

## **MAPEAMENTO DE DESASTRES NATURAIS NO RIO GRANDE DO SUL PARA O PERÍODO DE 1985-2016**

DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018268-302

**Tania Maria Sausen<sup>1</sup>**  
**Luiz Alberto da Costa Marchiori<sup>2</sup>**  
**Marlos Henrique Batista<sup>3</sup>**  
**Aline Faccin<sup>11</sup>**



2º Seminário  
Internacional de  
**PROTEÇÃO E  
DEFESA CIVIL**

### **RESUMO**

Em todo o planeta, processos físicos de diferentes intensidades e que fazem parte da dinâmica natural da Terra, tais como inundações, enxurradas, deslizamentos, terremotos, erupções vulcânicas e tsunamis acontecem independentes da ação do homem. Os impactos causados pelos desastres naturais, podem ser potencializados por fatores socioeconômicos, tais como a falta de planejamento urbano, de uma implantação efetiva de políticas públicas para a prevenção de desastres, do baixo poder aquisitivo e cultural da população. Os desastres naturais acontecem ao redor do mundo com muita frequência e afetam tanto países desenvolvidos como os em desenvolvimento e, sem distinção, causam danos a todas as camadas da sociedade, dos mais ricos aos mais pobres. De um modo geral os eventos de desastres se distribuem da porção Leste (a menos afetada) para a porção Oeste do estado, principalmente para os referentes a Estiagem, Vendaval e Inundação, e mais no sentido Norte (a mais afetada) para Sul (a menos afetada) para os eventos de Enxurrada e Granizo, este último com tendências a porção Noroeste. Porém, para todos os desastres analisados, o Litoral do estado é a porção menos afetada, e quanto mais para o interior, maior o número de ocorrências, principalmente para aqueles relacionados a fenômenos hídricos (presença ou ausência) como a estiagem e as inundações. A técnica da Krigagem Ordinária foi adequada para o mapeamento das áreas de tendências de ocorrências de desastres no Rio Grande do Sul, pois possibilita caracterizar as áreas preferenciais de ocorrência de cada um dos tipos de eventos analisados, o que se configura em uma ferramenta importante para o planejamento de ações de prevenção e mitigação de desastres.

**Palavras chave:** Desastres naturais. Mapeamento de ocorrências. Mitigação.

<sup>1</sup> [sausentaniamaria@gmail.com](mailto:sausentaniamaria@gmail.com)

<sup>2</sup> [luiz@codexremote.com.br](mailto:luiz@codexremote.com.br)

<sup>3</sup> [marlos@codexremote.com.br](mailto:marlos@codexremote.com.br)

<sup>11</sup> [aline@codexremote.com.br](mailto:aline@codexremote.com.br)

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o planeta, processos físicos de diferentes intensidades e que fazem parte da dinâmica natural da Terra, tais como inundações, enxurradas, deslizamentos, terremotos, erupções vulcânicas e tsunamis acontecem independentes da ação do homem.

Quando estes processos interagem com grupos sociais, localizados em áreas específicas e que apresentam vários fatores de vulnerabilidade, podem causar danos e prejuízos de grandes proporções as atividades humanas, econômicas e ambientais. Tem-se assim, os desastres naturais, que recebem esta denominação por que a força motriz dos processos que os provocam, provém de um ou mais dos seguintes componentes físicos da paisagem: geológico, hidrológico, climatológico e meteorológico (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

Os impactos causados pelos desastres naturais, podem ser potencializados por fatores socioeconômicos, tais como a falta de planejamento urbano, de uma implantação efetiva de políticas públicas para a prevenção de desastres, do baixo poder aquisitivo e cultural da população.

Os desastres naturais acontecem ao redor do mundo com muita frequência e afetam tanto países desenvolvidos como os em desenvolvimento e, sem distinção, causam danos a todas as camadas da sociedade, dos mais ricos aos mais pobres. Porém, aquelas onde a população apresenta menor nível de escolaridade e de poder aquisitivo, são as que mais sofrem para recuperar-se dos danos causados por eles (SAUSEN; LACRUZ, 2015).

Estes tipos de eventos estão aumentando sua frequência e magnitude. A cada ano, eles estão mais presentes no dia a dia das pessoas, independentemente de estas residirem ou não em áreas de risco, o que torna cada vez mais necessária uma gestão integrada de riscos de desastres.

Historicamente, a Região Sul do Brasil chama atenção não apenas pela ocorrência de grandes desastres, mas também pela frequência e variedade de eventos adversos, inclusive de fenômenos atípicos, tais como o caso do Furacão Catarina, (UFSC, 2012). Esta região, depois da região Sudeste é onde ocorrem os maiores registros de desastres naturais.

A partir de 1960, é observado no Rio Grande do Sul crescimento significativo nas ocorrências de desastres naturais, principalmente como consequência de processos de urbanização verificado nas últimas décadas, e que levou ao crescimento desordenado em áreas impróprias para ocupação, devido às suas características geológicas e geomorfológicas desfavoráveis.

Os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como deslizamentos, inundações e enxurradas. Outros, porém, estão relacionados a fatores meteorológicos e climáticos, tais como a estiagem, vendaval, tornado e granizo.

Estes fenômenos são o objeto de estudo deste artigo por meio de mapeamentos elaborados com a técnica de Krigagem Ordinária das áreas de tendência de ocorrências dos cinco desastres naturais (estiagem, enxurrada, vendaval, inundações e granizo) com os maiores números de notificações de ocorrências para o período de 1985 a 2016, no estado do Rio Grande do Sul. Este tipo de informação é importante para o planejamento de ações de gestão integrada de riscos de desastres, visando a redução de danos e perdas de vidas humanas.

Este estudo é parte de um projeto de consultoria desenvolvido pela Codex Remote Ciências Espaciais e Imagens Digitais Ltda, para Programa PROREDES-BIRD-RS e que deu origem ao relatório intitulado “Produto 3- Diagnóstico dos Desastres no RS”, do qual participaram a Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA), a Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão e a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil, do estado do Rio Grande do Sul

Porém, no projeto de consultoria além de terem sido feitas várias outras análises, não abordadas neste estudo, os dados referentes aos cinco tipos de desastres aqui analisados eram para o período de 1985-2015 e, adicionalmente, foram analisados também ocorrências de eventos de deslizamento e tornados.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados os seguintes materiais:

1. Dados sobre ocorrências de desastres naturais (estiagem, enxurrada, vendaval, inundações e granizo) para o período de janeiro de 1985 a R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 268-302, jun. 2018.

dezembro de 2016, coletados no arquivo digital do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), do Ministério da Integração Nacional (MI) onde estão armazenados dados sobre desastres naturais ocorridos em todo território nacional para o período de 1940 a 2017. Os dados coletados sobre desastres foram obtidos nos seguintes documentos disponíveis no arquivo digital do S2ID:

- os referentes as Situações de Emergência (SE) e de Estados de Calamidade Pública (ECP) foram retirados de cópias de decretos publicados em diário oficial, disponíveis na opção Outros Documentos do S2ID;
- os referentes aos Registros (REG) foram retirados de Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN), Formulário de Informação de Desastre (FIDE), Formulário de Notificação Prévio de Desastres (NOPRED), Notícias de Jornal e Outros Documentos.

2. Foram utilizados também os dados fornecidos pelo grupo de Gestão de Risco de Desastres (GRID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), disponíveis em seu banco de dados, a saber:

- Enxurrada-1991 a 2010;
- Estiagem-1991 a 2009;
- Granizo-1991 a 2009;
- Vendaval-1991 a 2010

3. Para auxiliar nas análises dos mapas das áreas de tendências de ocorrências de desastres naturais foram utilizados os seguintes mapas:

- Mapa das regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul (PACHECO, 1956; Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, UFSM/SEMA, 2002);
- Mapa Rio Grande do Sul: Tipologia Climática (ROSSATO, 2011);
- Mapa Morfológico do Estado do Rio Grande do Sul (ZAIONS, 1989);
- Mapa com a distribuição das Regiões Hidrográficas e respectivas bacias do estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2016);
- Mapa de declividade do estado do Rio Grande do Sul, desenvolvido pela CODEX.

## 2.2 Método:

Os dados de ocorrência de desastres naturais coletados foram analisados e ordenados por decretos municipais e estaduais considerando apenas o Registro (REG) do evento, a declaração de Situação de Emergência (SE) e a de Estado de Calamidade Pública (ECP), sendo estes dois últimos homologados pelo Estado e pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC).

O Registro (REG) é para aqueles desastres onde apenas foi feito uma simples notificação da ocorrência do evento sem o reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastre. Embora seja um simples registro, eles estão disponíveis no S2ID e esta informação é importante para as estatísticas que subsidiam os planos de gestão de riscos de desastres. A Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) são aqueles desastres que tiveram reconhecimento legal pelo Poder Executivo Federal por meio de Portaria (disponíveis no S2ID), de situação anormal provocada por desastre. Estes dados são cadastrados pela Defesa Civil do município onde ocorreu o desastre.

Após a coleta dos dados, foi feita uma análise deles considerando todas as fontes, sendo que os que eram comuns as duas bases de dados, considerou-se aqueles do S2ID, e para complementar a série histórica foram utilizados adicionalmente os que constavam na base de dados do GRID, mas não na do S2ID, tendo sido montada uma tabela com todos os dados, considerando os tipos de desastres, município onde ocorreram, mês e ano de ocorrência e tipo de decreto (REG, SE e ECP).

Posteriormente, a partir destes dados da tabela e fazendo uso da técnica de Krigagem Ordinária foram elaborados os mapas das Áreas de Tendência de Ocorrências (ATO) de desastres naturais no estado do Rio Grande do Sul, referentes a eventos de estiagem, enxurradas, vendaval, inundação e granizo, para o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2016, cobrindo assim 32 anos. Foram elaborados mapas para as quatro estações do ano, para estes os cinco tipos de desastres naturais, sendo que foram considerados para:

- o verão os eventos ocorridos nos meses de janeiro, fevereiro e março;
- o outono, os ocorridos nos meses de abril, maio e junho;
- o inverno, os ocorridos em julho agosto e setembro;

- a primavera os ocorridos em outubro, novembro e dezembro.

