



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA



Estatística Espacial e Análise de Cluster em dados de desastres naturais: Mapeamento das estiagens e inundações no Rio Grande do Sul entre 2003 e 2009

Autor: Andrigo Rodrigues

Orientador: Profa. Dra. Jandyra Maria Guimarães Fachel
Co-orientador: Profa. Dra. Alexandra Passuello

Porto Alegre, 05 de Dezembro de 2011.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Matemática
Departamento de Estatística

**Estatística Espacial e Análise de
Cluster em dados de desastres
naturais: Mapeamento das estiagens e
inundações no Rio Grande do Sul
entre 2003 e 2009**

Autor: Andrigo Rodrigues

Monografia apresentada para obtenção
do grau de Bacharel em Estatística.

Banca Examinadora:
Profa. Dra. Jandyra Maria Guimarães Fachel (orientador)
Profa. Dra. Sídia Maria Callegari-Jacques

Porto Alegre, 05 de Dezembro de 2011.

Dedico este trabalho a meus pais Terezinha Micheleto Rodrigues e Avelino Antônio Rodrigues, que sempre me apoiaram em todos os sentidos, desde o início desta jornada, há 5 anos atrás, até os dias atuais, sendo minha fonte de inspiração. Certamente neste trabalho está um pouco da energia e do pensamento deles.

“O homem é parte da natureza e a sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo... Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos” (Rachel Carson – Primavera Silenciosa)

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Terezinha e Avelino, pelo apoio e amor incondicional, sem eles esta caminhada teria sido muito mais difícil.

À Deus por me dar força, saúde e iluminar sempre minha vida.

À minha amiga, companheira e colega de formatura, Letícia Herrmann, pelas longas horas de estudo, de ensinamento, de amizade, de carinho e de momentos especiais que passamos juntos nestes 4 anos de convivência.

A todos os meus familiares, em especial ao meu irmão Alyson e minhas sobrinhas Suyane e Eduarda, por entenderem a minha ausência nestes longos 5 anos.

A todos os professores do Departamento de Estatística da UFRGS, pelos ensinamentos transmitidos. Dentre eles, faço um agradecimento especial à professora Jandyra Fachel, por sua paciência, seus conselhos, dedicação ao ensino, atenção e horas dedicadas à orientação deste trabalho, e à professora Luciana Nunes, pelas conversas, emails trocados e pela amizade.

Aos amigos e colegas de formatura, Henrique “Alemão” Helfer, Mariana Bartels, Mauro Lacerda, Eduardo Seligman, Elaine Schujmann, Maurício Belleza, Roberto Moreira e Greice Laureano, obrigado pela amizade de vocês e que nossa formatura seja inesquecível.

A todos os pesquisadores do Grupo de Gestão de Riscos de Desastres (GRID), pela compreensão e pelas horas cedidas para poder escrever este trabalho, em especial às professoras Alexandra Passuello e Cristiane Pauletti, pelas idéias, conhecimento transmitido, sugestões e críticas construtivas a este trabalho.

Ao meu “pai adotivo” Juliano Bitencourt Campos e ao mestre dos mestres Marcos Back, por plantarem a ideia de vir para a UFRGS fazer esta graduação, por todo o apoio durante esse tempo e pela maravilhosa amizade de vocês. E também à minha “mãe adotiva” Silvia Dagostin e meu “maninho adotivo” Vinicius.

À grande amiga Sabrina Zanatta Grebin, que foi praticamente a minha família nos dois primeiros anos em Porto Alegre. Obrigado por tudo, cara “Bina”.

Ao Irmão e a Maninha que a vida me deu, Rodrigo Ziliotto e Merieli Ronsani, por todo o apoio e força que vocês me deram nos momentos mais difíceis desta caminhada e pela presença espiritual constante em minha vida.

As novas amigas feitas nestes 5 anos, Fábio “mestre” Oliveira, Mateus “Japa” Becker, Natália Barbieri, Pricila Maciel, Dárcio Miranda, Eglê Ronsoni, Marcel Becker,

Jonas “Brother” Pacheco, Jonas Hendler, Diego Souza e todos os outros que sabem que fizeram parte de mais esta etapa em minha vida.

A todos os bons e velhos amigos de anos, Guilherme Deolinda, Eduardo “Duda” Oliveira, Cristina Santos, Evandro Micheleto, Guilherme “Tatinha” Augusto, Maurício Rocha, Marine Smielevski, Daniela Oliveira e tantos outros que souberam entender a minha ausência durante estes anos.

À colega Aline Passuelo, pelas instruções e ajuda no uso do software CoreIDRAW.

À amiga Pâmela Bergonci, pelas instruções e dicas preciosas sobre o uso do TerraView.

A todos os profissionais do sistema PED/RMPA e da FEE, pelos dois anos de estágio. Dentre eles, faço um agradecimento especial à Estatística Ana Paula Queiroz Sperotto, pelos conselhos, amizade, profissionalismo e exemplo de chefia, e ao Estatístico Jeferson Daniel de Matos, pelos ensinamentos, amizade e trabalhos particulares solicitados em momentos, digamos, financeiramente difíceis.

E a todas as pessoas e amigos não citadas nominalmente, mas que sabem da participação, de alguma maneira, em mais esta conquista.

E um agradecimento muito especial a todos os brasileiros que, através do pagamento de seus impostos, me proporcionaram uma educação pública, gratuita e de qualidade.

Resumo

Todos os anos boa parte dos municípios do Rio Grande do Sul sofrem com a ocorrência de eventos extremos, que acabam se configurando em desastres naturais devido aos prejuízos socioeconômicos e humanos gerados. Entre 2003 e 2009, foram registrados pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul (CEDEC/RS) 1.640 desastres naturais, atingindo 94,6% dos municípios do estado e mais de 7.500.000 pessoas. Destes 1.640 desastres registrados, 64,6% (1.060) foram eventos de estiagens e 11% (181) de inundações, representando 75,6% do total de desastres naturais ocorridos neste período. Assim, este estudo visa analisar os padrões destas ocorrências de estiagens e inundações nos municípios do Rio Grande do Sul, registradas pela (CEDEC/RS), entre 2003 e 2009, focando nos danos socioeconômicos e humanos causados por estes eventos. No período estudado, foram identificadas duas grandes estiagens, sendo que a primeira resultou na decretação de situação de emergência de 381 municípios em um período de 88 dias (entre 02/02/2004 e 29/04/2004), atingindo cerca de 1.680.000 habitantes gaúchos. A segunda grande estiagem fez 404 municípios decretarem situação de emergência em um período de 85 dias (entre 27/12/2004 e 21/03/2005), afetando em torno de 2.456.000 moradores do estado. Em 37 municípios gaúchos houve registros de inundação e em menos de seis meses depois, o registro de estiagens, evidenciando, talvez, uma falta de medida preventiva, como por exemplo, o armazenamento da água das chuvas em reservatórios para a utilização em épocas de estiagem. A análise de *cluster* identificou quatro grupos de municípios com prejuízos socioeconômicos e humanos homogêneos, devido à ocorrência de inundações no período estudado. Por fim, este trabalho traz um manual de utilização do software TerraView, em forma de tutorial, mostrando o passo a passo para trabalhar com dados georreferenciados em ambiente SIG.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Motivação e Justificativa do Trabalho	9
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivos Específicos	10
1.3. Estrutura do Trabalho	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. Definição e Classificação dos Desastres	11
2.2. Desastres Naturais	12
2.3. Estiagens	16
2.4. Inundações	18
2.5. Análise de <i>Cluster</i>	19
2.6. Estatística Espacial	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1. Dados de Desastres Naturais	22
3.2. Estruturação e Consistência do Banco de Dados	22
3.3. Criação do Indicador Municipal de Estiagem	23
3.4. Softwares Utilizados	24
4. RESULTADOS	25
4.1. Estiagens	25
4.2. Inundações	35
4.3. Análise de <i>Cluster</i>	38
4.4. Estiagens e Inundações	42
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6. TUTORIAL DO TERRAVIEW	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE A: TABELAS	71

1. INTRODUÇÃO

Todos os anos grande parte dos municípios do Rio Grande do Sul são atingidos por eventos extremos que, devido aos significativos prejuízos socioeconômicos e humanos, inclusive com perdas de vidas, acabam se configurando em desastres. De acordo com Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul (CEDEC/RS), no ano de 2010 foram registrados mais de 189 casos de desastres naturais, atingindo cerca de 33,5% dos municípios gaúchos.

As informações contidas no banco de dados da CEDEC/RS referem-se apenas aos desastres que provocaram a decretação de situação de emergência e/ou estado de calamidade pública, geradas a partir da impossibilidade do município atingido absorver de forma autônoma os prejuízos provocados pelos eventos extremos. Estas informações são extraídas do Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN), documento que deve ser elaborado pelos municípios para homologação do decreto de situação de emergência ou estado de calamidade pública.

No formulário do AVADAN constam informações referentes ao tipo de desastre, data do evento, prejuízos causados na agricultura, indústria, comércio, pecuária, socioeconômicos e humanos, entre outras informações. Estes documentos contem uma riqueza de informações que auxiliam na compreensão dos fenômenos ocorridos, bem como o impacto provocado na localidade atingida. Entretanto, estas informações muitas vezes não são bem aproveitadas para estudos e acabam por permanecer ignoradas no banco de dados da Defesa Civil.

Acompanhando os noticiários, é facilmente visível que a grande maioria dos desastres que atingem o Rio Grande do Sul está relacionada com alterações meteorológicas, que em alguns momentos provocam a ocorrência de intensas precipitações pluviométricas, e em outros momentos, provocam longos períodos sem a ocorrência de chuvas.

SAITO *et al* (2011) consideram que, para um estado essencialmente agrícola como o Rio Grande do Sul, os desastres naturais geram prejuízos que afetam excessivamente a sua economia, uma vez que as estiagens prejudicam todos os estágios de crescimento das culturas da produção agrícola no estado, enquanto as inundações bruscas e graduais provocam perda das colheitas e podem levar à contaminação por agrotóxicos e à percolação do solo. Assim, um grande número de ocorrências de

estiagens e inundações registradas reflete negativamente na economia do Estado do Rio Grande do Sul.

O presente trabalho buscará compreender o padrão das ocorrências dos desastres naturais ocorrido no Rio Grande do Sul no período entre 2003 e 2009, restringindo as análises aos prejuízos socioeconômicos e humanos causados pelas estiagens e inundações.

1.1. Motivação e Justificativa do Trabalho

Nos últimos anos, a Defesa Civil Brasileira tem adotado uma nova abordagem de trabalho, que objetiva a gestão integrada de risco e desastres, focando na prevenção e preparação do órgão para minimizar os danos provocados pelos eventos extremos. Entretanto, para trabalhar com prevenção é necessário obter um conhecimento completo dos problemas enfrentados por cada localidade, possibilitando definir quais serão as ações estruturais para redução dos potenciais prejuízos. Sendo assim, a organização sistemática das informações contidas no bando de dados da Defesa Civil pode se configurar em uma ferramenta de auxílio para a tomada de decisão por parte do poder público.

Este trabalho está inserido dentro de um projeto mais amplo, que se encontra em desenvolvimento pelo grupo de Gestão de Risco de Desastres (GRID) no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, e tem como objetivo principal o mapeamento dos municípios mais suscetíveis aos desastres naturais. Os resultados aqui mostrados podem auxiliar os órgãos públicos a tomar medidas para a mitigação das consequências dos mesmos através do uso da engenharia.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é analisar os padrões das ocorrências de estiagens e inundações registradas pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, ocorridas nos municípios do Rio Grande do Sul, no período entre 2003 e 2009. As análises foram focadas nos danos socioeconômicos e humanos causados por estes eventos.

1.2.1. Objetivos Específicos

- Estudar a distribuição espaço temporal das ocorrências de estiagens e inundações no Rio Grande do Sul, bem como da proporção da população atingida por estes eventos, no período entre 2003 a 2009;
- Elaborar um indicador que leve em conta o número de ocorrências e a proporção da população atingida pelas estiagens no Rio Grande do Sul, entre os anos de 2003 a 2009;
- Identificar grupos de municípios que apresentaram prejuízos socioeconômicos e humanos similares, gerados pelos danos causados pelas inundações, através da Análise de *Cluster*;
- Elaborar um manual de utilização do software TerraView para a geração dos mapas deste estudo.

1.3. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em seis capítulos, estruturados da seguinte forma:

O capítulo 1 é caracterizado pela contextualização do estudo, através da apresentação da introdução, justificativa e a motivação para a realização deste trabalho, bem como os objetivos gerais e específicos.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica dos conceitos básicos, dos tipos de desastres naturais e das principais técnicas estatísticas que serão utilizadas neste estudo.

O capítulo 3 fornece as informações referentes ao banco de dados, a forma como foi criado o indicador municipal de estiagem e os softwares utilizados neste trabalho.

O capítulo 4 mostra os resultados deste estudo, diferenciando as análises realizadas sobre as estiagens e inundações, além de mostrar uma relação entre estes dois eventos.

No capítulo 5 está uma descrição detalhada de como utilizar o TerraView 4.0, desde a instalação do programa até a elaboração de mapas, na forma de tutorial.

O capítulo 6 reporta as considerações finais deste trabalho, indicando as dificuldades e limitações encontradas na realização deste estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição e Classificação dos Desastres

De acordo com a Política Nacional de Defesa Civil, os desastres podem ser definidos como o resultado de eventos adversos sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e, conseqüentemente, prejuízos socioeconômicos (Brasil, 2007).

De forma similar, a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres, da Organização das Nações Unidas (EIRD/ONU, 2004), caracteriza os desastres como uma interrupção notável no funcionamento de uma comunidade ou sociedade, que ocasiona uma grande quantidade de mortes e perdas em impactos materiais, econômicas e ambientais que excedam a capacidade da sociedade afetada em restituir a normalidade de forma autônoma.

Diversas instituições internacionais são responsáveis por ações voltadas para pesquisas e estudos sobre desastres. Em 1973, na Bélgica, foi fundado o Centre for Research on the Epidemiology of Disaster (CRED), uma instituição sem fins lucrativos, que atua em parceria com diversas instituições internacionais no desenvolvimento de atividades que possam contribuir para a redução dos impactos na população, causados pelos eventos adversos.

