. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, London, v.76, p.16-36, 1950

CABEDA, M. S. V. **Computation of storms EI values**. West Lafayette: Purdue University, 1976. 6f. (não publicado).

COGO, C. M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade das chuvas em Santa Maria, RS, determinada pelo índice  $EI_{30}$ . **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.14, n.3, p.309-317, 2006.

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

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal Soil Water Conservation**, Ankeny, v.36, n.6, p.355-359, 1981.

FOURNIER, F. **Climat et erosion**. Paris: Press Universitaires de France, 1960. 201p.

GASQUEZ, M.; MAGALHÃES, A. R. Climate anomalies and their impacts in Brazil during the 1982-83 ENSO event. **LUGANO Report: Climate Crisis**, UNEP e NCAR, cap.5, p.30-36, 1987.

GLANTZ, M. H. Introduction. In: GLANTZ, M. H.; RICHARD, W. K.; NICHOLLS, N. **Teleconnection linking worldwide climate anomalies**. New York: Cambridge University, 1991. p.43-72.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1990. 384p.

GOULART, J. P. **Apostila de Hidrologia**. Pelotas: Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Pelotas, 1992. 167p.

GRIMM, A. M.; GUETTER, A. K.; CARAMORI, P. H. **El Niño no Paraná: o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica**. Curitiba: SIMEPAR, 1997. (Informativo, n. 1).

HUDSON, N. **Soil Conservation**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1977. 320p.

LAGO, J. C. **Conservação do Solo: Princípios e Previsão de Perdas**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1985. 113p.

LAGO, J. C. Erosividade das chuvas de Pelotas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5., 1984, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: SBCS, 1984, p.72.

LAGO, J. C. **Erosividade das chuvas na metade Sul do Rio Grande do Sul**. 2000. 138f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

LARIOS, M. B. **Erodibilidade e Erosividade**. Disponível em:  
<[http://www.drenagem.ufjf.br/06erosao\\_09\\_erodibilidade\\_e\\_erosividade.htm](http://www.drenagem.ufjf.br/06erosao_09_erodibilidade_e_erosividade.htm)>.  
Acesso em: 30 nov 2007.

LAWS, J. O. Measurements of fall-velocity of water-drops and raindrops. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.22, p.409, 1941.

LAWS, J. O.; PARSONS, D. The relation or raindrop-size to intensity. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.24, p.452-459, 1943.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss as Campinas, Brasil**. 1977. 53p. Tese de Mestrado - Purdue University, West Lafayette.

MIKHAILOVA, E. A.; BRYANT, R. B.; SCHWAGER, S. J.; SMITH, S. D. Predicting rainfall erosivity in Honduras. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.273-279, 1997.

MOREIRA, A. C. **Erosividade das chuvas das regiões agroecológicas Campanha, São Borja Itaqui, Missioneira de Santo Ângelo São Luiz Gonzaga e Alto Vale do Uruguai do Estado do Rio Grande do Sul**. 2006. 200f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **El Niño and La Niña**. Disponível em: < [http://www.research.noaa.gov/climate/t\\_elnino.html](http://www.research.noaa.gov/climate/t_elnino.html)>. Acesso em: 15 jun 2001.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **El Niño – Southern Oscillation**. Disponível em:

<<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>>. Acesso em: 20 mar 2006.

PANNONE, J. C.; GARCIA, F.; ROVIRA, L. A. **Índice de Erosividad de Lluvias en Uruguay**. Montevideo: MAP/INC/IICA, 1983. 36p.

REPORTS TO THE NATION. **El Niño and climate prediction**. Disponível em: <<http://www.atmos.washington.edu/gcg/RTN/rtn.html>>. Acesso em: 30 mar 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento / EMBRAPA-CNPT, 1994. v.1, 307p.

ROOSE, E. **Erosion at ruisselement in Afrique de l'ouest-vingt annes de mesures en petites parcelles experimentales**. Travaux et documents de l'Orstom n.78. Orstom, Paris, 1977. 108p.

SANTOS, C. N. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas da metade Sul do Rio Grande do Sul**. 2003. 123f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SIEGEL, S. **Estatística não Paramétrica**. São Paulo: Editora McGraw Hill do Brasil, 1975. 350p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.23, p.246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion potential. **Agricultural Engineering**, v.43, n.4, p.212-225, 1962.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Agriculture Handbook n.537. Washington: US Department of Agriculture, 1978. 58p.

## **Apêndice**

Neste apêndice, apresentado em formato de mídia digital (CD-ROM), encontra-se uma página para internet (web site) com sistema de mapa interativo, com disponibilização das médias de precipitação total, precipitação erosiva, intensidade de precipitação (quando disponível) e índices de erosividade das chuvas, em formato de gráfico e tabelas, de cada um dos municípios estudados, além dos mapas de isoerodentes gerados.