De acordo com Felgueiras (2001) um estimador de Krigagem Ordinária utiliza médias locais ou tendências locais estimadas a partir das amostras vizinhas, ao invés de uma única média estacionária. O uso desta técnica geoestatística se mostra interessante uma vez que é possível espacializar e interpolar uma variável e analisar sua distribuição na área de estudo.

A Krigagem Ordinária é um método de estimativa linear geoestatística que utiliza como referência a média ponderada, com formulação dependente das informações do modelo de variograma. Este método considera que a média local pode ser distante ou independente da média da população e o valor da variável de um ponto amostral é calculada a partir dos pontos de dados vizinhos, levando em consideração as distâncias entre as amostras e seu agrupamento e ainda considerando que as condições de restrição das diferenças estimadas e reais e a variância do erro sejam mínimas.

No presente estudo, adotou-se a Krigagem Ordinária para determinar a distribuição e a variabilidade espacial dos eventos extremos por estações do ano, observando a correlação espacial derivada de análise variográfica. A sua elaboração partiu dos valores históricos, com base em 32 anos de notificações de Registros (REG), de Situação de Emergência (SE) e de Estado de Calamidade Pública (ECP) de eventos extremos associados à estiagem, enxurrada, vendaval, inundação e granizo, por município, no estado do Rio Grande do Sul, transformando uma representação discreta dos dados em uma superfície continuaespacialmente para cada tipo de evento.

Para aplicações que consideram os fenômenos naturais, este método tem sido vastamente empregado, pois além da sua simplicidade metodológica e a capacidade de fornecer informações consistentes da inferência estatística, que busca estudar a população através da amostragem, é capaz de analisar sob uma superfície de tendência, valores mensurados muito próximos aos reais, com base na redução da incerteza associada as estimativas, atribuindo para a Krigagem Ordinária o status de ser um dos melhores método de interpolação de dados existentes, para estes casos.

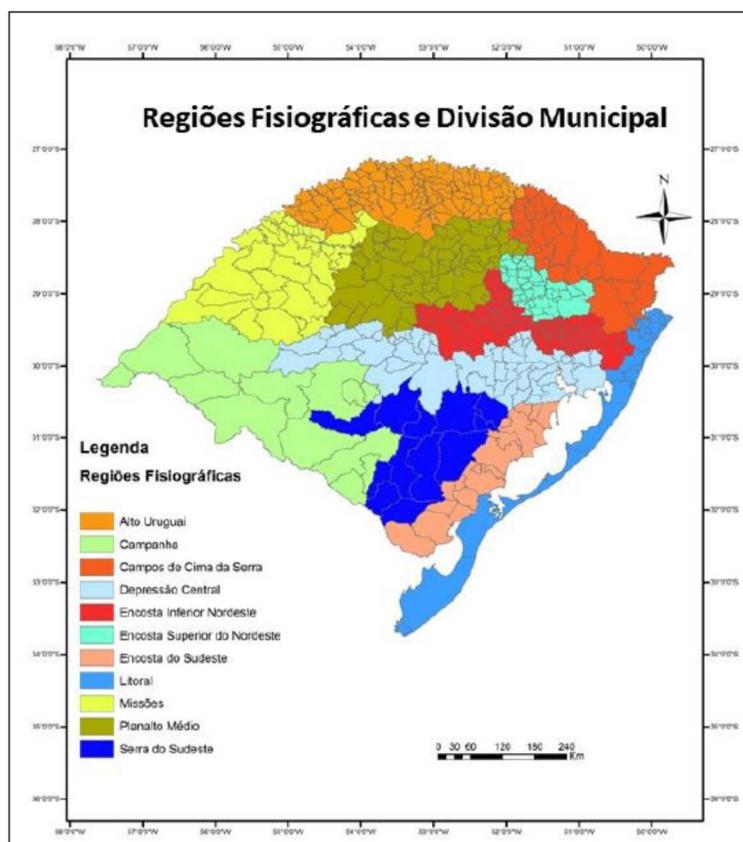
### **3 O RIO GRANDE DO SUL – CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O Estado do Rio Grande do Sul está situado na Região Sul do país, entre os paralelos 27°04'48"S e 33°45'04"S e os meridianos 49°41'28"W e 57°38'36"W. É dividido em 497 municípios, tem uma extensão territorial de 281.730,223 km<sup>2</sup>, correspondente a 3,31% da área do país e a 48,88% da Região Sul, tendo por limites o estado de Santa Catarina ao Norte, a Argentina a Oeste, a república Oriental do Uruguai ao Sul e a Leste o Oceano Atlântico. Em 2016 sua população era estimada em 11.286.500 habitantes.

#### **3.1 Regiões Fisiográficas**

Pacheco (1956), com base em estudos do Serviço Estadual de Geografia e aprovada pelo Conselho Nacional de Geografia, propôs uma divisão regional para o estado, que apresenta 11 zonas fisiográficas e que considera apenas os dados geológicos, de relevo, clima e vegetação. É a mesma divisão adotada pelo Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (UFSM/SEMA, 2002) e que foi adotada neste estudo para as análises das áreas preferenciais de ocorrências de desastres naturais, uma vez que as características delas contribuem para a ocorrência destes eventos adversos. O mapa apresentado na Figura 1 é uma adaptação do mapa original de regiões fisiográficas, uma vez que foi acrescentada a divisão municipal do Rio Grande do Sul.

Figura 1 - Mapa das Regiões Fisiográficas do Rio Grande do Sul com a divisão municipal;



Fonte: Adaptado de Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, UFSM/SEMA, 2002.

No Quadro 1 é apresentada uma breve descrição das regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul, de acordo com Pacheco (1956) e o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (UFSM/SEMA, 2002):

Quadro 1 – Breve descrição das regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul

Região Fisiográfica	Área km <sup>2</sup>	Características Gerais
Litoral	14.905	Localiza-se entre a costa atlântica e a lagoa Mirim e a lagunados Patos; origem quaternária até holocênica; relevo plano a levemente ondulado; baixa altitude (de 5 a 10 m); solos pobres, pouco consolidados e permeáveis; vegetação rala e rasteira; clima úmido, grande formação de nevoeiros; precipitação variando de 60-140 mm, no Sul e de 90-145 mm no Norte; ventos com grandes velocidades, predominando os de nordeste, é nesta região do estado onde o vento atinge as mais altas velocidades.
		Uma faixa larga no sentido Leste-Oeste, na bacia do rio

Depressão Central	31.778	Jacuí e seus afluentes; zona desaguadora de rios oriundos do Planalto e das Serras do Sul; relevo levemente ondulado e altitudes inferiores a 100 m, exceto nos tabuleiros, cuja altitude máxima está entre 250-300 m; presença de aluviões e arenitos ao longo dos rios e nos limites entre a Serra Geral e a Serra do Sudeste ocorrem siltitos, arenitos e folhelhos; vegetação campestre, silvática e palustre, sendo a mata substituída pela agricultura e silvicultura; precipitações superiores a 1.300 mm e inferiores a 1.800 mm; ventos predominantes do quadrante Leste; forte formação de nevoeiros; esta região e a da Campanha, são as mais quentes do estado.
Encosta do Sudeste	14.981	Localiza-se entre a lagoa Mirim, a laguna dos Patos e a Serra do Sudeste, faz divisa ao Sul com o Uruguai; presença de uma faixa de sedimentos arenosos e aluviões holocênicos ao longo dos rios; relevo plano e inferior a altitudes de 30 metros, exceto nos esporões de granito e magnetitos que alcançam até 200 m e onde se encontram os campos secos e as florestas latifoliadas altas; por estar situada à beira de grandes massas de águas, possui clima úmido em geral, com ventos predominantes de nordeste.
Serra do Sudeste	35.000	Também denominada de Escudo Rio-Grandense; é um planalto localizado na região sudeste do estado, próximo à fronteira do Uruguai; geologicamente é muito antiga, predominando as formações graníticas e magmáticas, gnaisses, granitos, siltitos; o relevo apresenta forma de ondulações suaves, arredondadas, cobertas por vegetação rasteira, conhecidas como coxilhas, sendo mais brusco para o Norte; as altitudes variam entre 20-200 m nas bordas, até 400-600 m nas serras; os campos limpos ocorrem nas coxilhas e no alto das serras, os campos sujos nas partes planas e úmidas e formações florestais em várias áreas; região fria e úmida, com temperatura média anual de 16 <sup>o</sup> 5 C; ocorrem precipitações superiores a 1350 mm e inferiores a 1700 mm, os ventos predominantes são os de Leste; presença de grandes formações de nevoeiros e geadas.
Campanha	47.153	Caracteriza-se por derrames basálticos, afloramentos areníticos e grandes aluviões nas planícies fluviais; relevo coxilhas suaves e geralmente entre 60-120 m, ultrapassando 300 m em alguns pontos; presença de matas de galerias; caracteriza-se principalmente por uma planície de campo gramíneo, que ocupa mais da metade de seu território; devido à baixa declividade dos terrenos, pendentes para Oeste, as águas de seus rios não correm em torrentes, ocorrendo grandes porções de banhados nos cursos médios e inferiores dos rios; o clima é moderadamente quente, com temperatura média anual de 18 <sup>o</sup> C e precipitações superiores a 1350 mm e inferiores a 1650 mm.