Para estabelecer diretrizes que proporcionem a redução dos danos causados pelos desastres, é fundamental conhecer os problemas específicos de cada localidade e por este motivo é de fundamental importância conhecer o histórico dos eventos ocorridos. Sendo assim, o CRED desenvolveu uma plataforma internacional denominada EM-DAT que reúne informações dos maiores desastres ocorrido no mundo. Segundo esta plataforma, os desastres podem ser agrupados em dois grandes grupos, os naturais e os tecnológicos. Os desastres naturais, foco deste trabalho, ainda podem ser subdivididos em geofísicos, meteorológicos, hidrológicos, climatológicos e biológicos (CRED, 2011).

Pelo órgão americano responsável pela gestão de questões relativas aos desastres - Federal Emergency Management Agency (FEMA), a classificação é feita em três grupos: os desastres naturais, os desastres advindos dos perigos tecnológicos e acidentais e os provocados pelos perigos terroristas (FEMA, 2011).

No Brasil, a Secretaria Nacional de Defesa Civil também classifica os desastres em três grandes grupos, porém com diferenças em relação da classificação da FEMA. Os

desastres no Brasil são subdivididos em naturais, humanos e mistos. Os desastres naturais são conseqüências de eventos climáticos ou da natureza. Os desastres humanos são aqueles onde existe uma ação antrópica, que pode ser de origem tecnológica, social ou biológica. Os desastres mistos, entretanto, são aqueles que ocorrem quando as ações e omissões humanas contribuem para intensificar ou agravar fenômenos potencialmente indutores de desastres.

Conforme é possível perceber das diferentes classificações acima apresentadas, a forma como um desastre é caracterizado depende da instituição reguladora, entretanto verifica-se que todas elas concordam quanto à diferenciação dos desastres causados por fenômenos de origem natural.

Ainda, segundo a classificação da Defesa Civil Brasileira, adotada neste trabalho, os desastres naturais são aqueles provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza sendo gerados por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana. Este tipo de desastre pode ainda ser subdividido em quatro grupos menores: os desastres naturais de origem sideral, aqueles relacionados com a geodinâmica terrestre externa, os relacionados com a geodinâmica terrestre interna e aqueles relacionados com o desequilíbrio da biocenose.

Este trabalho focará os estudos nas inundações e estiagens, que são desastres naturais relacionados com a geodinâmica terrestre externa da Terra através do incremento ou intensa redução das precipitações hídricas.

2.2. Desastres Naturais

De forma simplificada, os desastres naturais podem ser conceituados como o resultado do impacto de um fenômeno natural intenso ou extremo sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excedam a capacidade dos afetados em conviver com o impacto (MARCELINO, 2008).

Nas últimas décadas, tem-se verificado um aumento no número de ocorrências de desastres naturais no mundo. Segundo EM-DAT (2011), no ano de 1975 foram registrados pouco mais de 50 desastres naturais, entretanto este número aumentou para mais de 400 registros no ano de 2010, com picos nos anos de 2000, 2002 e 2005, conforme visualizado na Figura 1.

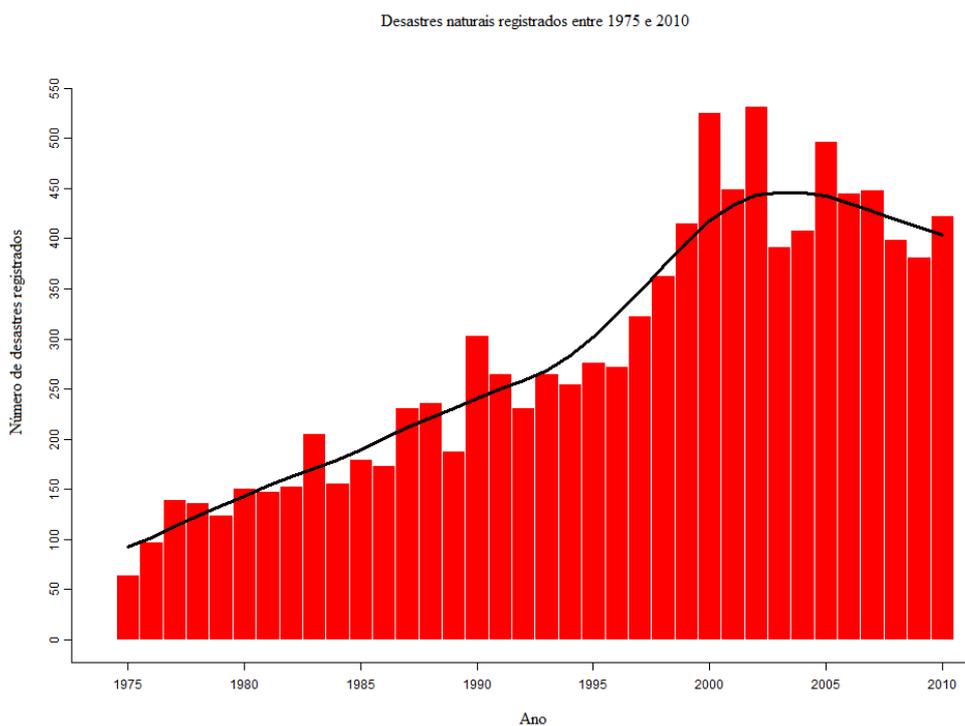


Figura 1: Evolução do crescimento mundial (1975 a 2010) no número de ocorrências de desastres naturais.
 Fonte: EM-DAT (2011).

Estes desastres naturais atingem milhões de pessoas pelo mundo todos os anos, conforme mostra os dados do EM-DAT na Figura 2, onde podemos observar o registro de quase 200.000.000 de pessoas atingidas por desastres naturais no ano de 2010. Destacamos ainda, um pico em 2002, ano onde foram registrados aproximadamente 700.000.000 de pessoas afetadas.

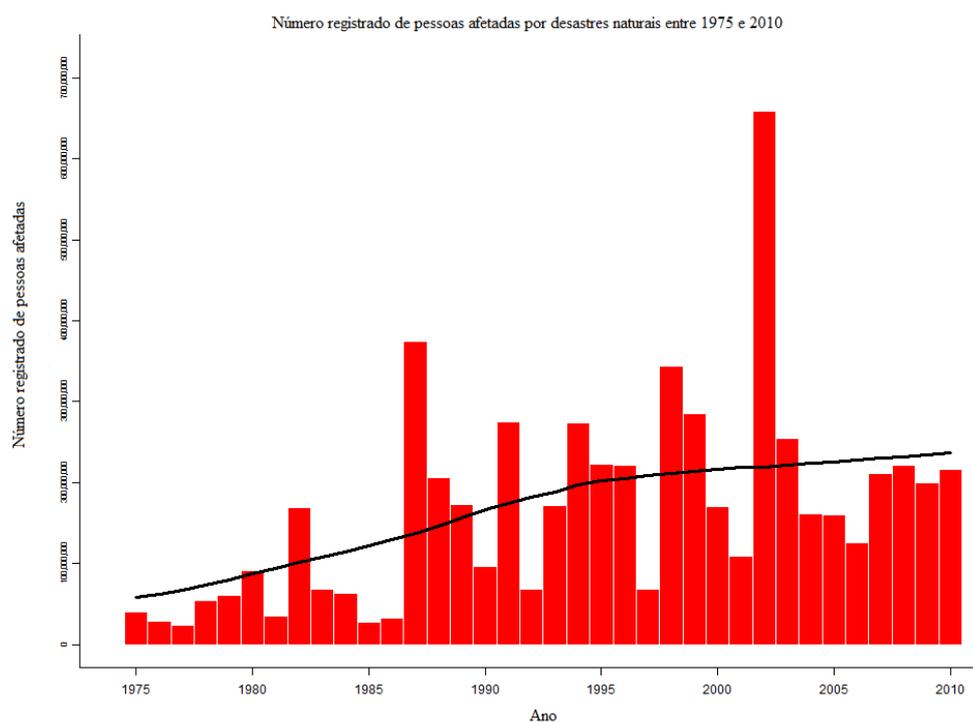


Figura 2: Evolução do crescimento mundial (1975 a 2010) no número de pessoas atingidas por desastres naturais. Fonte: EM-DAT (2011).

Ainda segundo o EM-DAT, no ano de 1975 os prejuízos estimados devidos aos desastres naturais eram algo em torno de 5 bilhões de dólares, passando para aproximadamente 120 bilhões de dólares em 2010 (Figura 3). Em 2005, ano em que ocorreu o Furacão Katrina nos Estados Unidos, os prejuízos devido a desastres naturais no mundo ficaram em torno de 210 bilhões de dólares e em 2008, ano em que houve um terremoto em Wenchuan, na província de Sichuan, oeste da China, os prejuízos somaram aproximadamente 190 bilhões de dólares em todo o mundo.

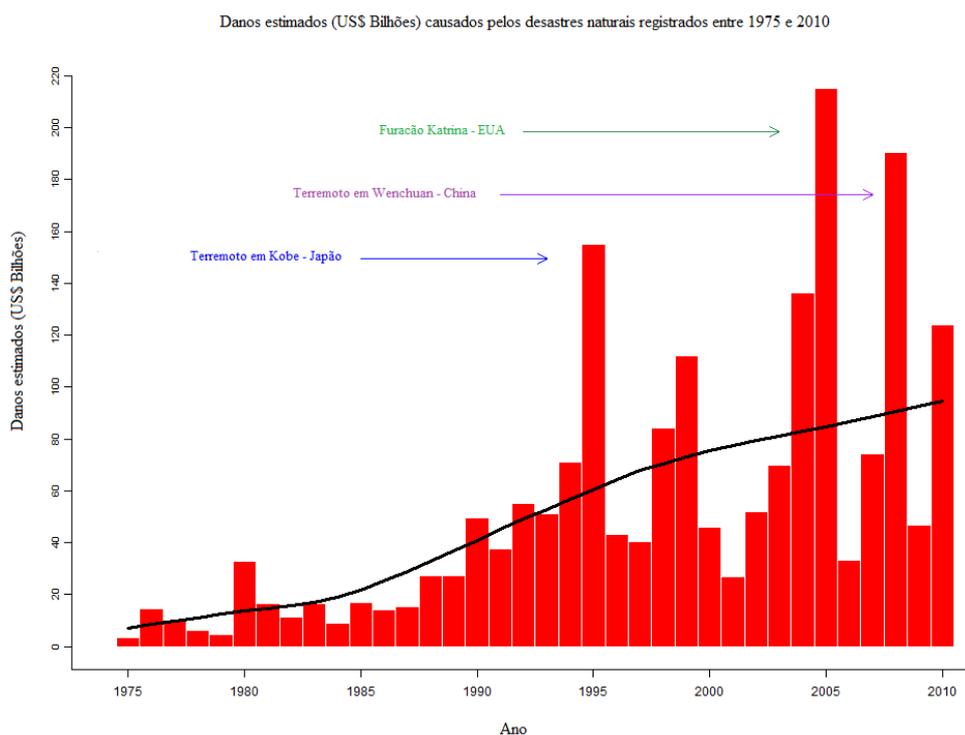


Figura 3: Evolução do crescimento mundial (1975 a 2010) dos prejuízos estimados em bilhões de dólares. Fonte: EM-DAT (2011).

Conforme citado anteriormente, de 1975 até 2010 o número de desastres naturais no mundo tem aumentado, assim como o número de pessoas atingidas, segundo registros do EM-DAT, porém o número de mortes registradas tem diminuído, conforme mostra a Figura 4. Este fato pode estar associado a diversos fatores, como o próprio avanço tecnológico, que possibilita, por exemplo, a previsão de mudanças climáticas, auxiliando a população no enfrentamento dos perigos gerados pelos desastres naturais. Além disso, a comunicação tem sido mais efetiva, com um repasse muito mais rápido da informação, permitindo, em muitos casos, uma preparação prévia da população para a ocorrência de um evento extremo.

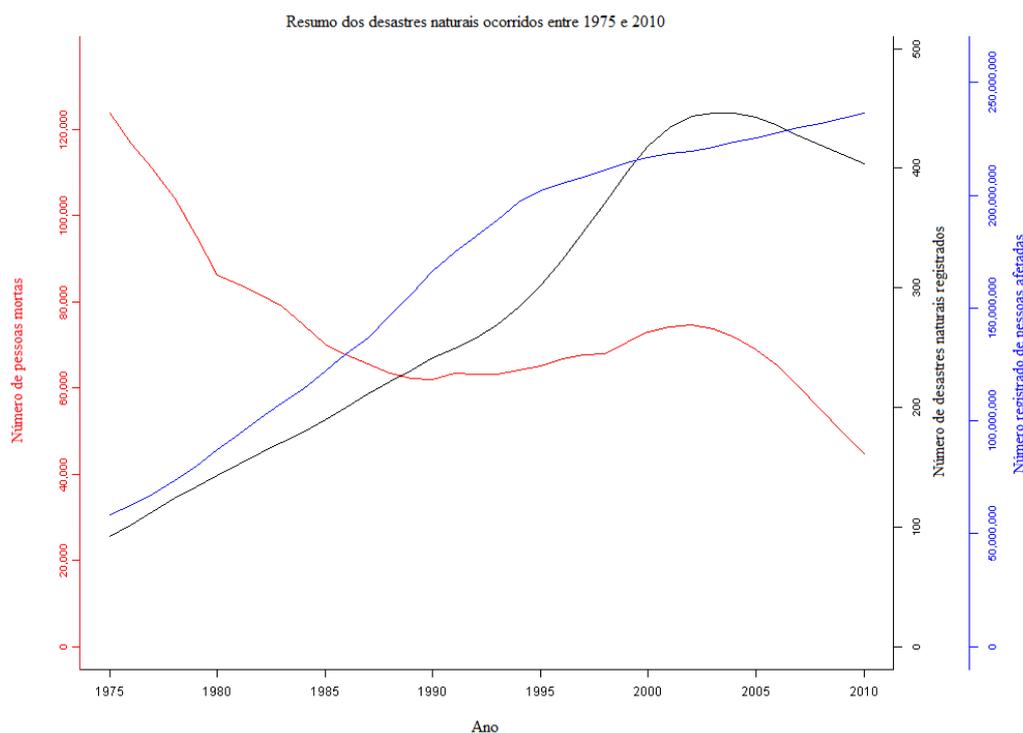


Figura 4: Evolução mundial (1975 a 2010) do número de ocorrências, pessoas afetadas e mortes, devido a desastres naturais. Fonte: EM-DAT (2011).

Atualmente no Brasil, os desastres são classificados principalmente em função da natureza do fenômeno que o desencadeou. Assim a diferença entre eles está basicamente no nível de intervenção humana. Um exemplo desta diferença seria uma inundação, que se for causada por fortes chuvas é considerado um desastre natural, porém se a inundação foi produzida por um rompimento de uma barragem, trata-se de um desastre humano, causado diretamente pela falta de qualidade da estrutura (MARCELINO, 2008).