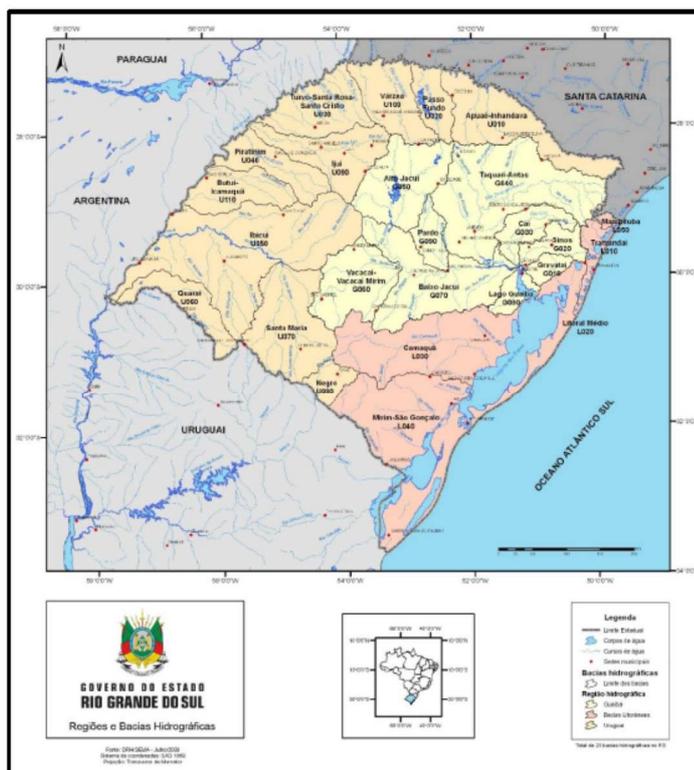
Missões	31.326	Situa-se entre os rios Ibicuí, Uruguai e Ijuí; predomínio de basalto da Serra Geral e aluviões ao longo dos rios; altitudes máximas de 500 m na porção Leste, descendo em suave rampa até a margem do rio Uruguai, onde as altitudes chegam a 50 m; a vegetação dominante é o campo e ao longo dos grandes rios há extensas florestas altas, iguais às florestas latifoliadas do Alto Uruguai; caracteriza-se por ser uma região quente, com temperatura média anual de 19° C, e onde as máximas absolutas ultrapassam os 40°C; as precipitações são superiores a 1800 mm e inferiores a 1950 mm; os ventos são variáveis havendo, predominância dos de Sudeste.
Alto Uruguai	26.062	Situa-se entre o Rio Uruguai e o Rio Ijuí, até Marcelino Ramos, na parte Meridional do Estado; caracteriza-se por ser zona úmida, com chuvas abundantes, com precipitações superiores a 1650 mm e inferiores a 2000 mm; temperatura média anual é de 19°C e as máximas absolutas ultrapassam os 40°C; predominam as formações de basalto, o relevo é suave em direção ao Rio Uruguai e mais acidentado no sentido contrário ao deslocamento das águas; as altitudes no planalto chegam até 500-700 m; numa faixa de 100 km paralela ao Rio Uruguai, encontra-se a mata latifoliada e acima de 300-400 m, no planalto, esta mata se limita com os campos.
Planalto Médio	31.252	Limita-se ao Norte pela região do Alto Uruguai, ao Sul pela Depressão Central e a Leste pela Encosta Superior do Nordeste; as principais formações geológicas são o basalto e os arenitos, em maior extensão; suas altitudes são de 700 m no Leste e 400-500 m no Oeste; predominam os campos, ocorrem também áreas de pinhais fechados ao Leste do Jacuí e florestas latifoliadas nos vales; a temperatura média anual é de 17° C, e as máximas podem chegar a 39°C, sendo considerada uma zona fria, porém, seca, muito atingida por ondas de frio e raramente por ondas de calor; as precipitações são superiores a 1550 mm e inferiores a 2050; predominam os ventos do quadrante Sudeste.
Encosta Inferior do Nordeste	15.847	Delimita-se ao Norte pela Encosta Inferior do Nordeste, ao Sul pela Depressão Central, a Leste pelo Litoral e a Oeste pelo Planalto Médio; apresenta derrames basálticos, sílticos e folhelhos sílticos, num relevo fortemente inclinado e em altitudes de 50-100 m no Sul, subindo para 500-600 m no Norte; é coberta de floresta latifoliada, variando sua composição com o relevo; a temperatura média anual é de 19°C, podendo as máximas chegarem aos 38°C; nesta região a pluviosidade é abaixo da média do estado
		Localiza-se entre a Encosta Inferior do Nordeste e os campos do Planalto; a formação geológica é o basalto, o relevo é muito montanhoso e profundamente erodido pelos

Encosta Superior do Nordeste	7.683	rios Caí, das Antas, Taquari e seus afluentes, que formam vales estreitos; a fisionomia da paisagem é acidentada, erodida pelos rios, por vezes, fortemente encaixados em vales; as altitudes variam de 300-600 m nos vales, até 800 m nos limites com o planalto; a vegetação é transitória entre florestas latifoliadas e pinhais; se constitui na região mais fria do estado, com a temperatura média anual de 16°C, as precipitações são superiores a 1800 mm e inferiores a 2500 mm.; os ventos predominantes são os de Sudeste.
Campos de Cima da Serra	21.033	Localiza-se no extremo Nordeste do estado, faz divisa ao Nordeste com o Estado de Santa Catarina; é formada por uma planície elevada de inclinação para Oeste; o material rochoso de origem é basáltico; é a região mais alta do estado, com altitudes que variam entre 1.200 m próximo a borda dos Aparados da Serra até 900 m mais a Oeste; a vegetação predominante é o campo, interrompida por capões de Araucária; ao longo dos Aparados há uma faixa de pinhais extensos; é uma zona úmida e das mais frias, com temperatura média anual de 17° C podendo atingir temperaturas abaixo de zero nos meses de inverno; as precipitações são superiores a 1550 mm e inferiores a 2050 mm e os ventos predominantes são o do quadrante Norte .

### 3.2 Hidrografia do Rio Grande do Sul

De acordo com a Lei Estadual 10.350/94 o estado foi dividido em 3 Regiões Hidrográficas (Figura 2).

Figura 2 - Mapa das Regiões Hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul e suas respectivas bacias



Fonte: SEMA, 2016.

Estas regiões abarcam um total de 25 bacias hidrográficas, as quais foram agrupadas para fins de gerenciamento:

- A Região Hidrográfica do Uruguai, a maior do estado em extensão territorial, coincide com a Bacia Nacional do Uruguai; a maioria dos seus rios estão em terrenos declivosos e vales encaixados, desde o seu Alto curso até quase o Baixo Vale, onde os relevos são mais suaves. Por esta razão rios nos Alto e Médio cursos, quando por ocasião de chuvas intensas ou prolongadas, escoam rapidamente em direção ao Baixo curso, onde os terrenos são menos acidentados, facilitando o acúmulo das águas e dando origem a episódios de inundação. Assim, muitas destes eventos podem ter origem nos Alto e Médio curso, mas irão se concretizar no Baixo curso;
- A Região Hidrográfica do Guaíba, que abarca principalmente os rios da região Centro-Sul do estado; juntamente com a Região Hidrográfica do Litoral coincidem com a Bacia Nacional do Atlântico Sudeste (ANA, 2016); seus afluentes da margem direita têm sua origem no Planalto Meridional, escoando rapidamente em direção aos terrenos mais suaves da Depressão Central, contribuindo para eventos de inundação no Rio Jacuí.

- A Região Hidrográfica das bacias Litorâneas, cujos cursos d'água drenam para o sistema lagunar ou diretamente para o oceano, (ANA, 2016, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016, SEMA, 2017); apresenta dois tipos de relevos bem marcados, sendo um deles de serra, correspondendo a Serra do Sudeste, cujas águas escoam em parte para o Rio Camaquã e em parte para as bacias do Litoral, na Planície Costeira, favorecendo episódios de inundação ou de enxurradas.

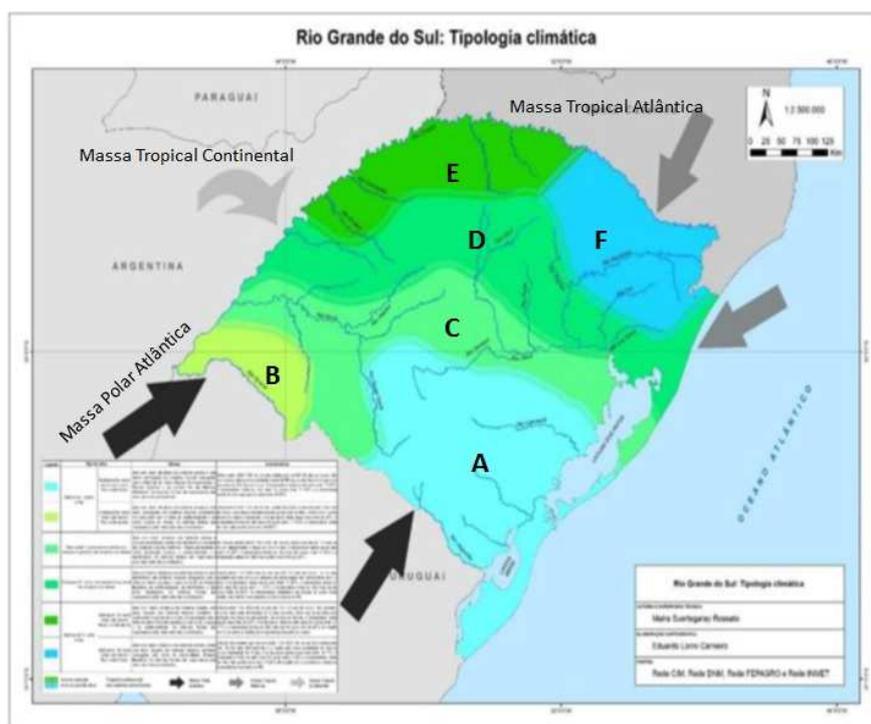
Os desastres naturais de maior importância no estado têm origem hidrometeorológica, tais como a estiagem, vendaval, enxurrada, inundação e granizo, sendo, portanto, importante entender o comportamento do clima no Rio Grande do Sul. Todo o seu território está ao sul do Trópico de Capricórnio, caracterizando-se por um clima temperado do tipo subtropical, com precipitações bem distribuídas ao longo do ano.

Rossato (2011), propôs uma divisão climática para o estado, considerando a variabilidade espaço-temporal dos elementos climáticos-meteorológicos, a abordagem de suas tendências e o reconhecimento das variabilidades climáticas (dinâmica das massas de ar) em escala regional para o período de 1931 a 2007.

Como resultado deste estudo concluiu que a tipologia climática do estado está na área de domínio do Clima Subtropical (tal como na classificação de Köppen), subdividido em quatro tipos principais, conforme segue:

- Subtropical I – Pouco Úmido: **(A)** o Subtropical Ia – Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco, e o **(B)** Subtropical Ib – Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Quente;
- Subtropical II **(C)** Medianamente Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias;
- Subtropical III: **(D)** Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias; e
- Subtropical IV – Muito Úmido: **(E)** o Subtropical IVa – Muito Úmido com Inverno Fresco e Verão Quente, e o **(F)** Subtropical IVb – Muito Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco (Figura 3).

Figura 3- Mapa do Rio Grande do Sul com a tipologia climática proposta por Rossato



Fonte: Adaptado de Rossato, 2011.

Em sua classificação Rossato (2011), leva em consideração a continentalidade e a maritimidade, para explicar a variação longitudinal das temperaturas médias para as regiões de clima Subtropical II e Subtropical III. Ambas se estendem de Leste para Oeste, sofrendo assim a influência destes dois fatores climáticos, uma vez que eles determinam a umidade, a variação de temperatura e a quantidade de chuva no Estado. Quanto maior a continentalidade, maior a variação de temperatura ao longo do dia e menor a quantidade de chuvas, ocorrendo o contrário quanto maior for a maritimidade. Estes dois fatores influenciam a distribuição das áreas de tendências de ocorrências de estiagens no Rio Grande do Sul.

Adicionalmente Rossato (2011), leva em consideração a trajetória dos seguintes sistemas atmosféricos:

- Massa Polar Atlântica – massa de ar frio e úmido originada no Oceano Atlântico entre o Polo Sul e a Patagônia e que atua em especial no inverno no hemisfério Sul, favorecendo a formação de frentes frias e provocando muitas chuvas na Região Sul do país. O Rio Grande do Sul é o estado que mais

sofre influência desta massa, que atua principalmente em parte da região da Campanha, Serra do Sudeste, Encosta do Sudeste e Litoral Sul;

- Massa Tropical Atlântica - massa de ar quente e úmido que é originada no Oceano Atlântico nas imediações do Trópico de Capricórnio. Ela atua sobre a maior parte do Litoral do país durante todo o ano, favorecendo a ocorrência de índices de umidade relativa do ar elevados e altas temperaturas. No verão ela fica restrita as regiões Sul e Sudeste, onde causa chuvas frontais no litoral. No Rio Grande do Sul ela atua principalmente no Litoral Norte e na região dos Campos de Cima da Serra;
- Massa Tropical Continental - massa de ar de aspecto quente e seco que é originada no Nordeste da Argentina e Paraguai, na região da depressão do Chaco. Característica pelas altas temperaturas e pouca umidade, no estado ela atua principalmente na fronteira oeste com a Argentina, na região das Missões e parte do Alto Uruguai. Ocorre principalmente nos meses de Primavera e Outono, quando fica vários dias sem chover e com temperatura bastante elevada. Ela causa o bloqueio de frentes frias oriundas da Argentina.

## **4 RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados os mapeamentos obtidos por meio do uso da técnica de Krigagem Ordinária das áreas de tendência de ocorrências de desastres naturais e as análises referentes à distribuição dos cinco mais frequentes tipos de desastres naturais – estiagem, enxurrada, vendaval, inundação e granizo - ocorridos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1985 a 2016.

### **4.1 Estiagem**

No glossário do Instituto Nacional de Meteorologia (2017) não está incluído o termo estiagem, uma vez que ele não é utilizado internacionalmente, por questões culturais é utilizado apenas no Brasil. Porém, está incluído o termo seca, que é definido como clima excessivamente seco numa região específica; este deve ser suficientemente prolongado para que a falta de água cause sério desequilíbrio hidrológico.

Castro (2003) define seca como um fenômeno climático caracterizado pela ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação. De acordo com Ramírez e Brenes (2001), a seca é um desastre natural lento, que não apresenta trajetória bem definida e que tende a se estender de forma irregular no espaço e no tempo.

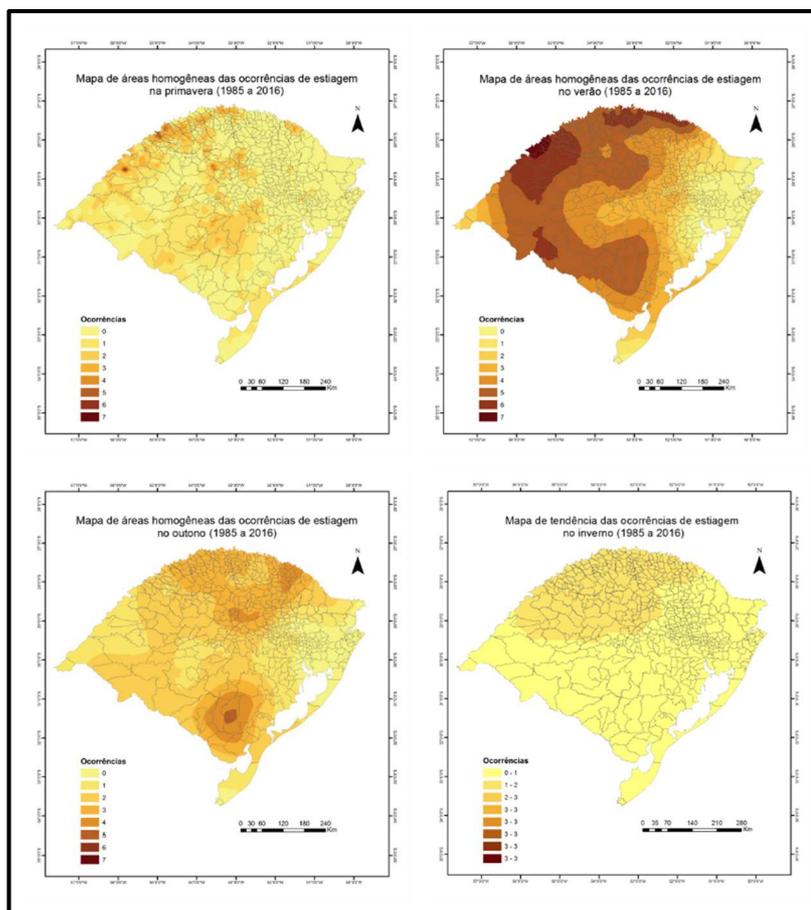
Os impactos da seca, devido ao seu lento avanço, podem demorar semanas ou meses em aparecer. O déficit da precipitação aparece, em um primeiro momento, como uma deficiência de água no solo, razão pela qual a agricultura é frequentemente o primeiro setor a ser afetado, seguido pela pecuária.

A estiagem é uma deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta em escassez de água para algumas atividades, grupo ou setor ambiental. Ela se caracteriza por ser menos intensa que as secas e por ocorrer em períodos de tempo menores. Porém, como ocorre com relativa frequência, em áreas mais produtivas e de maior importância econômica do que as áreas de seca, ela produz reflexos sobre o agronegócio, comprometendo o abastecimento, a produção de alimentos e a economia regional.

Dos cinco tipos mais importantes de desastres naturais que ocorrem com maior frequência e magnitude no Rio Grande do Sul, a estiagem é o de maior importância, magnitude e que afeta sobremaneira a economia do estado, apoiada na agropecuária.

A Figura 4 apresenta os mapas sazonais (primavera, verão, outono e inverno) das áreas de tendência de ocorrência de Estiagem, por município, para o período de 1985 a 2016, obtidos pelo método de Krigagem Ordinária, considerando as notificações de REG, SE e ECP.

Figura 4 - Mapas sazonais (primavera, verão, outono e inverno) das Áreas de Tendência de Ocorrência (ATO) de Estiagem, por município, para o período de 1985 a 2016



Fonte: Mapas elaborados por Codex Remote, 2017.

Assim, considerando-se as quatro estações do ano:

- Primavera (outubro, novembro e dezembro) - observa-se algumas áreas mais significativas de ocorrência de estiagem, principalmente na porção Oeste do estado, em alguns municípios localizados na fronteira com a Argentina, nas regiões do Alto Uruguai e Missões, com o número de ocorrências variando de 5 a 7, no período analisado. Há também algumas pequenas áreas mais significativas no Planalto Médio, com o número de ocorrências variando entre 4 e 5 e, de forma menos intensa, em alguns municípios localizados em parte da Serra do Sudeste, Depressão Central, onde há apenas alguns poucos municípios com o número de ocorrências variando entre 3 e 4, no período analisado.
- Verão (janeiro, fevereiro e março) - é a estação mais significativa para a ocorrência de estiagem, onde praticamente 80% do território do estado é

afetada por este tipo de desastre natural. É também nesta estação que a estiagem ocorre com maior intensidade, com vários municípios apresentando notificações de ocorrências variando entre 5 a 7 eventos, no período analisado. As áreas mais significativas estão abarcam a porção Centro-Oeste do estado, atingindo principalmente o Alto Uruguai, as Missões, o Planalto Médio, a Campanha e a Serra de Sudeste. À medida que os territórios se afastam da porção Leste do estado, ou seja, mais próxima ao Litoral, e sua localização está mais para o interior do estado, onde os efeitos da continentalidade podem ser mais sentidos, aumenta também, gradativamente, o número de ocorrências de estiagem.

No Oeste do estado, na região das Missões e Alto Uruguai, na fronteira com a Argentina, tem-se a presença da Massa Tropical Continental, de aspecto quente e seco, caracterizada pelas altas temperaturas e pouca umidade principalmente nos meses de Primavera e Outono. Ela causa o bloqueio de frentes frias oriundas da Argentina, podendo ficar vários dias sem chover e com temperatura bastante elevada, o que favorece a ocorrência de estiagem (ROSSATO, 2011).

Apenas as regiões dos Campos de Cima da Serra, a área metropolitana de Porto Alegre e toda a faixa litorânea Norte apresentam números de ocorrências de estiagem variando entre 0 e 1. Isto se deve ao fato da proximidade do oceano Atlântico contribui para a presença de ventos úmidos. Contribui também para a ocorrência de maior quantidade de precipitações a presença, nesta época do ano, da Massa Tropical Atlântica na região. É neste período que há maior atuação dos sistemas tropicais marítimos conjugados com o efeito do relevo-altitude, principalmente no Litoral Norte do estado e na região dos Campos de Cima da Serra, sendo os sistemas frontais os responsáveis pela maior parte das precipitações, com chuvas abundantes durante todo o ano (ROSSATO, 2011), o que contribui para que os eventos de estiagem sejam menos frequente nestas regiões.