2.3. Estiagens

Para CASTRO (2003) a estiagem é o resultado da diminuição das precipitações pluviométricas (as médias mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais históricas para o período) e do atraso ou da ausência de chuvas previstas para um determinado período do tempo em uma região (o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a 15 dias), provocando a queda dos índices pluviométricos, comprometendo as reservas hidrológicas desta região e causando prejuízos à agricultura e à pecuária.

Ainda, segundo o autor, apesar de a estiagem ser menos intensa que a seca, este fenômeno produz reflexos importantes para o agronegócio, pois ocorre frequentemente em áreas mais produtivas e economicamente mais importantes que as áreas afetadas pela seca.

A seca por sua vez é conceituada como uma estiagem prolongada, segundo CASTRO (2009), sendo caracterizada pela redução sustentada das reservas hídricas existentes e pela ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação. A seca, em uma visão socioeconômica, depende muito mais da vulnerabilidade dos grupos sociais afetados que das condições climáticas.

Para CASTRO (2003), durante a seca, o município ou região que sobrevive basicamente de uma pecuária extensiva e de uma agricultura de subsistência, tem sua economia local completamente bloqueada, repercutindo sobre as já precárias condições sociais, elevando ainda mais os índices de morbimortalidade infantil. Nas populações socioeconomicamente marginalizadas, a situação de desnutrição crônica evolui para uma crise de fome.

O autor ainda recorda que o Nordeste do Brasil é a região semi-árida de maior densidade populacional da Terra, onde a população perde a capacidade de gerar trabalho remunerado, nas épocas de intercrise, deixando de adquirir um mínimo de bens necessários para a sua sobrevivência.

Segundo GONÇALVES *et al* (2004), o termo estiagem não está incluído na terminologia oficial utilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo apenas utilizado o termo seca em situações onde o clima é demasiadamente seco em uma região específica, durante período suficientemente prolongado para que a falta de água cause sério desequilíbrio hidrológico. Os autores ressaltam que, para a comunidade científica internacional, a seca e a estiagem podem ser resumidos no termo “*drought*”, observando que no Brasil, em alguns casos, os termos estiagem e seca são usados para definir fenômenos relativamente parecidos.

GONÇALVES *et al* (2004) sentem a necessidade de uma delimitação baseada em parâmetros fixos e pré-estabelecidos para determinar o uso de um termo ou outro, destacando que o termo estiagem foi utilizado no artigo desenvolvido pelos autores por acreditarem que os dados fornecidos pelo Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina são referentes a fenômenos denominados oficialmente como estiagem.

CASTRO (2003) acrescenta que apesar das estiagens ocorrerem com maior frequência em regiões de clima tropical, nenhuma região de produção agropecuária pode ser considerada imune ao fenômeno.

Apesar de os prejuízos causados pelas estiagens estarem mais relacionados à agricultura e a pecuária, este trabalho focará apenas nos prejuízos socioeconômicos e humanos, pois outros estudos sobre os prejuízos acima citados estão sendo desenvolvidos por pesquisadores do GRID.

2.4. Inundações

A inundação é o tipo de desastre natural mais antigo na história do planeta, sendo mais antigo que a própria existência humana. Nos últimos anos, sua frequência e magnitude estão cada vez maiores em praticamente todas as regiões do Brasil, causando grandes prejuízos socioeconômicos e humanos (SILVA, 2009).

KOBIYAMA (2011) conceitua a inundação como resultado de uma grande quantidade de chuva não absorvida por rios e outras formas de escoamento, situação que piora nas cidades. Nestas, ao serem feitas em áreas antes cobertas por vegetação que segurava a água no solo, absorvendo parte da chuva, as construções impedem que a água se infiltre no solo, gerando a impermeabilização do mesmo.

Para a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) as inundações são causadas pelo afluxo de grandes quantidades de água que, transbordando dos leitos dos rios, lagos, canais e áreas represadas, invadem os terrenos adjacentes, causando danos. As inundações podem ser classificadas em função da magnitude e da evolução (BRASIL, 2007).

Em relação à magnitude, CASTRO (2003) classifica as inundações em: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Quanto à evolução, o autor classifica as inundações em: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar. Ainda segundo o autor, várias são as causas imediatas e/ou concorrentes que podem levar a uma inundação. Entre estas causas cita como exemplos as precipitações pluviométricas intensas e concentradas, a elevação dos leitos dos rios devido ao assoreamento, a redução da capacidade de infiltração do solo, causada por ressecamento, compactação e/ou impermeabilização, e o rompimento de barragens construídas com tecnologia inadequada.

CASTRO (2003) destaca que as ocorrências de inundações em áreas densamente habitadas normalmente geram grandes prejuízos socioeconômicos, danificando ou destruindo habitações mal localizadas e pouco sólidas, além de móveis e outros utensílios domésticos. Prejudica também a atuação dos serviços essenciais, como distribuição de energia elétrica, água potável, coleta de lixo e transporte público. Dependendo da violência das inundações, podem provocar graves danos humanos. Na área rural, as inundações extensas destroem ou danificam plantações, exigindo grandes esforços para salvar animais, principalmente bovinos, ovinos e caprinos.

Segundo CASTRO (2003), a monitorização permanente dos níveis dos rios e da evolução diária das condições meteorológicas permitem antecipar as variáveis climatológicas responsáveis pela ocorrência de inundações. No Brasil, o acompanhamento diário dessas variáveis é feito pela Divisão de Controle de Recursos Hídricos, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE – responsável pela manutenção e operacionalização de extensa rede de estações pluviométricas. Assim, o DNAEE semanalmente encaminha à Defesa Civil relatórios com as medições diárias realizadas por suas estações, sendo que, nos períodos com maior risco de inundações, as medições são enviadas diariamente.

2.5. Análise de *Cluster*

Dentro da estatística multivariada uma técnica utilizada para formar grupos homogêneos é a Análise de *Cluster*. Esta técnica consiste em associar dados observados através de medidas de proximidade, semelhança, similaridade ou correlação. Para isso, é preciso que o método seja totalmente numérico, onde normalmente o número real de grupos que irão ser criados é desconhecido. A ideia básica é usar os valores de determinadas variáveis para esquematizar e unir os objetos de estudo em grupos de objetos similares. Quando as variáveis utilizadas nesta técnica estão em escalas diferentes, é preciso padronizá-las, criando-se novas variáveis onde cada uma terá média igual a zero e desvio-padrão igual a 1, evitando-se assim que a análise sofra influência da grandeza da escala de mensuração.

Segundo MANLY (2008), os vários algoritmos existentes para a realização de uma análise de *cluster* subdividem-se em basicamente duas abordagens particulares conhecidas como Métodos Hierárquicos e Métodos Não Hierárquicos. Nos métodos hierárquicos, o autor cita quatro tipos de algoritmos: o método da menor distância entre dois grupos, o método da

maior distância entre dois grupos, o método da distância média entre dois grupos e o método de Ward.

MANLY (2008) cita dois exemplos de aplicação da Análise de *Cluster*. O primeiro é na área de psiquiatria onde, por haver discordância sobre a classificação de pacientes depressivos, a Análise de *Cluster*, denominada na obra de Análise de Agrupamento, tem sido usada para determinar grupos objetivos. No segundo exemplo, a Análise de *Cluster* é utilizada na redução de dados, onde um grande número de cidades pode ser usado para uma pesquisa de mercado para um novo produto. Se for possível colocar as cidades em um número pequeno de grupos com cidades homogêneas, apenas um membro de cada grupo pode ser pesquisado, tornando a pesquisa mais viável economicamente. Caso a análise gere grupos inesperados, podem surgir associações a serem investigadas.

2.6. Estatística Espacial

A Estatística Espacial é a área da estatística que estuda métodos científicos para a coleta, descrição, visualização e análise de dados que possuem coordenadas geográficas, tendo como característica o uso implícito ou explícito destas coordenadas na modelagem. O responsável direto pelo crescimento da área espacial em estatística é o grande desenvolvimento computacional recente (ASSUNÇÃO, 2001).

Para BAILEY & GATRELL (1995) a análise estatística é espacial quando os dados são espacialmente localizados e se considera explicitamente a possível importância de sua disposição espacial na interpretação e análise dos resultados.

Segundo ASSUNÇÃO (2001), as técnicas de estatística espacial têm sido aplicadas em várias áreas, como por exemplo, em análises de experimentos agrícolas, de padrões de morbidade, em aplicações geofísicas, em agronomia e em mineração, em estudos ecológicos de comunidade de plantas e em estudos de neuroanatomia. Todas essas áreas, além de se beneficiarem das técnicas de estatística espacial, também foram bastante ativas no desenvolvimento deste ramo da estatística.

Para DRUCK *et al* (2004), os estudos com estatística espacial tornaram-se cada vez mais comuns graças à disponibilidade de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de baixo custo e de interfaces amigáveis, permitindo a visualização espacial de indicadores como tamanho da população de indivíduos e índices de qualidade de vida: basta ter um banco de

dados e uma base cartográfica e o SIG apresenta um mapa colorido que permite a visualização do padrão espacial do fenômeno.

ASSUNÇÃO (2001) acredita que o uso de mapas, quando informatizados, pode tornar mais efetiva a tomada de decisões, destacando que a Organização Pan-Americana de Saúde estima que cerca de 80% das necessidades de informações das pessoas que tomam decisões e definem políticas nos governos locais estão relacionadas com a localização geográfica.

Existem inúmeros trabalhos com a utilização de Estatística Espacial para mapear e analisar dados do Rio Grande do Sul, dos quais recomendo os trabalhos de CAUMO (2006), VIEIRA (2006), KATO (2007) e SILVIA (2009), todos com dados epidemiológicos, enquanto MONTEIRO (2009) trabalhou com dados de criminalidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul possui registros dos desastres naturais ocorridos nos municípios gaúchos desde 1982 até os dias atuais. É importante salientar que esses registros, segundo as informações obtidas da CEDEC/RS, referem-se aos desastres cujos danos causados geraram prejuízos que os municípios não tiveram condições de absorver, decretando assim situação de emergência ou de calamidade pública.

3.1. Dados de Desastres Naturais

Os dados utilizados neste estudo foram delimitados pelas informações dos registros de estiagens e inundações ocorridas nos municípios do Rio Grande do Sul, entre 2003 e 2009, conforme preenchimento dos Formulários de Avaliação de Danos (AVADAN).

Para analisar e mapear estes dois tipos de desastres naturais foram utilizadas as seguintes variáveis: número de registros, data do evento, mesorregião do município e número de pessoas atingidas. Para os casos de inundações também foram utilizadas as variáveis de quantificação de estradas (em Km), pontes e unidades habitacionais atingidas, bem como os prejuízos referentes a esses danos materiais.

3.2. Estruturação e Consistência do Banco de Dados

Nos dados fornecidos pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, cada evento de desastre natural representa um registro e todas as informações do evento estão em uma linha no banco de dados. Para a geração de mapas, cada município irá representar um “indivíduo” e assim cada linha terá as informações adicionadas de todos os eventos ocorridos em um determinado município.

Para a realização deste estudo, foram criados dois bancos de dados, o primeiro com todas as informações referentes às ocorrências de estiagens e o segundo com as informações das ocorrências de inundações.

Ao se trabalhar com dados de qualquer natureza, é fundamental verificar se o banco de dados está consistente, realizando uma análise dos possíveis dados faltantes, incoerentes e/ou valores discrepantes (*outliers*), e também de valores extremos. Uma das maneiras de realizar a

análise exploratória dos dados é aplicar rotinas de estatística descritiva, como por exemplo, tabelas de frequência, de médias, desvio padrão, mínimo, máximo, gráficos e boxplot.

Nos bancos de dados utilizados neste estudo, todos os valores discrepantes ou extremos encontrados foram reavaliados através de conferência individual nos relatórios de AVADAN que se encontram digitalizados no banco de dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul.

Durante o processo de análise da consistência dos dados foram encontrados alguns valores discrepantes, extremos ou incoerentes. Para estas situações, foi realizada uma verificação dos dados no formulário físico do AVADAN com o objetivo de confirmar a informação contida no banco de dados. Após este procedimento, foi possível confirmar ou não a inconsistência destes dados que foram elencados em um relatório para serem avaliados conjuntamente com a equipe da Defesa Civil. Os dados inconsistentes foram retirados da análise realizada neste trabalho.

3.3. Criação do Indicador Municipal de Estiagem

Para levar em consideração o número de registros de estiagens ocorridos entre 2003 e 2009 em um município e a população atingida por estes eventos no referido município, foi criado um indicador municipal de estiagem medindo a quantidade de vezes que o desastre natural ocorreu e a quantidade proporcional de pessoas atingidas pelo evento.

O indicador municipal de estiagem foi calculado através do somatório da população atingida em cada ocorrência de estiagem em determinado município, dividido pela população média residente naquele município entre 2003 e 2009, segundo estimativas do IBGE, como mostra a fórmula a seguir:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{E_i},$$

Onde

P – é a população atingida,

E – é a população média estimada pelo IBGE entre 2003 e 2009,

i – indica o município do Rio Grande do Sul,

j – indica o ano (entre 2003 e 2009).

O indicador poderá ter valores entre 0 e 6, uma vez que o número máximo de registros de estiagem em um mesmo município, no período estudado, foi igual a 6.

3.4. Softwares Utilizados

O software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 18 foi utilizado para análises exploratórias e multivariadas. Para a análise de estatística espacial e mapeamento das ocorrências de estiagens e inundações foi utilizado o software TerraView versão 4.1.0. O TerraView é um aplicativo livre, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), que permite visualizar e realizar análises com dados geográficos. Para a união de alguns mapas gerados pelo TerraView, foi utilizado o software CorelDRAW versão X3.

Após as análises estatísticas realizadas no SPSS, o programa Microsoft Excel do pacote Office 2003 foi utilizado para a estruturação e preparação dos dados para o TerraView. Para exportar os dados para o TerraView foram criados novos arquivos em formato CSV (separado por vírgula), para finalmente serem importados para o TerraView. Além disso, o Excel foi utilizado para demais atividades necessárias para análise, como geração de tabelas, gráficos e outros cálculos intermediários.

4. RESULTADOS

Entre 2003 e 2009 foram registrados pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul, através de AVADANs, 1.640 eventos de desastres naturais em 94,6% dos municípios gaúchos, atingindo mais de 7.500.000 habitantes do estado. Os eventos de estiagem e inundação foram os mais frequentes, com 1.060 e 181 registros, representando respectivamente, 64,6% e 11% do total de eventos de desastres naturais registrados no período (Figura 5).