- Outono (abril, maio e junho) - a estiagem no estado costuma estender-se até o outono, porém, já com menos intensidade que observado no inverno, mas em ambas as estações a área preferencial de ocorrência é o centro-oeste do Rio Grande do Sul, mas como pode ser observado no mapa, as áreas mais

afetadas são municípios da região da Serra de Sudeste, com o número de ocorrências variando entre 4 e 5, e em municípios entre as regiões do Alto Uruguai e Campos de Cima da Serra, com o número de ocorrências variando entre 3 e 4 para o período analisado.

- Inverno (julho, agosto e setembro) - é o período menos significativo para a ocorrência da estiagem, uma vez que em geral se caracteriza pela boa distribuição de chuvas no estado. Os números de ocorrências variam entre 1 e 2 e concentram-se principalmente no Planalto Médio, Missões e Alto Uruguai, não havendo nenhum município com mais de duas notificações no período analisado.

Gross (2015), em sua dissertação de mestrado, caracterizou os municípios no estado, segundo a frequência, períodos de duração e intensidades das estiagens considerando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para o período de 1991 a 2012. Este autor verificou que se destaca a porção Oeste do Rio Grande do Sul, onde os municípios de Alegrete, Itaqui, Quaraí, Santana do Livramento e Uruguaiana, localizados na região da Campanha, foram os mais afetados em 60% dos 264 meses avaliados. O município de Alegrete, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, apresentou um máximo de 172 meses com anomalias negativas de precipitação.

Considerando o período analisado neste estudo houve um total de 8.239 notificações de ocorrências de desastres naturais no Rio Grande do Sul, constatou-se que deste total 3.578 (43%) notificações correspondem a estiagem, sendo que 1.882 (53%) correspondem aos meses de verão e 1.187 (33%) aos meses de outono. Juntas estas duas estações representam 86% do total de notificações de ocorrências de estiagem.

Os municípios com maior número de notificações de ocorrências de estiagem para o período de 1985 a 2016 são:

- Fortaleza dos Valos, Machadinho e Piratini, com 17 notificações de ocorrências cada;
- Canguçu, Nonoai e Cerro Largo, com 16 notificações de ocorrências cada;
- Encruzilhada do Sul, Liberato Salzano, Coronel Bicaco, Júlio de Castilhos, São Nicolau, Crissiumal, Roque Gonzales, Selbach e Tenente Portela, com 15 notificações de ocorrências cada.

## 4.2 Enxurrada

A enxurrada ocorre devido às chuvas intensas e concentradas em um curto período de tempo que produz escoamento imediato, criando condições de inundação em poucos minutos ou poucas horas durante ou após a chuva. Isto ocorre principalmente em regiões de relevo acidentado e em bacias de drenagem de pequeno porte, fazendo com que a elevação dos caudais aconteça de forma súbita e violenta (CASTRO, 2003; IRDR, 2014).

É o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associada às áreas de domínio dos processos fluviais. Não é raro ocorrerem ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos de água com alto gradiente hidráulico e em terrenos de alta declividade (AMARAL e RIBEIRO, 2011).

As enxurradas têm um período de duração bem menor que as inundações, ocorrendo em um tempo bem próximo ao evento de chuva que a causa. Devido ao fato de que as águas se elevam rápida e repentinamente, elas provocam mais mortes que as inundações, apesar de a área de impacto ser bem menor (KOBAYAMA, 2006).

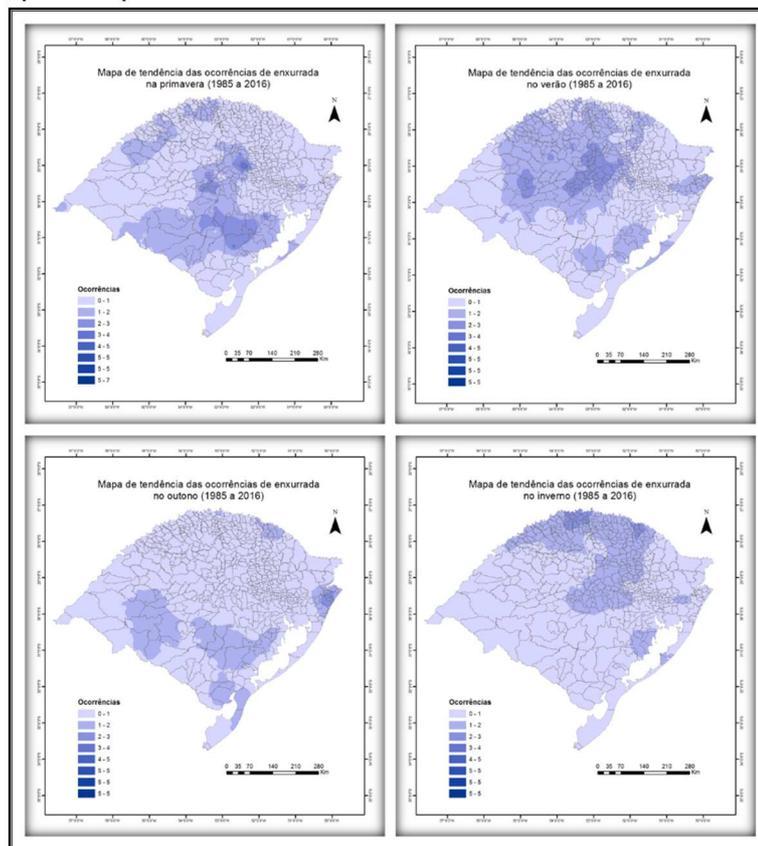
Considerando o período analisado houve um total de 1.684 notificações de ocorrências de enxurradas no Rio Grande do Sul, deste total 542 (32%) correspondem aos meses de verão (janeiro, fevereiro e março), 500 (30%) aos meses de inverno (julho, agosto, setembro), 381 (23%) correspondem aos meses de primavera (outubro, novembro e dezembro) e 261 (15%) correspondem aos meses de outono (abril, maio e junho).

Um dos fatores a ser considerados nestes números, é que nos meses de inverno a maioria dos eventos de Enxurradas ocorrem nas regiões na porção Centro-Norte do estado, onde há um número maior de municípios com territórios menores que os existentes na porção Centro-Sul. Alguns municípios na porção Centro-Sul chegam a ter sua área duas vezes maior, ou mais, que alguns municípios da porção Centro-Norte.

Como as notificações são feitas por município, é natural que na porção Centro-Norte seja verificado um número maior de notificação que no Centro-Sul, apesar de que no mapa de primavera aparenta haver mais casos de ocorrências do que no mapa de inverno.

A Figura 5 apresenta os mapas sazonais (primavera, verão, outono e inverno) das áreas de tendência de ocorrência de Enxurrada, por município, para o período de 1985 a 2016, obtidos pelo método de Krigagem Ordinária, considerando as notificações de REG, SE e ECP.

Figura 5 - Mapas das Áreas com Tendência de Ocorrência de Enxurrada, por estação do ano, para o período de 1985 a 2016



Fonte: Mapas elaborados por Codex Remote, 2017.

Analisando-se estes mapas observa-se que a localização das áreas com tendência de ocorrência de enxurradas é fortemente condicionada naquelas regiões do estado com relevos mais acidentados e declivosos, como o Alto Uruguai, Planalto Médio, Encosta Superior e Inferior do Nordeste e a Serra de Sudeste.

Considerando-se as quatro estações do ano, tem-se que:

- Primavera (outubro, novembro e dezembro) - as áreas de ocorrências de enxurradas estão localizadas principalmente na porção Centro-Sul do estado, na Serra do Sudeste onde, apesar das declividades serem altas (8% a 20%), são inferiores as declividades encontradas no Planalto Médio (20% a 45%) e na Encosta Inferior do Nordeste (45% a 75%), onde também são observadas algumas concentrações de ocorrências, variando de 3 a 5 eventos no período

analisado. Ocorrem também em menor número em parte da região da Campanha, da Depressão Central, no Alto Uruguai e Missões, na fronteira com a Argentina.

- Verão (janeiro, fevereiro e março) - elas predominam na porção Centro-Norte do estado, com maior ênfase no Planalto Médio e Encosta Inferior do Nordeste (com declividades variando de 20% a 45%) onde estão mais concentradas. Ocorrem em parte da Depressão Central e das Missões, onde as declividades variam de 8% a 20%, do Alto Uruguai, na Serra e Encosta do Sudeste e em uma pequena porção da região dos Campos de Cima da Serra e Litoral Norte. Em muitas das regiões de ocorrências mencionadas há a presença de relevo mais acidentadas, bordas de planalto, áreas com alta declividade, além de bacias hidrográficas de pequeno porte.
- Outono (abril, maio e junho) - se observa que há uma área de concentração de ocorrências de enxurrada nos rebordos entre os Campos de Cima da Serra e o Litoral Norte, onde as declividades variam de 20% até 75%, na região de Maquiné, com o número de ocorrências variando entre 2 a 4; na porção Norte do Estado, no limite entre os Campos de Cima da Serra e o Alto Uruguai, já fazendo fronteira com Santa Catarina, onde as declividades variam de 20% a 45%; na Serra e Encosta de Sudeste, onde as declividades variam de 20% a 45% e em uma parte do Litoral Sul. Ocorrem também mais para Oeste, já na região da Campanha, nos rebordos da *Cuesta do Haedo*, onde as declividades variam também de 20% a 45%.
  - Inverno (julho, agosto e setembro) - as áreas de ocorrências de enxurrada estão mais concentradas no Planalto Médio, Alto Uruguai e parte da Encosta Superior do Nordeste e Alto Uruguai (declividades variando de 20% a 45%), estando aí associadas às bacias de pequeno porte, chuvas intensas e localizadas e áreas de alta declividade. Há também algumas áreas menores de ocorrência, no limite entre a Depressão Central e a Encosta do Sudeste. Os municípios com os maiores números de ocorrência de eventos, são:
    - Fontoura Xavier com 16 notificações cada;
    - Igrejinha e Paim Filho com 11 notificações cada, e;

- Agudo, Candelária, Faxinal do Soturno, Passa Sete, São Sepé e Vicente Dutra com 10 notificações cada.

### **4.3 Vendaval**

De acordo com Castro (1998), vendaval é o desenvolvimento violento de uma massa de ar, que se forma normalmente pelo deslocamento de ar de uma área de alta pressão para outra de baixa pressão. Essas áreas também têm grande diferença de temperatura, sendo que o ar mais quente sobe e o mais frio cai. Ocorre eventualmente, quando da passagem de frentes frias, e sua força será tanto maior quanto maior for a diferença de pressão das frentes (fria e quente).

Corresponde ao número 10 (89 a 102 km/h) da Escala de Beaufort, criada por Francis Beaufort em 1805 por meio de observações empíricas relacionadas à velocidade dos ventos e as condições marinhas, e que serve como referência para a análise dos impactos e severidade dos vendavais. Normalmente são acompanhados de precipitações hídricas intensas concentradas que caracterizam as tempestades, como também podem ser acompanhados de queda de granizo.

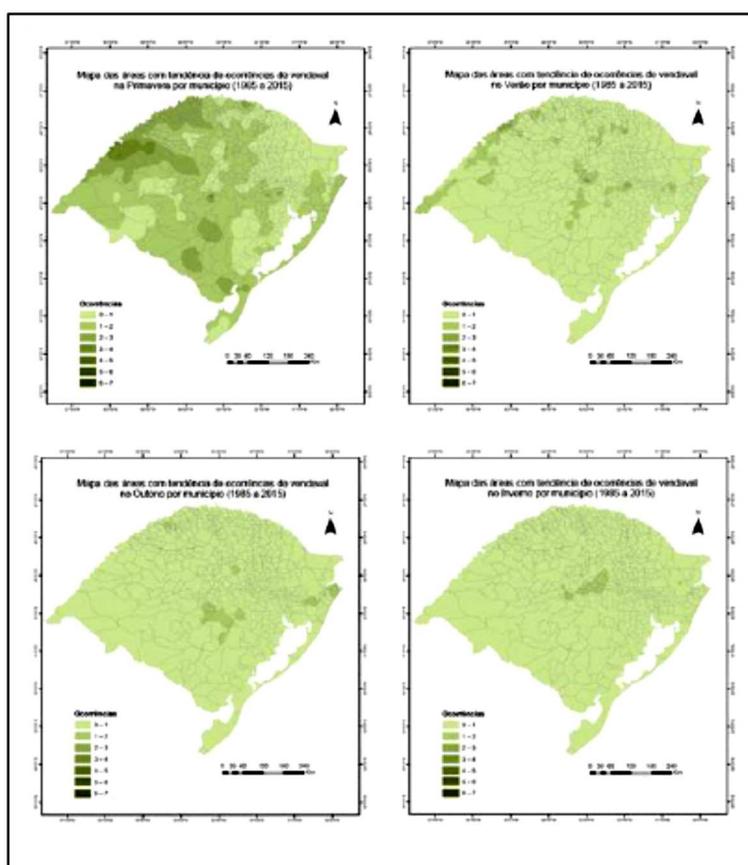
No Brasil, os vendavais têm maior atividade nos estados do Sul e Sudeste, destacando-se os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2017).

De acordo com Finotti e Santos (2013), “os vendavais são fortemente influenciados pelas características de uma região, tais como, solo, relevo, vegetação e condições meteorológicas, com isso estão entre os desastres naturais mais devastadores da região Sul do Brasil. Vendavais no estado do Rio Grande do Sul (RS) são frequentes, e quando ocorrem podem afetar a sociedade, gerando prejuízos econômicos e sociais”.

Sphor et al. (2012) mencionam que “entre os principais sistemas atmosféricos que influenciam as condições de tempo no Rio Grande do Sul (RS), favorecendo a ocorrência de desastres naturais, podem-se citar os sistemas frontais (frentes frias), as convecções locais (devido ao aquecimento diurno da superfície) e os sistemas convectivos de mesoescala (SCM). Os SCM e as Frentes Frias são os principais responsáveis por tempestades intensas (vendaval e granizo) no Rio Grande do Sul durante a primavera e o verão.”

No período entre 1985 e 2016 foram registradas 1.101 notificações de ocorrências de vendavais. A Figura 6 apresenta os mapas sazonais (primavera, verão, outono e inverno) das áreas de tendência de ocorrência de Vendaval, por município, para o período de 1985 a 2016, obtidos pelo método de Krigagem Ordinária, considerando as notificações de REG, SE e ECP.

Figura 6 - Mapas das áreas com tendência de ocorrências de Vendaval, por estação do ano, para o período de 1985 a 2016



Fonte: Mapas elaborados por Codex Remote, 2017.

Nestes mapas se observa que a estação do ano com maior número de ocorrências de vendavais, para o período analisado, é a primavera (outubro, novembro e dezembro) onde foram notificados 586 eventos, representando 53% do total. A outra estação com maior número de notificações é o verão com 233 ocorrências correspondendo a 21% do total. Juntas estas duas estações respondem por 74% (819) do total das ocorrências de vendavais no estado.

Considerando-se as quatro estações do ano, tem-se que:

- Primavera (outubro, novembro e dezembro) - as ocorrências distribuem-se praticamente por todo o estado, abrangendo principalmente as seguintes regiões: Centro-Oeste do estado, com ênfase ao Alto Uruguai e Missões, na fronteira com a Argentina, onde estão localizados os municípios mais afetados; o Litoral, de Norte a Sul; em parte da Campanha e da Encosta do Sudeste também aparecem alguns municípios afetados por vendavais. As regiões menos afetadas correspondem aos Campos de Cima da Serra, Encosta Superior e Inferior do Nordeste e Encosta do Sudeste;
- Verão (janeiro, fevereiro e março) - as ocorrências concentram-se principalmente na porção Oeste do estado, na fronteira com a Argentina e em pequenas áreas da Encosta Superior do Nordeste e Depressão Central. Nedel, Sausen e Saito (2012) ao analisar o zoneamento de ocorrências de vendavais, para o período de 1989-2009, constataram que a estação preferencial para este tipo de desastres é a primavera, seguida do verão. Estes autores observaram que o número de eventos durante a primavera é mais que três vezes o número de eventos ocorridos em outras estações e que há um aumento evidente deles a partir dos meses de inverno até a primavera, quando atingem seu pico de ocorrência diminuindo, gradativamente, nos meses subsequentes, no verão e outono.
- Outono (abril, maio e junho) – nesta estação do ano é pouco significativa a ocorrência de eventos de Vendaval, apenas em alguns municípios localizados em parte da Depressão Central e do Litoral Norte apresentaram notificações variando entre 2 a 3 eventos;
- Inverno (julho, agosto e setembro) – o mesmo ocorre nesta estação onde apenas alguns municípios de parte da Depressão Central e Planalto Médio apresentaram números de ocorrência variando de 2 a 3.  
No período analisado os municípios com maior número de ocorrências foram:
  - Sobradinho com 12 ocorrências;
  - Tupanciretã e Restinga Seca com 10 ocorrências cada;
  - São Luiz Gonzaga, Tapejara e Estrela com 9 ocorrências cada; e,
  - Porto Xavier, Soledade, Rio Pardo e Taquara com 8 ocorrências cada.

#### 4.4 Inundação

As inundações são o tipo de desastre que mais ocorre no mundo todo, tem maior número de eventos, de pessoas afetadas e as maiores perdas econômicas. Entre todos os tipos de desastres naturais no mundo, as inundações provavelmente são as mais devastadoras, que abrangem maior área, os que ocorrem com maior frequência, os que mais destroem a infraestrutura básica, desalojam populações inteiras e causam um grande número de vítimas.

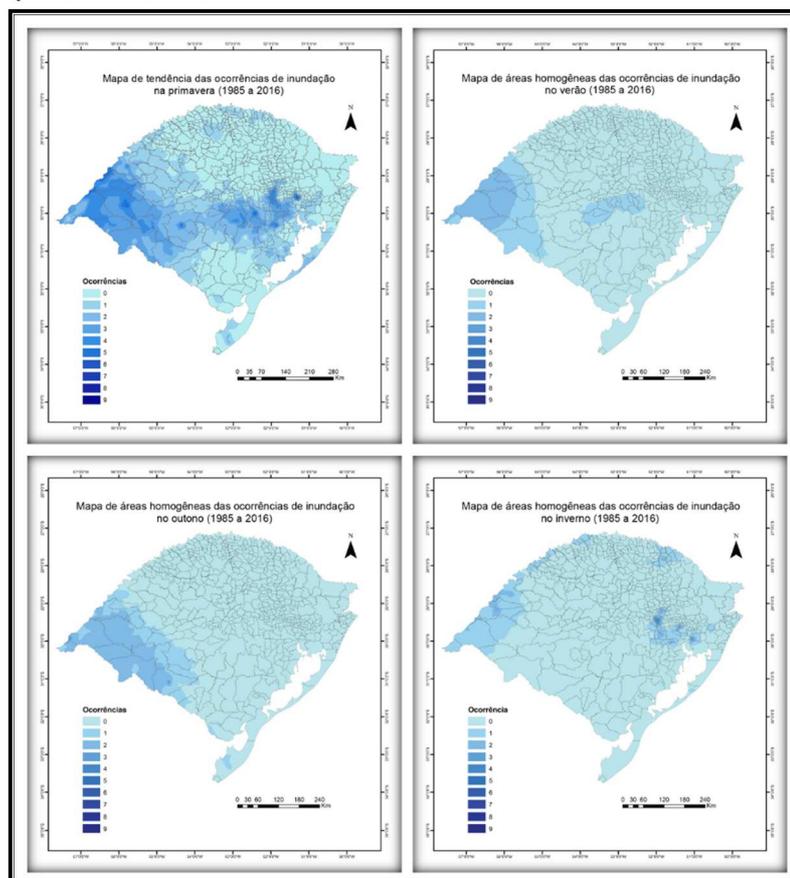
De acordo com o glossário da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), inundação é o “transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas” (CASTRO, 1998).

Para Kobiyama et al. (2006), a inundação, que é popularmente tratada como enchente, é “o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele”. Quando não ocorre o transbordamento, apesar de o rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. O que configura um desastre é a inundação e não a enchente.

Considerando o período analisado houve um total de 811 notificações de ocorrências de inundações no Rio Grande do Sul, deste total 406 (50%) correspondem aos meses de primavera (outubro, novembro e dezembro), 119 (15%) correspondem aos meses de verão (janeiro, fevereiro e março), 68 (8,4%) correspondem aos meses de outono (abril, maio e junho) e 218 (27%) aos meses de inverno (julho, agosto, setembro), estas últimas estão concentradas nas regiões próximas a área metropolitana de Porto Alegre, nas Hidrográficas dos Rios Taquari-Antas, Sinos, Gravataí e Caí.