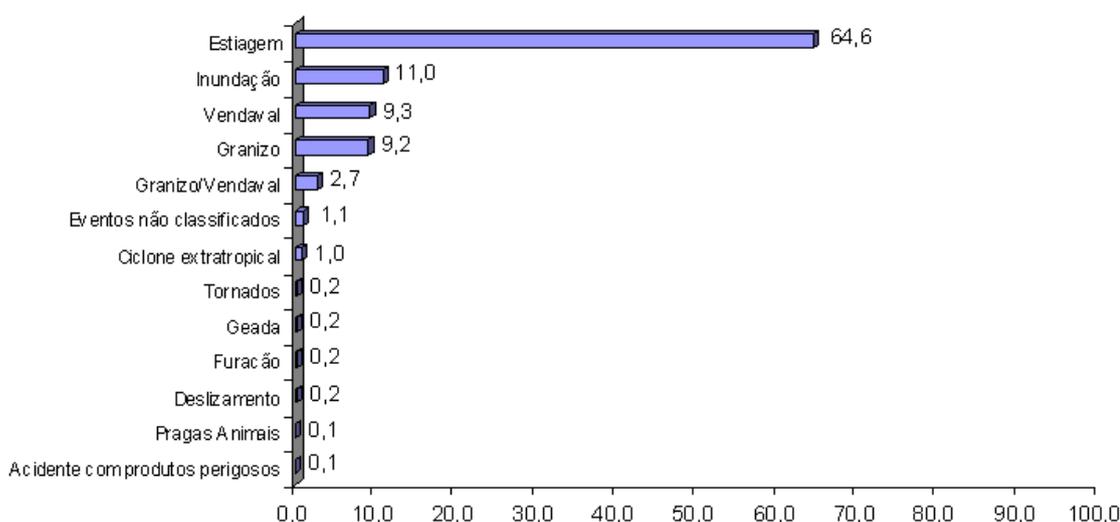


Figura 5: Distribuição geral dos desastres ocorridos no Rio Grande do Sul no período entre 2003 e 2009.

Somados, inundações e estiagens representam 75,6% dos desastres naturais ocorridos entre 2003 e 2009, afetando 458 municípios do estado e atingindo mais de 6.460.000 pessoas, o que corresponde a 86,1% do total da população afetada por algum tipo de desastre natural no período estudado.

4.1. Estiagens

Entre 2003 e 2009 foram registrados 1.060 eventos de estiagens, atingindo 89,1% dos 496 municípios do Rio Grande do Sul (Figura 6), totalizando 5.542.158 pessoas afetadas. Importante ressaltar que atualmente o Rio Grande do Sul é formado por 497 municípios, visto que em 2010, o Município Pinto Bandeira foi emancipado. Entretanto, os dados deste estudo

referem-se sempre ao número de municípios existentes no período em análise, neste caso, 496 municípios. Os 54 municípios que não tiveram ocorrência de estiagem registrada pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul estão listados na Tabela A1 (Apêndice B), sendo que 46 estão localizados na Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre.

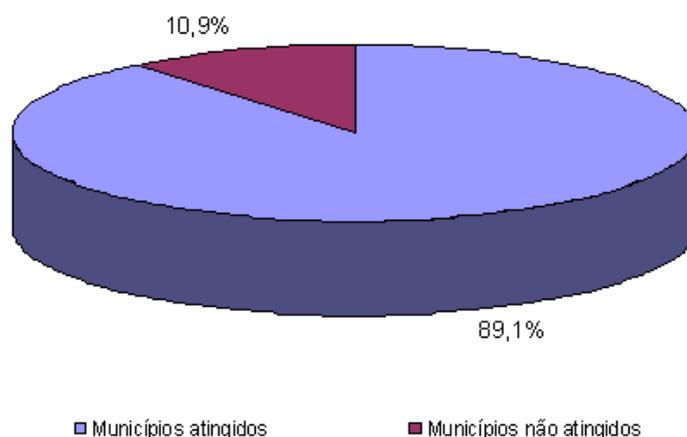


Figura 6: Percentual dos municípios atingidos por estiagem, entre 2003 e 2009, no RS.

Pela Figura 7 é possível perceber que os anos que tiveram maiores registros de estiagens foram 2004, com 38,5%, e 2005 com 36,6% do total de eventos ocorridos no período avaliado, atingindo 385 municípios do estado em 2004 e 386 municípios em 2005. Houve municípios que tiveram mais de um registro de estiagem no mesmo ano, logo o número de registros de estiagens em um determinado ano pode ser diferente do número de municípios atingidos naquele mesmo ano.

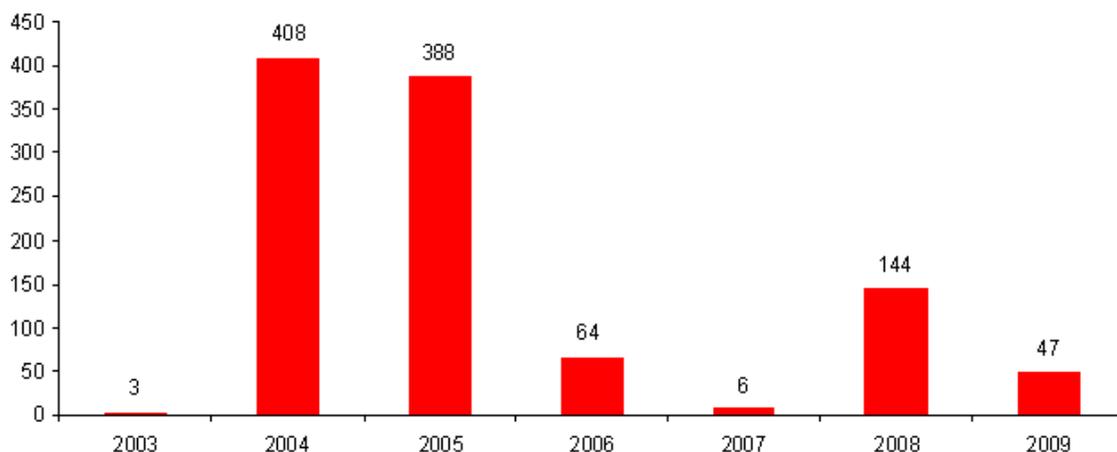


Figura 7: Número de registros por ano de ocorrências de estiagens no Rio Grande do Sul, no período de 2003 a 2009.

Os episódios de estiagens concentraram-se entre os meses de Dezembro a Abril, com destaque para o mês de Março, conforme mostra a Figura 8.

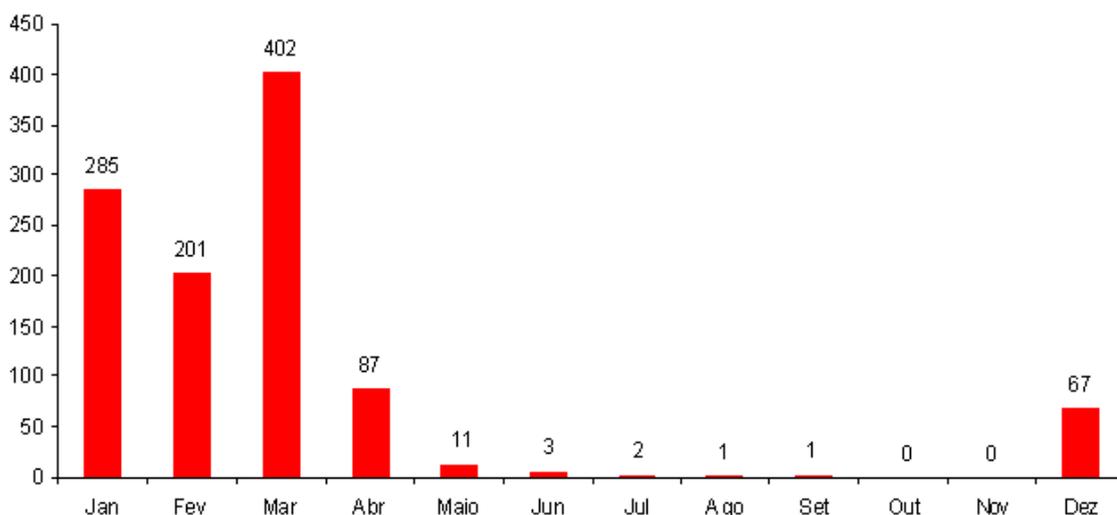


Figura 8: Número de registros de estiagens no Rio Grande do Sul por mês – período entre 2003 a 2009.

Somados, os registros de estiagens ocorridos nos anos de 2004 e 2005 representam 75,1% do total de registros de estiagens entre 2003 e 2009, por este motivo, foram feitas análises mais detalhadas com base nos registros destes dois anos.

Dos 408 eventos de estiagens ocorridos no ano de 2004, 77,7% dos registros aconteceram no mês de Março (Figura 9), o que representa também 78,9% de todos os

eventos de estiagem registrados nos meses de Março, no período entre 2003 e 2009. Já em 2005, os registros de estiagens concentraram-se nos meses de Janeiro e Fevereiro, sendo que no primeiro mês os registros correspondem a 59,5% das 388 ocorrências do ano, enquanto que no segundo mês ocorreram 33% dos eventos de 2005 (Figura 9).

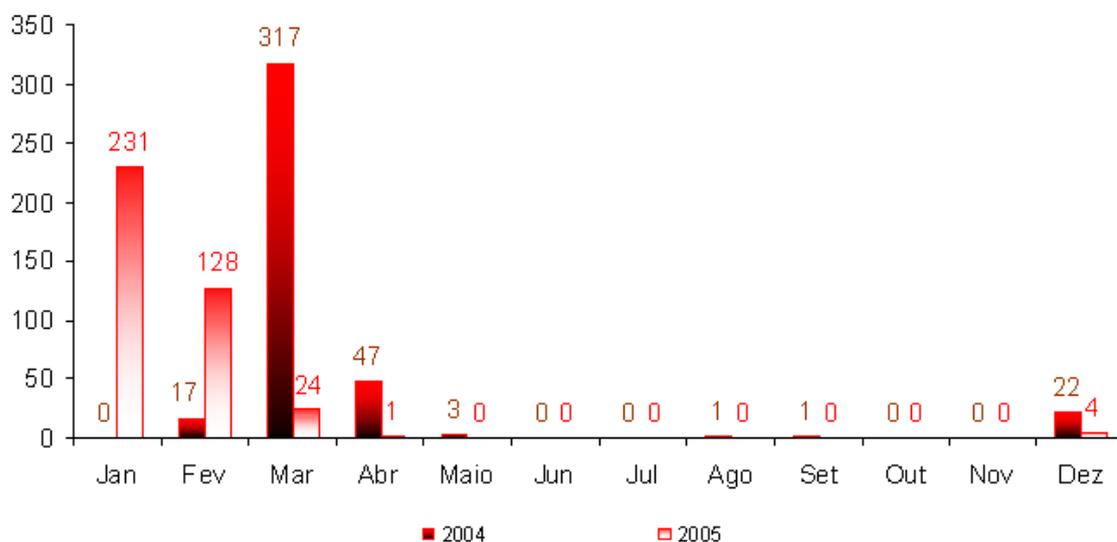


Figura 9: Número de registros de estiagens no Rio Grande do Sul por mês em 2004 e 2005.

Dos 408 registros de estiagem do ano de 2004, a grande maioria (93,4%) ocorreu em um período de 88 dias (entre 02 de Fevereiro de 2004 e 29 de Abril de 2004), o que representa 35,9% dos eventos de estiagem registrados no período analisado. Esta grande estiagem atingiu 1.680.465 habitantes gaúchos, o que corresponde a 15,7% da população estimada para o Rio Grande do sul no ano de 2004, segundo dados do IBGE. Na Figura 10 é possível visualizar a evolução temporal do evento, com o registro das informações a cada 15 dias. Conforme mostra a figura, o fenômeno da estiagem iniciou atingindo seis municípios e culminou na decretação de situação de emergência de 381 municípios gaúchos.

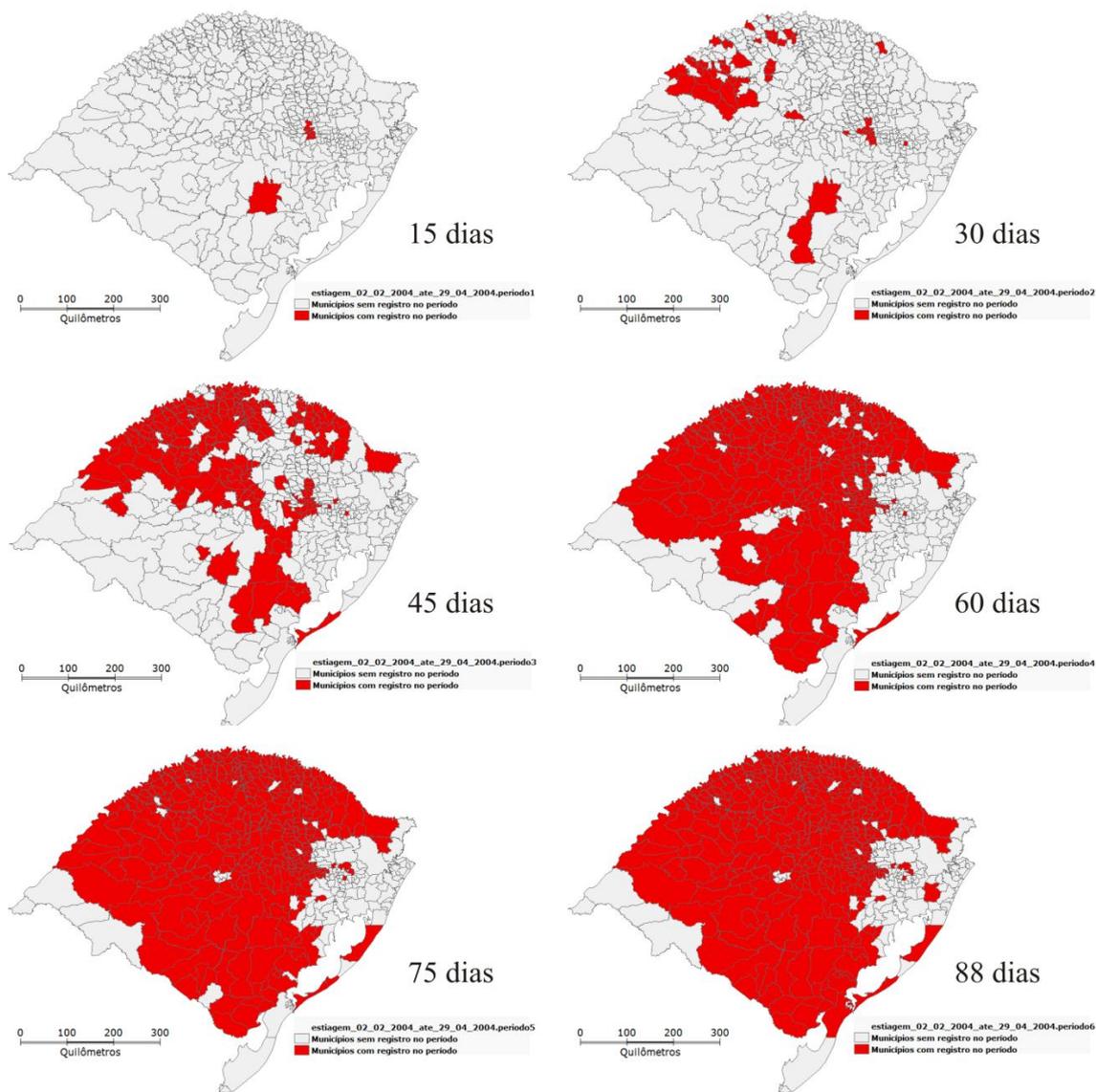


Figura 10: Evolução quinzenal dos registros de estiagem nos municípios do RS, de 02/02/2004 a 29/04/2004.