A Figura 7 apresenta os mapas sazonais (primavera, verão, outono e inverno) das áreas de tendência de ocorrência de Inundação, por município, para o período de 1985 a 2016, obtidos pelo método de Krigagem Ordinária, considerando as notificações de REG, SE e ECP.

Figura 7 – Mapas das áreas com tendência de ocorrência de inundação, por estação do ano, para o período de 1985 a 2016



Fonte: Mapas elaborados pela Codex, 2017.

Analisando-se estes mapas observa-se que a porção Sudoeste do estado, correspondendo a região da Campanha e parte das Missões, é a área preferencial de ocorrência de inundações, em todas as estações do ano, principalmente onde estão localizados os municípios de Alegrete, Dom Pedrito, Santana do Livramento, Quaraí, Itaqui, São Borja, Uruguai, nas Bacias Hidrográficas dos Rios Quaraí, Ibicuí e Uruguai, na fronteira com a Argentina e Uruguai.

É importante salientar que muito frequentemente os eventos de inundação que ocorrem nesta região não são originados no estado, e sim por fenômenos climáticos que ocorrem fora dele, uma vez que grande parte dos afluentes das Bacias Hidrográficas, dos Rios Uruguai e Quaraí, não estão localizados no território do Rio Grande do Sul. Os afluentes da margem direita do rio Uruguai estão todos localizados em rios fora do território do estado. Os que correspondem ao alto curso da Bacia Hidrográfica estão localizados no território do estado de Santa Catarina e os afluentes que pertencem ao médio curso estão localizados na Argentina.

O mesmo acontece com os afluentes da margem esquerda pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí, que estão localizados no Uruguai.

Esta é a porção do estado que apresenta os maiores números de ocorrências em todas as quatro estações, sendo o Outono e o Verão as duas outras estações com grande número de ocorrências, depois da primavera, diminuindo apenas no inverno.

Considerando-se as quatro estações do ano, tem-se que:

- Primavera (outubro, novembro, dezembro) - é a estação onde preferencialmente há maior presença de áreas de tendência de ocorrências de inundações, e sua distribuição espacial no estado forma um eixo de inundação no sentido Leste-Oeste, entre as regiões da Depressão Central-Campanha-Missões, com destaque de algumas áreas como as que correspondem a Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas, a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, na porção a Centro-Leste, e as Bacias Hidrográficas dos Rios Ibicuí e Uruguai na porção Oeste.
- Verão (janeiro, fevereiro e março) - nesta estação as inundações concentram-se na porção Sudoeste do estado, na região da Campanha na fronteira com a Argentina e Uruguai, nas Bacias Hidrográficas do Rio Uruguai, do Rio Ibicuí e do Rio Quaraí; também nesta época do ano que ocorrem eventos de inundações na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Jacuí, na região da Depressão Central; estas regiões anualmente apresentam eventos de inundação;
- Outono (abril, maio e junho) - nesta estação do ano as inundações estão restritas exclusivamente a região da Campanha, nas Bacias Hidrográficas dos Rios Uruguai, Quaraí e Ibicuí, com ênfase nos dois primeiros, atingindo municípios das regiões fronteiriças com a Argentina e Uruguai, tais como Uruguaiana, Barra do Quaraí, Quaraí e Santa do Livramento;
- Inverno (julho, agosto e setembro) - no inverno as bacias Hidrográficas dos Rios Taquari-Antas, volta a se destacar em número de ocorrências, assim com as Bacias Hidrográficas dos Rios Sinos e Gravataí, todas localizadas na região Metropolitana de Porto Alegre. Devido as frequentes inundações nestas bacias, nesta época do ano, e, por fazerem parte da Região

Hidrográfica do Guaíba, como consequência, elas atingem também a capital do estado, Porto Alegre;

No período analisado a região Hidrográfica do Guaíba foi a que apresentou o maior número de eventos de inundação, com um total de 55, com ênfase na Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas e na Bacia do Lago Guaíba, com 14 eventos cada uma, ou seja, mais de um evento por ano, seguida pela Bacia Hidrográfica do Rio Caí, com um total de 11 eventos.

A Região Hidrográfica do Rio Uruguai teve um total de 30 eventos de inundação, com destaque para a Bacia Hidrografia do Rio Ibicuí, um dos seus afluentes, que também registrou 11 eventos de inundação. Esta bacia hidrográfica, juntamente com a do Rio Caí, tiveram um episódio de inundação a cada ano.

Os municípios com maior número de ocorrências de eventos de inundação são:

- São Sebastião do Caí com 16 registros;
- Alegrete e Itaqui com 15 registros cada;
- Estrela e Uruguaiana com 14 registros cada;
- Dom Pedrito e Quaraí com 13 registros cada; e
- São Borja e São Jerônimo com 12 registros cada.

#### **4.5 Granizo**

O granizo (ou saraivada) é um fenômeno meteorológico, uma forma de precipitação, que consiste na queda de pedaços de gelo irregulares que são comumente chamados de pedras de granizo. Podem medir de 5mm até 200mm, alcançando o tamanho de uma laranja ou de uma bola de tênis.

Ele se forma quando pequenas partículas de gelo caem dentro das nuvens, recolhendo assim a umidade. Essa se congela e as partículas são levadas para cima novamente pelas correntes de ar ascendente, aumentando assim de tamanho, isso acontece várias vezes, até que a partícula se transforma em granizo.

Quanto mais fortes forem as correntes ascendentes, mais vezes este ciclo se repetirá para cada grânulo e, mais ele crescerá, até que se torna demasiado pesado, cai da nuvem e acelera sob a ação da gravidade em direção à superfície da Terra.

Os granizos grandes podem estragar plantações, como as culturas de frutas de clima temperado – maçã, pera, pêssego, kiwi, uva – ou de trigo, milho soja e a

fumicultura que são as mais vulneráveis ao granizo. Podem também perfurar telhados - principalmente os cobertos por telhas de amianto com espessura menor que 6mm -, amassar carros, quebrar para-brisas e danificar aviões.

De acordo com as notificações (REG, SE e ECP) de ocorrência de granizo, por município, para o período de 1985 a 2016, a região Centro-Norte do Rio Grande do Sul foi a mais afetada, com exceção da Campanha, Campos de Cima da Serra, Encosta do Sudeste e Litoral Norte.

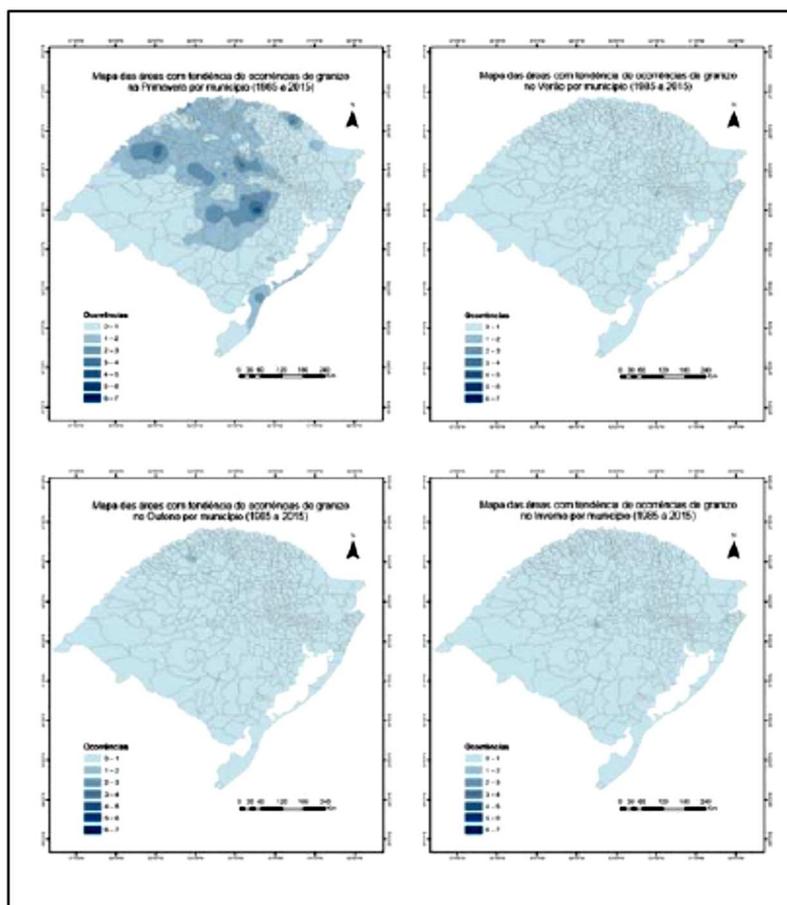
Considerando o período analisado houve um total de 792 notificações de ocorrências de Granizo no Rio Grande do Sul, deste total 451 (57%) correspondem aos meses de primavera (outubro, novembro e dezembro), 116 (15%) correspondem aos meses de verão (janeiro, fevereiro e março), 85 (11%) correspondem aos meses de outono (abril, maio e junho) e 140 (18%) aos meses de inverno (julho, agosto, setembro), estas últimas estão concentradas nas regiões próximas a área metropolitana de Porto Alegre.

A Figura 8 apresenta os mapas com a distribuição do número de ocorrências de granizo para cada estação do ano por município para o período analisado.

Considerando-se as quatro estações do ano, tem-se que na Primavera (abril, maio e junho) é a estação onde praticamente ocorrem os eventos mais significativos de Granizo no estado, sendo que mais da metade das notificações ocorrem nesta estação. Comparando-se o mapa da primavera com os das outras estações se observa que os eventos de granizo não são significativos para o período analisado, não passando de 0 a 1 evento por estação.

Nedel et al. (2012), ao analisarem as ocorrências de granizo do Rio Grande do Sul para o período de 1989 a 2009, também constataram que a estação preferencial para as ocorrências deste tipo de desastre foi a primavera, seguida do inverno. Eles puderam observar que o número de ocorrências durante a primavera foi maior, inclusive, que a soma de todas as ocorrências das outras estações do ano.