No final do mês de Dezembro de 2004 iniciaram-se novos registros de estiagens que, em 85 dias (entre 27 de Dezembro de 2004 e 21 de Março de 2005), atingiram 404 municípios do Rio Grande do Sul (Ver Figura 11), representando 38,1% de todos os eventos de estiagem registrados pela Defesa Civil entre 2003 e 2009. Esta segunda grande estiagem ocorrida no período estudado – 2003 a 2009 – atingiu 2.455.850 moradores do estado, ou seja, 22,6% da população do Rio Grande do sul, estimada pelo IBGE para o ano de 2005.

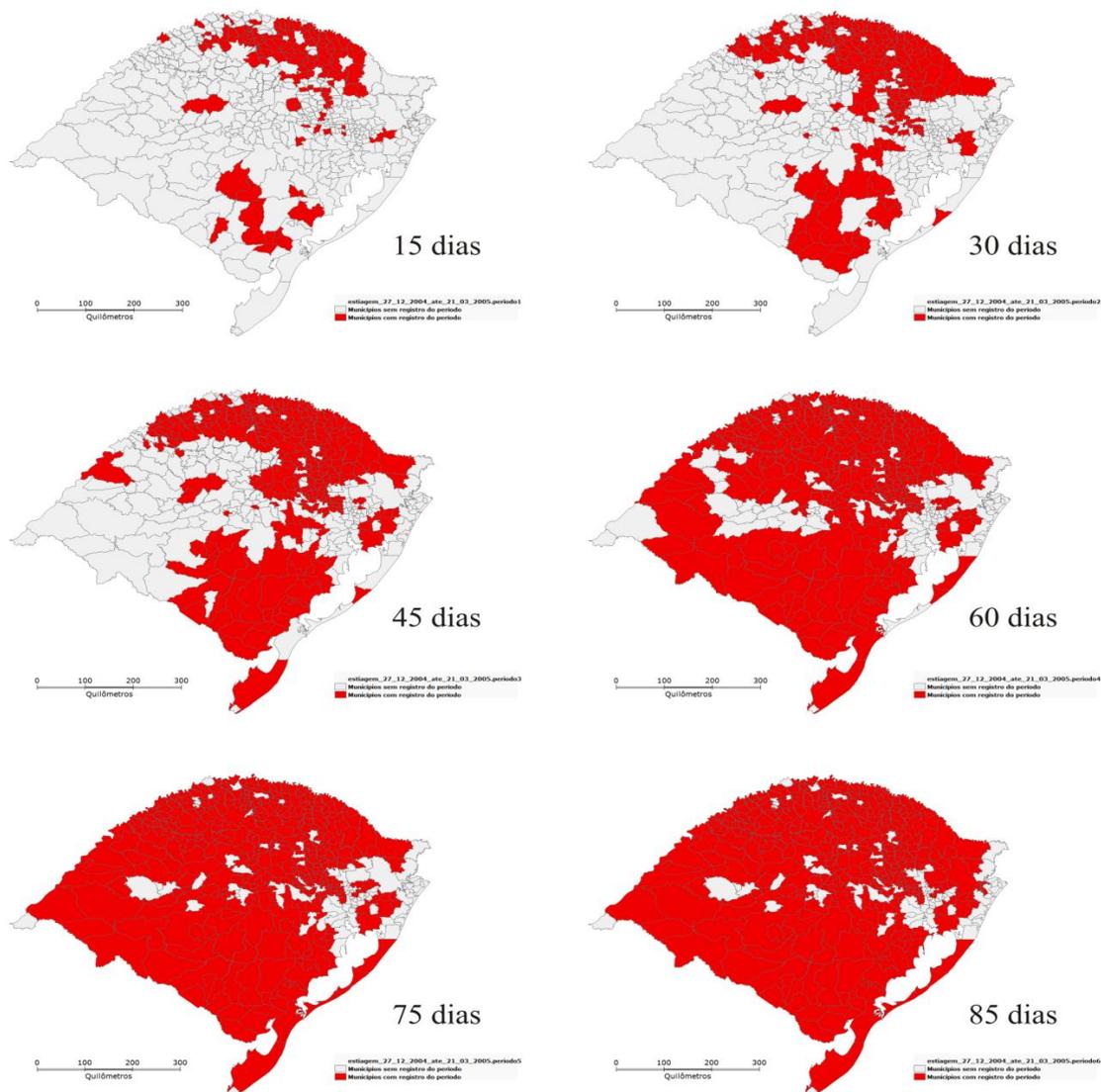


Figura 11: Evolução quinzenal dos registros de estiagem nos municípios do RS, de 27/12/2004 a 21/03/2005.

Estes dois grandes períodos de estiagens ocorridas no Rio Grande do Sul totalizam 4.136.315 pessoas atingidas, o que representa 74,6% de toda a população atingida por estiagens entre 2003 e 2009 (Figura 12).

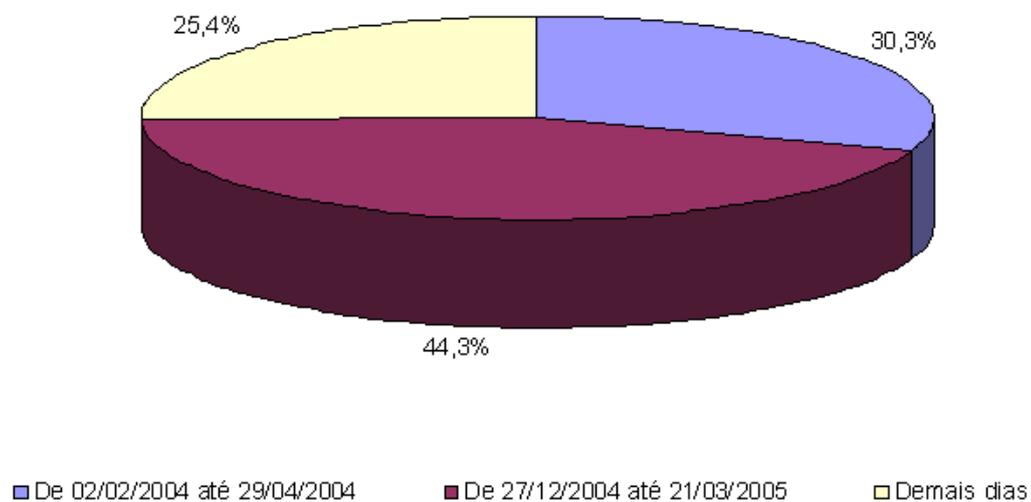


Figura 12: Percentual da população atingida nas estiagens ocorridas em 2004 e 2005.

Como podemos observar na Figura 13, o município com maior número de registros de estiagens foi São Borja, localizado na Mesorregião Sudoeste do estado, com seis eventos entre 2003 e 2009. Com cinco registros de estiagens há 13 municípios, todos na Mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul, assim como 43 dos 47 municípios com quatro ocorrências de estiagens (Figura 13).

Observando a Figura 13 e a Figura 14, podemos notar que a maioria dos municípios com três ou mais registros de estiagens no período estudado tem seu território banhado pela Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

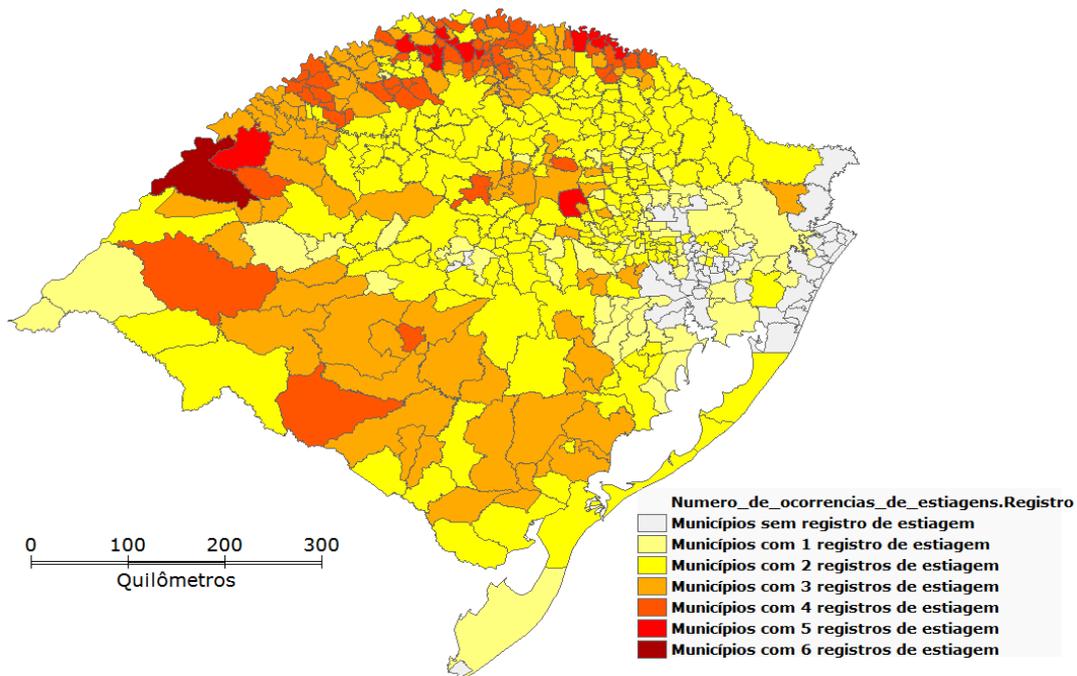


Figura 13: Representação espacial dos municípios do Rio Grande Sul atingidos pela estiagem no período entre 2003 e 2009.

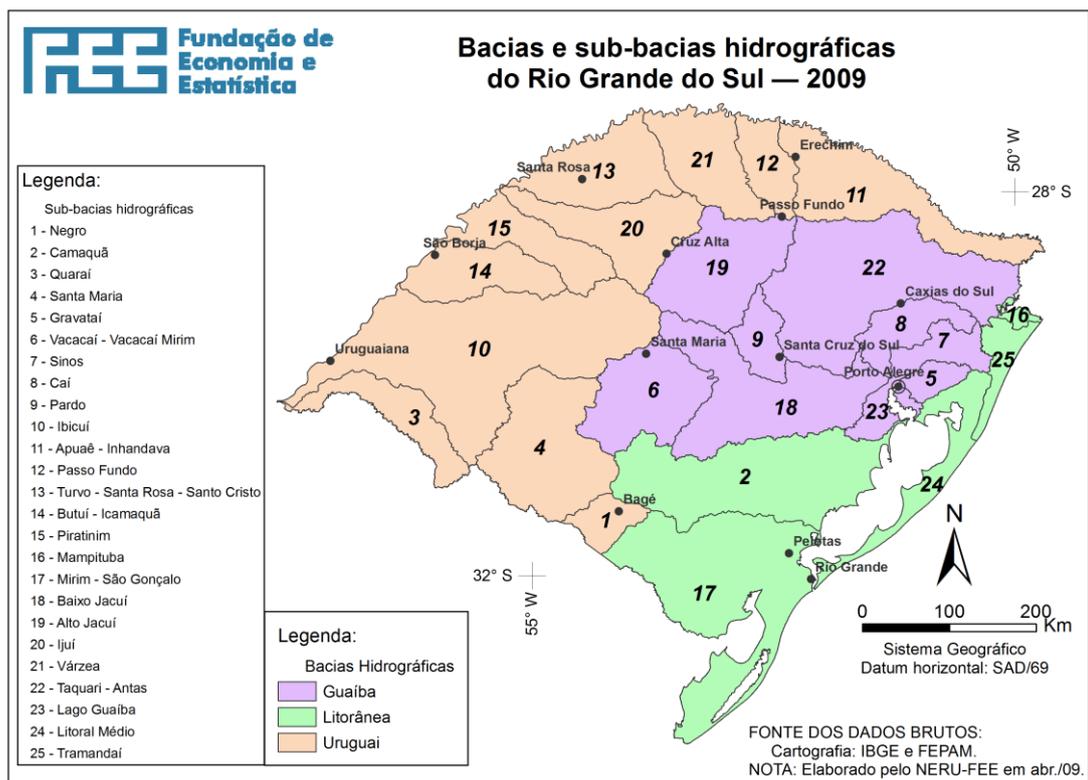


Figura 14: Mapa com as Bacias e sub-bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul – 2009.

Analisando a população atingida pelos eventos de estiagem, podemos observar através da Figura 15 que, dos 442 municípios afetados, 127 tiveram em média mais de 75% da população residente atingida e estão localizados em todas as Mesorregiões do estado, com uma concentração um pouco maior no Noroeste do Rio Grande do Sul. Destes 127

municípios, 119 tinham população média estimada menor do que 10.000 habitantes no período do estudo, segundo dados do IBGE. Nesta análise de proporção da população atingida foi utilizada a proporção média, pois dos 442 municípios atingidos pelas estiagens, em 372 foram registrados mais de um evento entre 2003 e 2009.

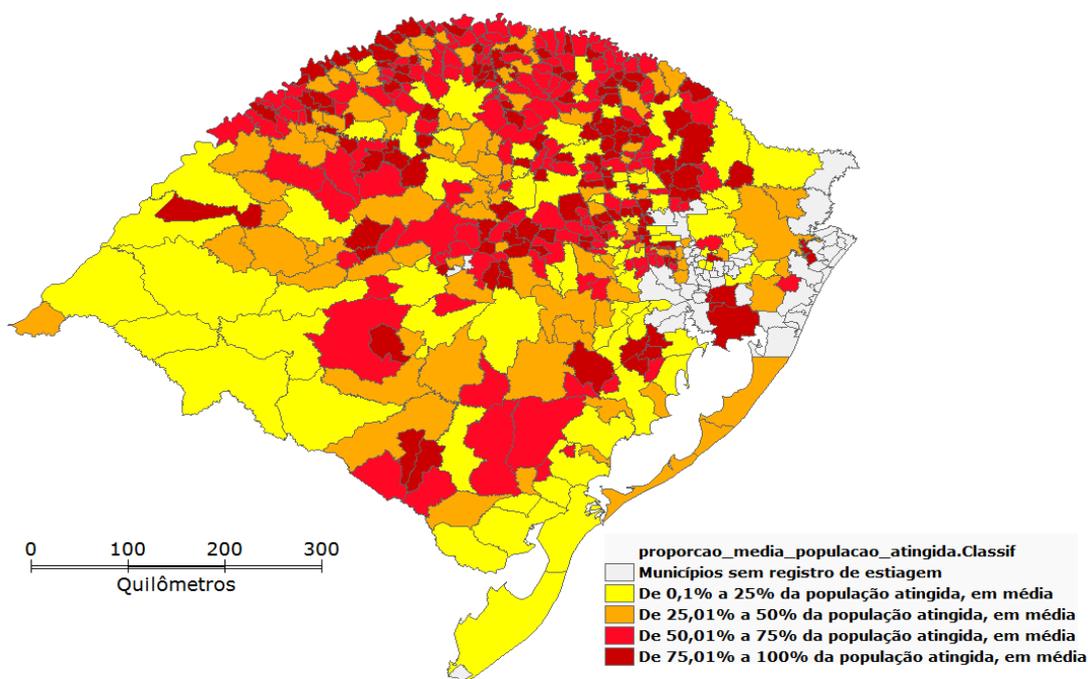
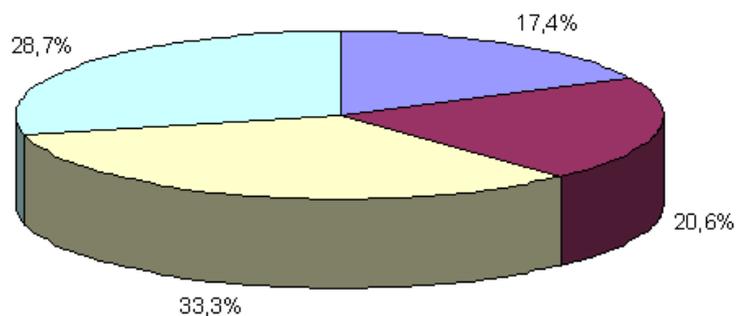


Figura 15: Representação espacial da proporção média da população atingida pela estiagem no período entre 2003 e 2009.

Dentre os 127 municípios com, em média, mais de 75% da população atingida, vários municípios como Travesseiro, Coqueiro Baixo, Herveiras, Pinhal da Serra, Salvador das Missões, Itati, Monte Belo do Sul, entre outros, tiveram 100% da população do município atingida por um, dois e até três eventos de estiagem entre 2003 e 2009, como foi o caso do município de Santa Margarida do Sul. Na Tabela A2 estão os percentuais médios da população atingida destes 127 municípios e o número de registros de estiagens no período estudado.

Nos quatro municípios da Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre que registraram um evento de estiagem em Fevereiro de 2005, foi afetada 98,7% da população de Viamão, 98,2% dos moradores de Alvorada, 94,2% dos habitantes de Gravataí e 91,8% dos residentes em Cachoeirinha, totalizando 811.360 pessoas atingidas.

A Figura 16 mostra que 62% dos municípios com registro de pelo menos uma estiagem entre 2003 e 2009 tiveram, em média, mais de 50% da população atingida.



■ De 0,01% a 25% da população atingida, em média
■ De 25,01% a 50% da população atingida, em média
■ De 50,01% a 75% da população atingida, em média
■ De 75,01% a 100% da população atingida, em média

Figura 16: Percentual de municípios do Rio Grande do Sul afetados por estiagem entre 2003 e 2009, segundo intervalos da população atingida.

Pensando nesta relação entre população atingida e número de registros de estiagem, foi criado um indicador que leva em consideração estes dois aspectos, conforme cálculo mostrado na seção 3.4. Como o número máximo de registros de estiagem em um mesmo município foi 6, o indicador pode teoricamente variar de 0 a 6. Identificamos que o maior valor foi 3,91, no município de Porto Vera Cruz, onde foram registrados quatro eventos de estiagem entre 2003 e 2009, atingindo praticamente toda a população do município em todas as quatro ocorrências.

De acordo com este indicador, 23 municípios gaúchos tiveram altas proporções da população atingida nos quatro ou cinco registros de estiagens, com valores entre três e quatro. Todos esses 23 municípios estão localizados da Mesorregião Noroeste do estado (Figura 17), sendo 22 deles com população média estimada pelo IBGE inferior a 10.000 habitantes (a exceção é o município de Fontoura Xavier com população média estimada em 11.186).

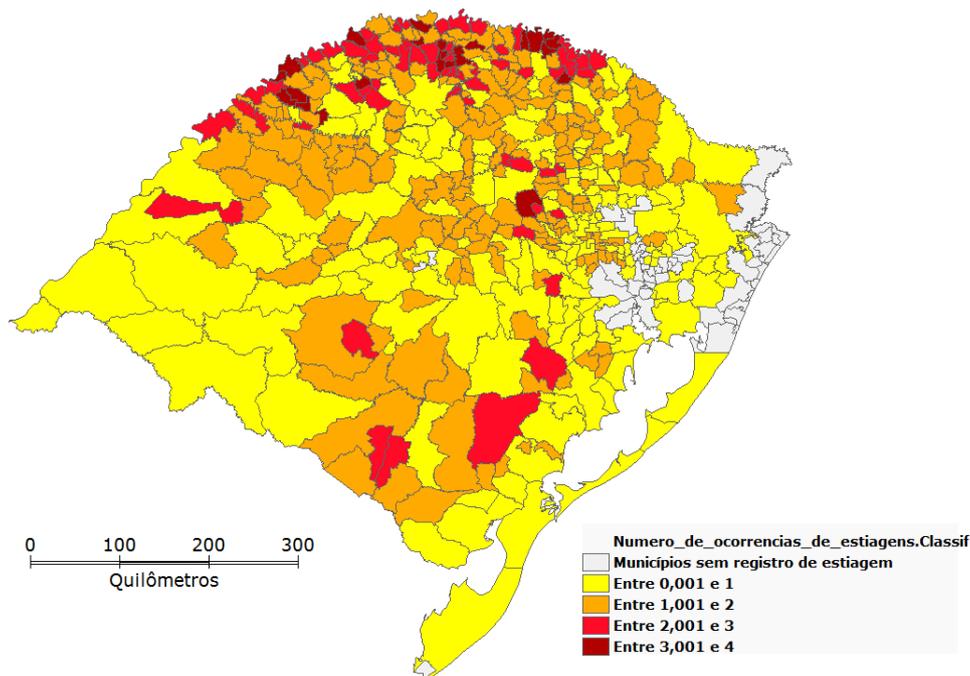


Figura 17: Representação espacial dos municípios segundo indicador criado.

Estas ocorrências de estiagens nos municípios gaúchos atingem fortemente a agricultura e pecuária do estado, gerando, por exemplo, grandes prejuízos nas produções de toneladas de grãos, cereais, fruticultura, horticultura e silvicultura, além de danos na criação de gado de grande e médio porte, na avicultura e piscicultura.

Segundo CASTRO (2003), a massa verde pode ser reduzida em aproximadamente 30% nos períodos de estiagem, o que pode diminuir intensamente a produtividade dos rebanhos de corte e leiteiro, caso o criador não se prepare para esses períodos.

4.2. Inundações

A Defesa Civil do Rio Grande do Sul registrou 181 inundações nos municípios gaúchos, entre 2003 e 2009, atingindo 133 municípios e 918.338 pessoas. Na Figura 18 temos a distribuição por ano destas inundações, sendo que em 2003 houve o maior número de ocorrências, 42,5% dos eventos, seguido de 2007 com 23,2%.

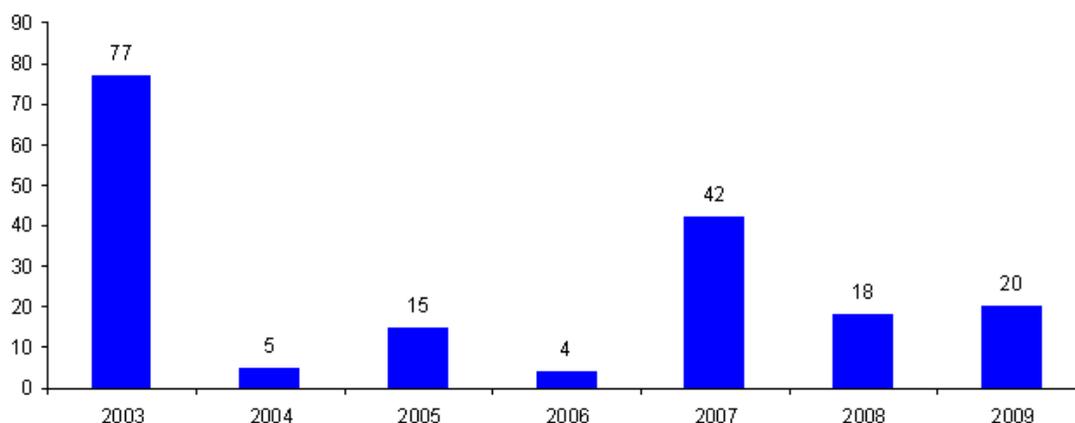


Figura 18: Número de registros de inundações no Rio Grande do Sul no período de 2003 e 2009.

Os registros de inundações se concentraram nos meses de Dezembro, Outubro, Setembro e Março (Figura 19),

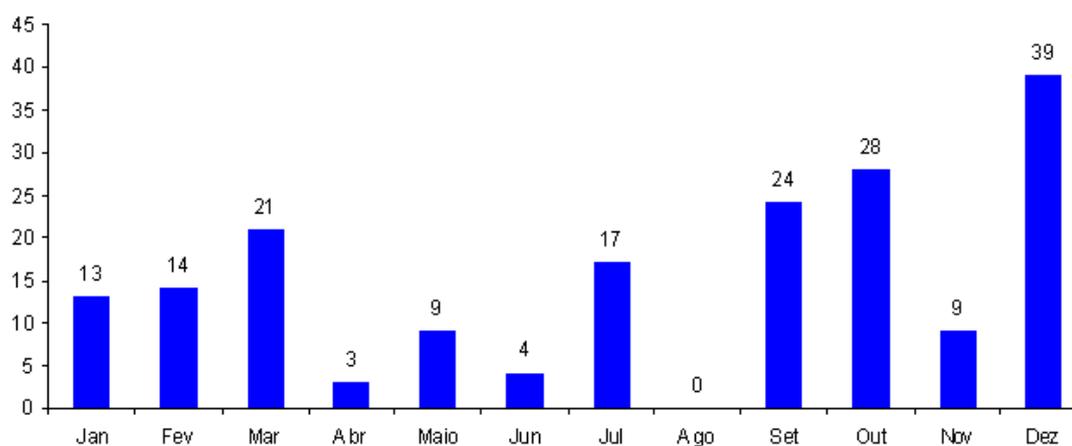


Figura 19: Número de registros mensais de inundações no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2009.

Os municípios com mais registros de inundações entre 2003 e 2009 foram Colinas e Fontoura Xavier, ambos com quatro ocorrências. Com três registros aparecem os municípios de Mampituba, São Sebastião no Caí, Boqueirão do Leão, Estrela, Itaqui e Uruguaiana, como mostra a Figura 20. Podemos perceber que estes municípios estão localizados em várias Mesorregiões do estado, diferentemente dos municípios com maiores registros de estiagens, que se concentram na Mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul, conforme visto na Figura 13. Também, diferentemente dos municípios com maiores ocorrências de estiagens, (Figura

20 e a Figura 21) observamos que as inundações ocorridas entre 2003 e 2009 atingiram mais os municípios com território banhado pela Bacia Hidrográfica do Rio Guaíba e também com uma concentração nos municípios da região de Uruguaiana, banhados pela Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

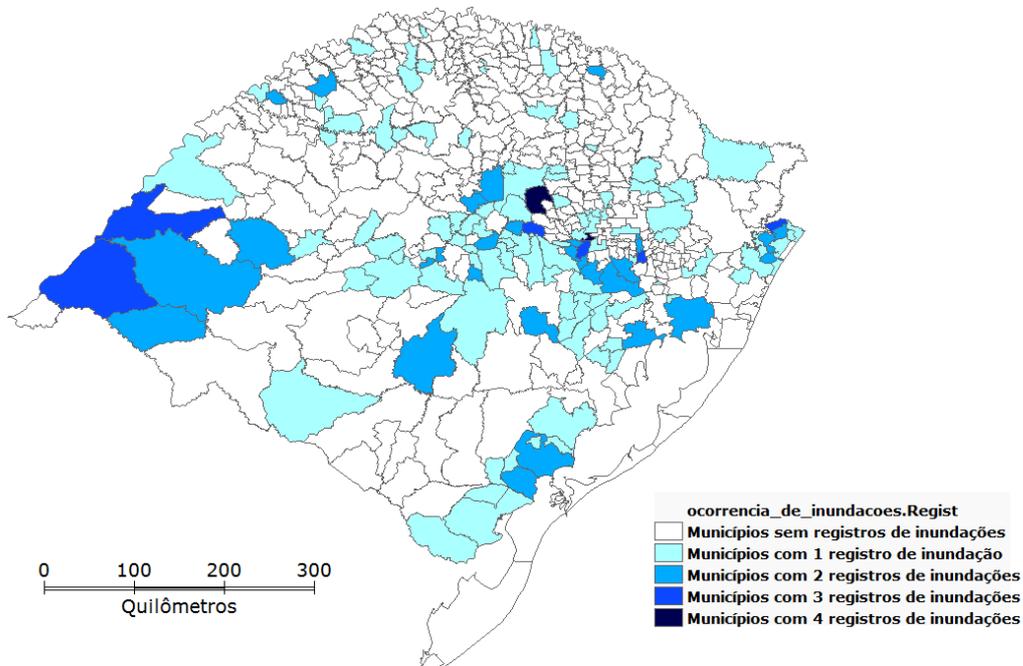


Figura 20: Representação espacial dos registros de inundação no período entre 2003 e 2009.