Figura 8 – Mapas das áreas com tendência de ocorrência de granizo, por estação do ano, para o período de 1985 a 2016



Fonte: Mapas elaborados por Codex Remote, 2017.

As principais áreas de ocorrências se distribuem desde a região da Depressão Central, Planalto Médio e Missões, se observa também outra área de concentração de ocorrência de granizo no Litoral Sul do estado entra a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim.

Os municípios com o maior número de ocorrências de granizo, no período analisado, foram:

- Espumoso e Venâncio Aires com 9 ocorrências;
- Salto do Jacuí com 8 ocorrências;
- Rio Pardo e São José do Norte com 7 ocorrências cada;
- Nonoai, Júlio de Castilhos, Rio Grande, Estrela Velha, Fontoura Xavier e Candelária com 6 ocorrências cada.
-

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao término das análises é possível concluir que dos cinco tipos de desastres estudados, três (Vendaval, Inundação e Granizo) deles tem seu principal período de ocorrência na primavera e dois (Estiagem e Enxurrada) no verão.

De um modo geral os eventos de desastres se distribuem da porção Leste (a menos afetada) para a porção Oeste do estado, principalmente para os referentes a Estiagem, Vendaval e Inundação, e mais no sentido Norte (a mais afetada) para Sul (a menos afetada) para os eventos de Enxurrada e Granizo, este último com tendências a porção Noroeste.

Porém, para todos os desastres analisados, o Litoral do estado é a porção menos afetada, e quanto mais para o interior, maior o número de ocorrências, principalmente para aqueles relacionados a fenômenos hídricos (presença ou ausência) como a estiagem e as inundações.

A técnica da Krigagem Ordinária foi adequada para o mapeamento das áreas de tendências de ocorrências de desastres no Rio Grande do Sul, pois possibilita caracterizar as áreas preferenciais de ocorrência de cada um dos tipos de eventos analisados, o que se configura em uma ferramenta importante para o planejamento de ações de prevenção e mitigação de desastres.

Isto se torna mais valioso ainda, se for considerado que anualmente os dados de notificações de ocorrências de desastres são atualizados no S2ID, o que permite também a constante atualização dos mapas de áreas de tendências de ocorrências. Estas informações podem ser integradas com dados socioeconômicos, de infraestrutura, uso e cobertura do solo, etc. de tal forma que seja possível fazer um planejamento adequado para a gestão de desastres, para a avaliação de dados, para o apoio na tomada de decisão no momento de aplicação de verbas ou decidir sobre a realização de obras de infraestrutura e no desenvolvimento de políticas de prevenção de desastres, assim como na construção de uma base de dados, que seja dinâmica e atualizada.

### **MAPPING OF NATURAL DISASTERS IN RIO GRANDE DO SUL FOR THE PERIOD 1985-2016**

#### **ABSTRACT**

Across the globe, physical processes of varying intensities that form part of Earth's natural dynamics such as floods, floods, landslides, earthquakes, volcanic eruptions, and tsunamis occur independently of man's actions. The impacts caused by natural disasters can be enhanced by socioeconomic factors, such as the lack of urban planning, effective implementation of public policies for disaster prevention, low population purchasing power and cultural capacity. Natural disasters happen all over the world very often and affect both developed and developing countries and, without distinction, cause damage to all layers of society, from the richest to the poorest. In general, disaster events are distributed from the eastern portion (the least affected) to the western portion of the state, mainly to those referring to Drought, Gale and Flood, and more in the North (most affected) to the South less affected) for the events of Enxurrada and Hail, the latter with tendencies to the Northwest portion. However, for all disasters analyzed, the State Coast is the least affected portion, and the more inland, the greater the number of occurrences, especially for those related to water phenomena (presence or absence) such as drought and floods. The Ordinary Kriging technique was adequate for the mapping of areas of trends of disasters occurrence in Rio Grande do Sul, because it allows to characterize the preferred areas of occurrence of each of the analyzed types of events, which is an important tool for the planning of actions of prevention and mitigation of disasters.

**Keywords:** Natural disasters. Occurrence mapping. Mitigation.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R.; **Inundações enchentes**, Cap. 3; In: Desastres Naturais: conhecer para prevenir; Org. Tominaga, L.K.; Santoro, J.; Amaral, R.; 1ª ed., 2ª reimpressão, Instituto Geológico, 2011, p. 39-52

ANA-Agência Nacional de Águas; **Região Hidrográfica do Uruguai**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/uruguai.aspx>>. Acesso em: 20 de mar. 2016

CASTRO, A.L.C.; **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**; 2ª Edição, Ministério do Orçamento e Planejamento, 1998. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Manuais-de-Defesa-Civil/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pd>>. Acesso em: 12 de fev. de 2016

\_\_\_\_\_; CALHEIROS, L.B.; RESENDE CUNHA, M.I.R.; BRINGEL, M.L.N.C.; **Manual de Desastres, Vol.1, Desastres Naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003, p.174. Disponível em:

R. gest. sust. ambient., Florianópolis,. v. 7, n. esp p. 268-302, jun. 2018.

<[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=47a84296-d5c0-474d-a6ca-8201e6c253f4&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=47a84296-d5c0-474d-a6ca-8201e6c253f4&groupId=10157)>. Acesso em: 02 mar. 2016

FELGUEIRAS, C.A. **Modelagem Ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica**: o paradigma geoestatístico por indicação. 1999. 213 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/2001/08.03.12.35/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

FINOTTI, E; SETZER, A. W.; SPOHR, N. A.; SAITO, S.M.; SAUSEN, T.M.; **Análise de ocorrência de vendavais na Região Sul do Brasil - Relatório final de projeto de iniciação científica (PIBIC/CNPQ/INPE)**; jun. 2010. P.35; Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.16.17.59/doc/Elis%e2ngela%20Finotti.pdf?metadatarpository=&mirror=sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/08.21.17.02.53>>, Acesso em: 20/07/2017

FINOTTI, E.; SANTOS, D.C.; **Análise de ocorrência de vendavais no Rio Grande do Sul**; Ciência e Natura Edição Especial VIII Workshop Brasileiro de Micrometeorologia; Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM Revista Ciência e Natura, Santa Maria, ISSN: 2179-460X Edição Esp. dez. 2013. p. 518 – 520; Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5902/2179-460X12525>>, Acesso em: 20/07/2017

GROSS, J.A.; **Índice de Anomalia de Chuva (IAC) dos municípios do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens no período de 1991 a 2012**; Dissertação de mestrado; UFSM, 2015. p.99, Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppggeo/images/dissertacoes/dissertacoes\\_2015/DISSERTA%C3%87%C3%83OJOCELI.pdf](http://w3.ufsm.br/ppggeo/images/dissertacoes/dissertacoes_2015/DISSERTA%C3%87%C3%83OJOCELI.pdf)> Acesso em: 07 de fev. de 2016

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017). **Glossário**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario#S>>: Acesso em: 20/07/2017

IRDR- Integrated Research on Disaster Risk. (2014). **Peril Classification and Hazard Glossary**(IRDR DATA Publication No. 1). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk. Disponível em: <[http://www.irdrinternational.org/wp-content/uploads/2014/04/IRDR\\_DATA-Project-Report-No.-1.pdf](http://www.irdrinternational.org/wp-content/uploads/2014/04/IRDR_DATA-Project-Report-No.-1.pdf)> Acesso em: 20/06/2016

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZATTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M.; **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**; Ed. Organic Trading, 2006, p.109

NEDEL, A.; SAUSEN, T.M.; SAITO, S.M.; **Zoneamento dos desastres ocorridos no estado do Rio Grande do Sul no período 1989-2009: granizo e vendaval**; Revista Brasileira de Meteorologia, Vol.27 Nº2, São Paulo, julho de 2012. Disponível em:< [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862012000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862012000200001)>. Acesso em: 03 de mar. 2017

R. gest. sust. ambient., Florianópolis,. v. 7, n. esp p. 268-302, jun. 2018.

PACHECO, M. F. de S.D. **Divisão Regional do Rio Grande do Sul**. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, CEMAPA, 1(4):7-17, maio/jun; ISSN 2446-7251; 1956. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3344>>. Acesso em: 15 dez.2016

PORTAL SÃO FRANCISCO; **Geografia/Vendaval**; Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/vendaval>>, Acesso em: 20/07/2017

RAMÍREZ, P. O.; BRENES, A. **Informe sobre las condiciones de sequía observadas en el Istmo Centroamericano en el 2001**. San José, Costa Rica: Sistema de Integración Centroamericana (SICA), Comité Regional Recursos Hidráulicos (CRRH), 2001. 33 p.

ROSSATO, M.S.; **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologias**; Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Instituto de Geociências; Programa de Pós-Graduação em Geografia; 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/32620>>. Acesso em: 26 dez. 2016

SAITO, S.M; SORIANO, E.; LONDE, L.R.; **Capítulo 1 Desastres Naturais**; in SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M.S.P.; Org. Sensoriamento Remoto para desastres; São Paulo, Oficina de Textos,2015. p. 23-42

SAUSEN. T.M.; LACRUZ.M.S.P.; Org. **Sensoriamento Remoto para desastres**; São Paulo, Oficina de Textos,2015. p. 23-42

SEMA-Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; **Bacias Hidrográficas do RS**; 2017. Disponível em: <[Http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas](http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas)>. Acesso em: 05 jan. 2017

UFSC-Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Rio Grande do Sul** / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012. 94 p.: il. color; 30 cm. Disponível em: < <http://150.162.127.14:8080/atlas/atlas.html>>. Acesso em: 27 dez. 2016

UFSM/SEMA; **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**; 2002. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/fisiografia.htm>>. Acesso em: 14 de fev. de 2016

ZAIONS, M.; **Mapa Morfológico do Estado do Rio Grande do Sul**; 1989; Cap. IV Mapas Temáticos; Preservação do Acervo Cartográfico do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.ihgrgs.org.br/mapoteca/cd\\_mapas\\_rs/CD/imagens/mapas/cap\\_4/cap\\_4.2/images/389-145.jpg](http://www.ihgrgs.org.br/mapoteca/cd_mapas_rs/CD/imagens/mapas/cap_4/cap_4.2/images/389-145.jpg)>. Acesso em 17 de dez. 2016