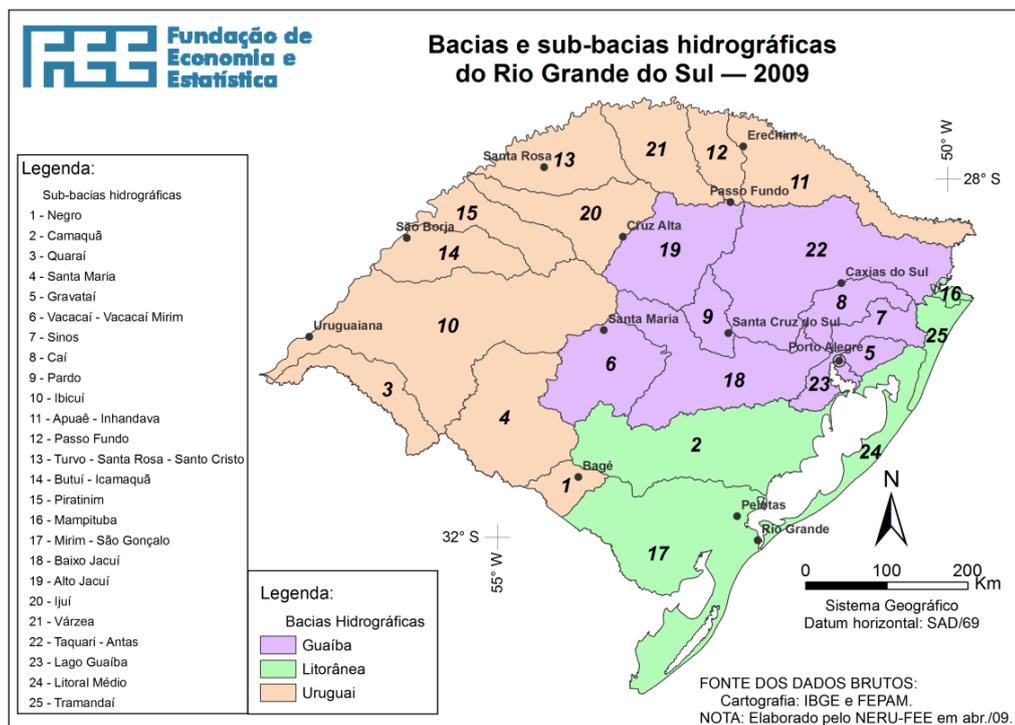


Figura 21: Mapa com as Bacias e sub-bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul – 2009.

Dos 133 municípios com registros deste tipo de evento, em 13 deles o percentual médio da população atingida foi superior a 75% da população estimada pelo IBGE para o período (Figura 22). Em São Paulo das Missões, Caxias do Sul, Itati, Senador Salgado Filho e Quevedos, os eventos de inundação atingiram toda a população destes municípios, ressaltando que no primeiro citado foram registradas duas inundações, enquanto que nos demais municípios houve um evento deste tipo. Em outras 14 cidades, a proporção média da população atingida ficou entre 50% e 75%.

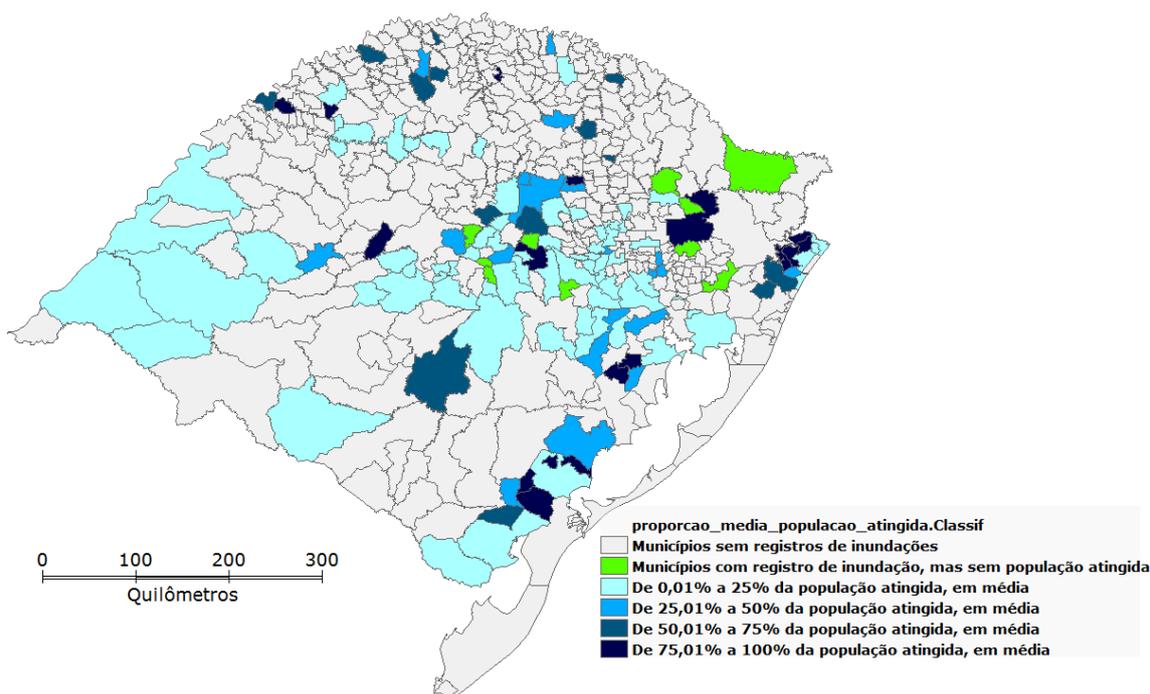


Figura 22: Representação espacial dos registros de inundações no do Rio Grande do Sul segundo proporção média da população atingida, entre 2003 e 2009.

Em 10 municípios foram registrados eventos de inundação, porém nos dados fornecidos pela Defesa Civil Estadual não consta a quantidade da população atingida e os AVADANs referentes a estes eventos não estão digitalizados no sistema, estando a versão original (impressa) nos arquivos da Casa Civil, local onde ficam armazenados os processos encaminhados para a CEDEC/RS.

4.3. Análise de *Cluster*

Para a realização da análise de *cluster* foram utilizadas as seguintes variáveis: proporção média da população atingida por inundações, prejuízo médio com estradas, prejuízo médio com pontes e prejuízo médio com casas atingidas pelas inundações registradas

entre 2003 e 2009. Buscou-se criar grupos de municípios com características homogêneas dentro de cada grupo e heterogêneas entre os grupos. Para evitar que a análise sofresse influência das diferentes escalas das variáveis utilizadas, foi feita a padronização das mesmas, criando-se assim quatro novas variáveis com média igual a zero e desvio padrão igual a 1.

Dos 133 municípios que tiveram pelo menos um registro de inundação no período estudado, 16 municípios foram retirados da análise de *cluster* por apresentarem valores extremos ou atípicos em algumas das quatro variáveis usadas, o que poderia levar a resultados errôneos. Estes municípios estão especificados na Tabela A4. Os municípios que não tiveram registros de inundações entre 2003 e 2009 formaram, naturalmente, um grupo e podem ser identificados na Tabela A3.

Analisando o dendograma (Figura A1) observamos o rápido agrupamento dos 10 grupos iniciais em seis e logo a seguir o rápido agrupamento dos seis em quatro grupos, podemos supor que a criação e análise de quatro grupos pode ser uma boa alternativa. Então criamos quatro *clusters*, onde os municípios dentro do grupo tendem a ter características similares referentes às quatro variáveis utilizadas e, por outro lado, características diferentes entre os quatro grupos criados.

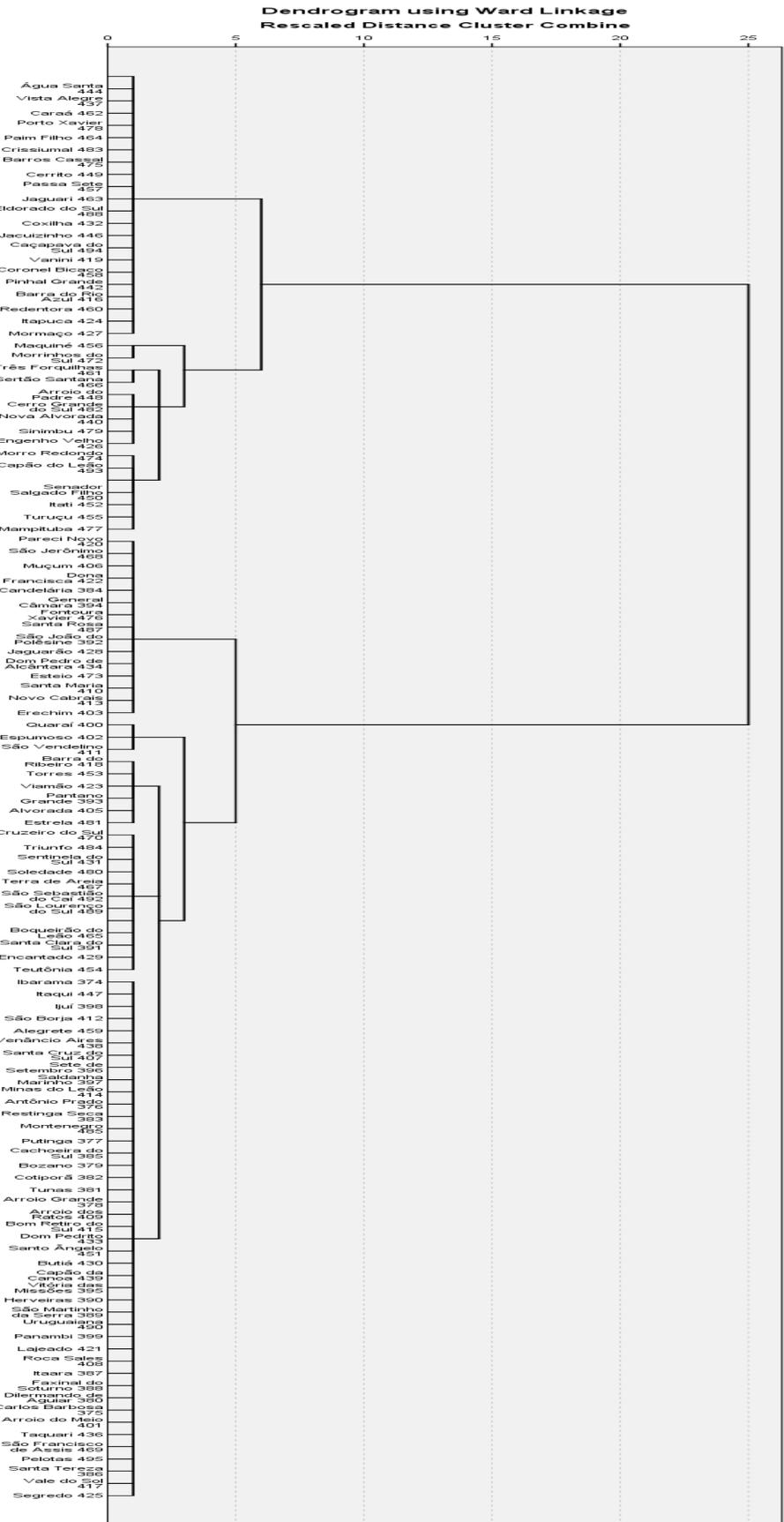


Figura 23: Dendrograma da análise de cluster dos municípios com inundações no RS.

A descrição a seguir compara o perfil de cada *cluster* com os demais *clusters* criados. Para facilitar o entendimento é recomendada a observação dos gráficos contendo as médias de cada variável utilizada segundo os *clusters* criados, conforme mostra a Figura 24.

O *Cluster 1* é composto pelos municípios que apresentaram, em média, baixas proporções da população atingida, baixos valores de prejuízos nas residências, altos valores de estragos em estradas e valores intermediários de danos em pontes.

No *Cluster 2* estão os municípios com, em média, baixas proporções da população atingida, altos valores de danos nas residências, valores altos de prejuízos referentes as estradas e de intermediários a baixos prejuízos nas pontes.

O *Cluster 3* é formado pelos municípios, em média, com uma proporção da população atingida em nível intermediário e baixos prejuízos em casas, estradas e pontes.

Por fim, no *Cluster 4* encontramos os municípios com, em média, altas proporções da população atingida, valores intermediários de prejuízos nas casas e altos valores de prejuízos em estradas e pontes.

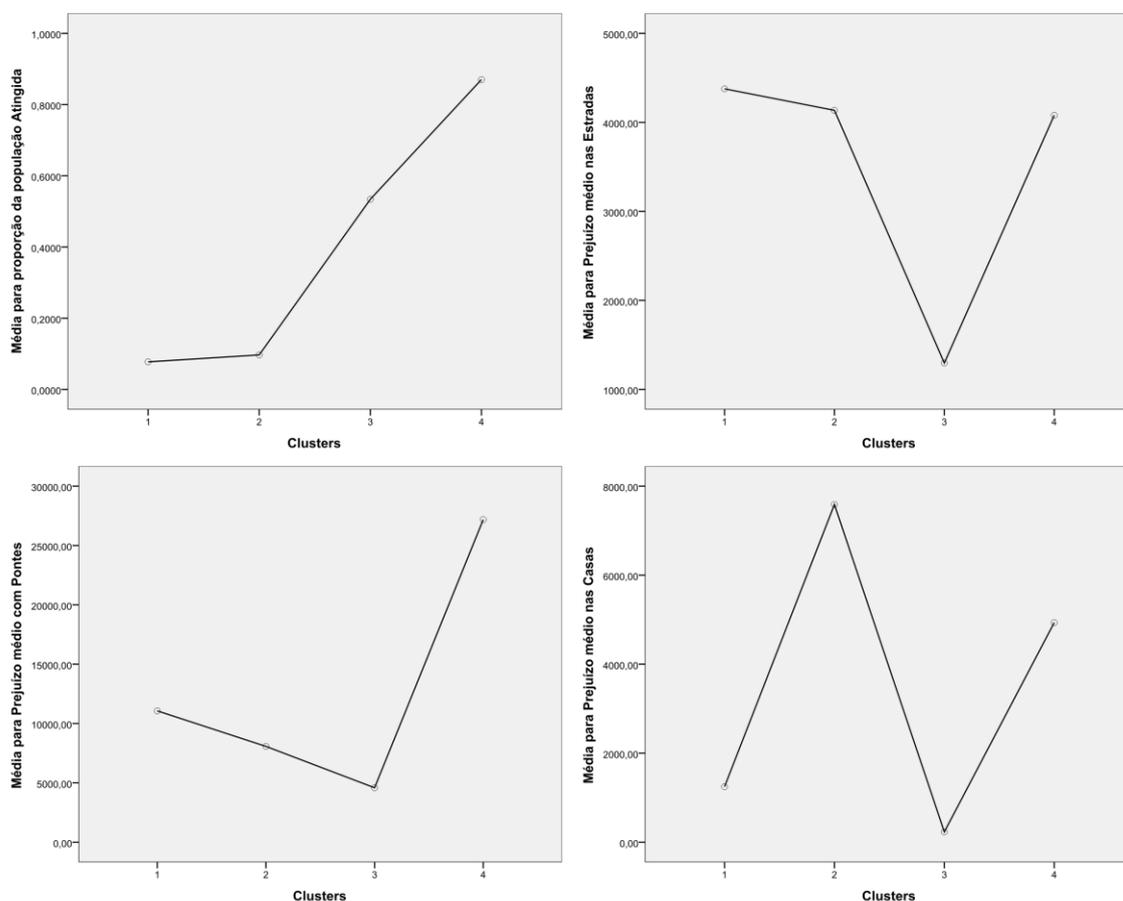


Figura 24: Valores médios das variáveis segundo os diferentes *clusters* criados.

Desta forma, podemos considerar que no *Cluster 4* estão os municípios com muitas pessoas atingidas e muitos danos materiais, tantos nas estradas, como em pontes e também em casas, ou seja, os municípios com maior dano geral, em comparação com os demais. No *Cluster 3* estão os municípios com menos danos materiais, mas muitas pessoas atingidas.

O *Cluster 1* reuniu municípios com maior número de danos nas estradas, seguido de danos nas pontes e no *Cluster 2* estão os municípios que apresentaram danos principalmente em estradas e casas.

Pela Figura 25 podemos observar que os municípios pertencentes a cada um dos quatro *clusters* criados estão distribuídos em várias mesorregiões do estado, não havendo assim uma concentração de municípios do mesmo *cluster* em uma mesma mesorregião.

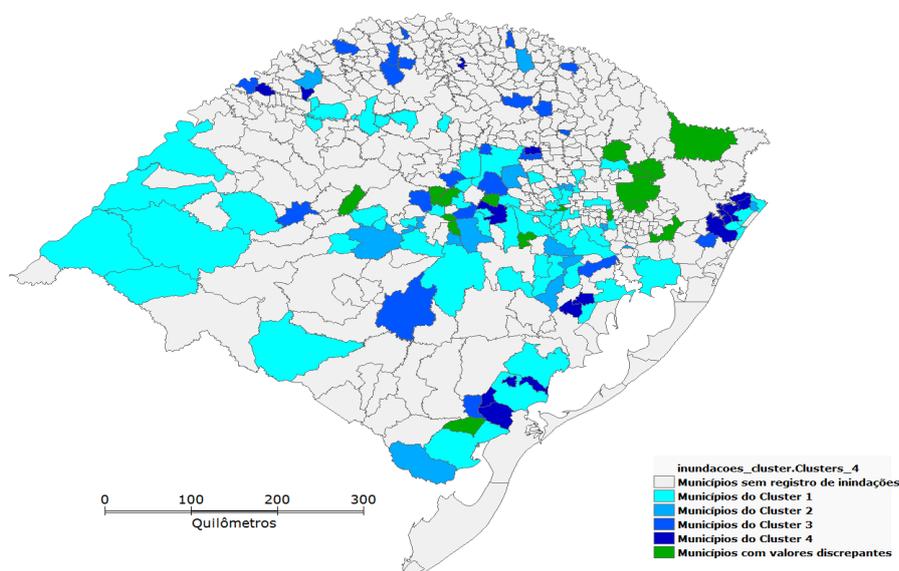


Figura 25: Distribuição espacial dos Municípios do Rio Grande do Sul segundo Análise de *Cluster*. Dados referentes a inundações entre 2003 e 2009

A relação dos municípios que compõem cada *cluster* pode ser consultada nas tabelas do Apêndice B deste trabalho.

4.4. Estiagens e Inundações

Pela Figura 26 podemos observar que 75,1% das estiagens registradas pela CEDEC/RS ocorreram nos anos de 2004 e 2005, o que representa respectivamente 38,5% e 36,6% do total das ocorrências de estiagens no período estudado.

Observa-se, ainda que os dois anos com menores registros de estiagens, 2003 com três registros e 2007 e seis registros, foram aqueles com maiores registros de inundações, 77 e 42 ocorrências respectivamente.

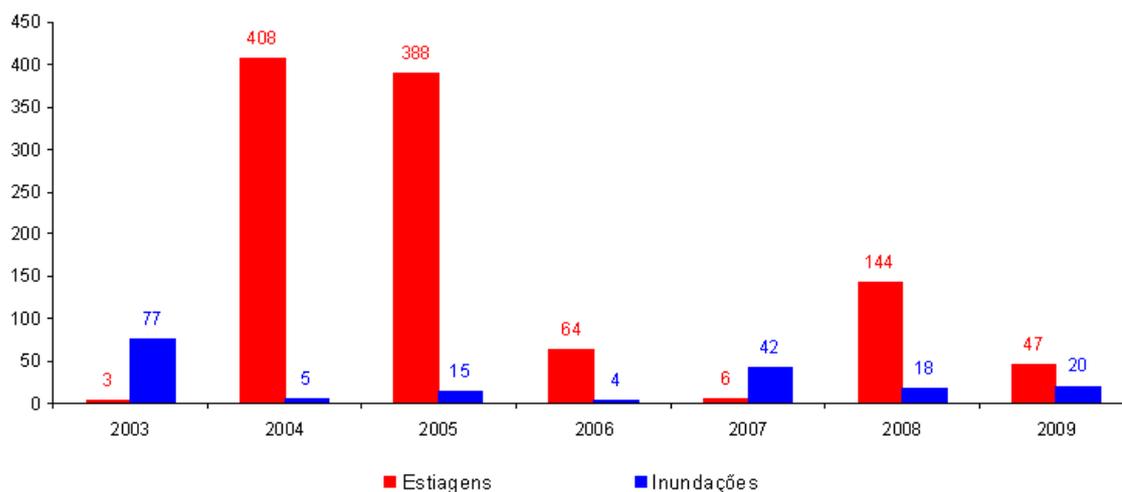


Figura 26: Número de registros de estiagens e inundações no Rio Grande do Sul por ano.

Em uma análise mais detalhada dos dados foram identificadas, em 37 municípios gaúchos, a ocorrência de inundações e menos de seis meses depois, o registro de uma estiagem (Tabela 1), evidenciando uma falta de medida preventiva no sentido de buscar armazenar a água da chuva em reservatórios para a utilização da mesma em épocas de estiagens, por exemplo. Podemos perceber que em 27 municípios a inundação aconteceu em um intervalo de seis dias (entre os dias 11 e 17 de Dezembro de 2003). Vale destacar ainda que, nos municípios de Alegrete, Fontoura Xavier, Gramado Xavier, Pantano Grande e Passa Sete, houve a ocorrência de um evento de inundação no mesmo ano em que mais tarde, ocorreria outra inundação e menos de seis meses depois desta, um evento de estiagem.

Tabela 1: Municípios com registro de inundação seguido por registros de estiagem em um período inferior a seis meses.

Município	Data inundação	Data estiagem
Pantano Grande	19/02/2003 e 09/10/2003	11/03/2004
Fontoura Xavier	27/01/2003 e 27/10/2003	08/03/2004
Gramado Xavier	08/07/2003 e 27/10/2003	19/03/2004
Putinga	27/10/2003	27/03/2004
Barros Cassal	27/10/2003	30/03/2004
Boqueirão do Leão	29/10/2003	29/03/2004
Senador Salgado Filho	11/12/2003	03/03/2004
Alegrete	30/04/2003 e 11/12/2003	24/03/2004
Santa Rosa	12/12/2003	03/03/2004
Panambi	14/12/2003	08/03/2004
Dilermando de Aguiar	14/12/2003	08/04/2004
Vitória das Missões	15/12/2003	01/03/2004
São Paulo Das Missões	15/12/2003	03/03/2004
Sete de Setembro	15/12/2003	03/03/2004
Santo Angelo	15/12/2003	05/03/2004
Arroio do Tigre	15/12/2003	08/03/2004
Candelária	15/12/2003	09/03/2004
Passa Sete	08/07/2003 e 15/12/2003	11/03/2004
Segredo	15/12/2003	15/03/2004
Pinhal Grande	15/12/2003	18/03/2004
Santa Clara do Sul	15/12/2003	18/03/2004
São Francisco de Assis	15/12/2003	18/03/2004
Espumoso	15/12/2003	24/03/2004
Vale do Sol	15/12/2003	29/03/2004
Restinga Seca	15/12/2003	30/03/2004
São Martinho da Serra	15/12/2003	31/03/2004
Itaara	15/12/2003	05/04/2004
Santa Maria	15/12/2003	05/04/2004
Herveiras	15/12/2003	06/04/2004
Teutônia	16/12/2003	02/02/2004
Bozano	17/12/2003	27/02/2004
Saldanha Marinho	17/12/2003	23/03/2004
Quevedos	17/12/2003	26/03/2004
Itaqui	24/12/2003	24/03/2004
Fontoura Xavier	23/09/2007	28/02/2008
Itapuca	24/09/2007	25/02/2008
Espumoso	25/09/2007	14/03/2008
Paim Filho	31/10/2007	28/02/2008
Barra do Rio Azul	28/10/2008	29/12/2008

Na Figura 27 estão destacados os 27 municípios onde as inundações ocorreram em um intervalo de seis dias (entre os dias 11 e 17 de Dezembro de 2003) e em menos de seis meses depois houve o registro de estiagem.

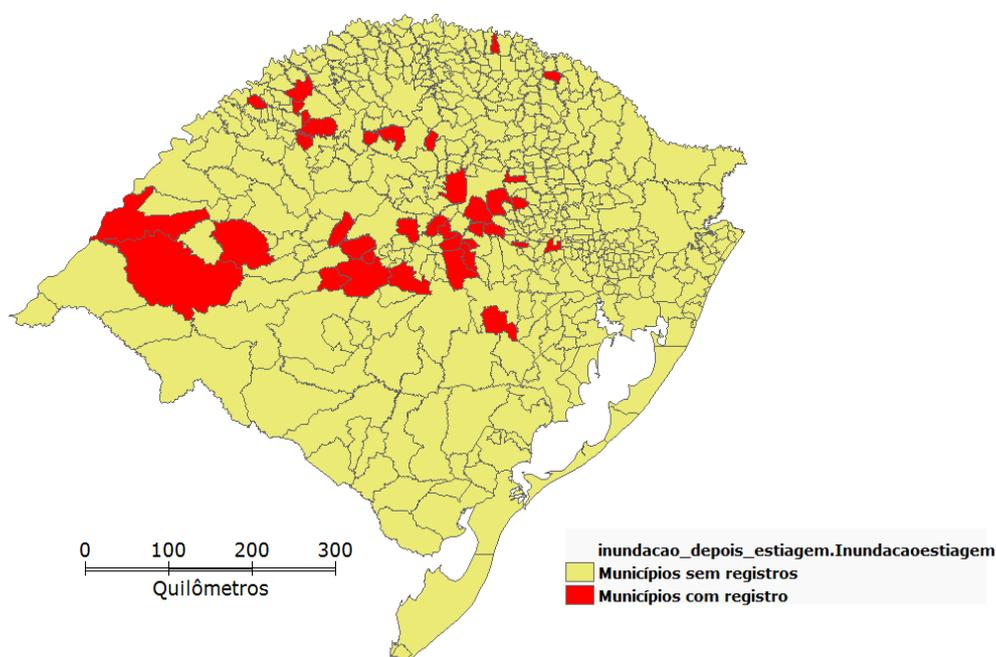


Figura 27: Representação espacial dos 27 municípios com registro de inundações entre os dias 11 e 17 de Dezembro de 2003 e menos de seis meses depois um registro de estiagem.

Também foram encontrados 16 municípios que tiveram registro de estiagem e inundações no mesmo ano, conforme Tabela 2, com destaques para os municípios de Fontoura Xavier e Uruguaiana. Em Fontoura Xavier foi registrado no dia 28 de Fevereiro de 2008 uma ocorrência de estiagem, 92 dias depois (29/05/2008) novamente um evento de estiagem e 153 dias depois do segundo evento de estiagem (29/10/2008) registrou-se uma ocorrência de inundações. No município de Uruguaiana, foi registrado no dia 09 de Março de 2005 uma ocorrência de estiagem, 75 dias depois (24/05/2005) um episódio de inundações e 32 dias depois (25/06/2005) novamente outro evento de inundações.

Tabela 2: Municípios com registros de estiagem e inundação no mesmo ano.

Município	Data estiagem	Data inundação
Água Santa	04/01/2005	18/05/2005
Alvorada	03/02/2005	13/10/2005
Arroio dos Ratos	15/03/2005	11/09/2005
Barra do Ribeiro	14/03/2005	12/09/2005
Capão do Leão	29/03/2004	07/05/2004
Coxilha	06/01/2005	19/05/2005
Fontoura Xavier	28/02/2008 e 29/05/2008	29/10/2008
Jacuízinho	09/03/2004	15/07/2004
Jaguarão	31/01/2005	14/05/2005
Minas do Leão	23/02/2005	11/09/2005
Pelotas	12/04/2004	07/05/2004
Santa Cruz do Sul	02/02/2005	04/10/2005
Santa Rosa	24/03/2008	25/10/2008
São Borja	31/01/2005	15/06/2005
Soledade	19/06/2008	21/11/2008
Taquari	10/04/2008	28/10/2008
Uruguaiana	09/03/2005	24/05/2005 e 25/06/2005

No período compreendido entre 2003 e 2009, a grande maioria das ocorrências de estiagens no Rio Grande do Sul, (83,8%) foram registradas nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março, como mostra a Figura 28. Somando-se as ocorrências nos meses de Dezembro e Abril, temos 98,3% dos registros de estiagens ocorrendo no período entre de Dezembro e Abril. Já as inundações ocorrem em sua maioria nos meses de Março, Setembro, Outubro e Dezembro, destacando-se que nos meses de Setembro e Outubro, onde ocorreu o terceiro e o segundo maior registro de inundações entre 2003 e 2009, houve apenas um registro de estiagem, no mês de Setembro.

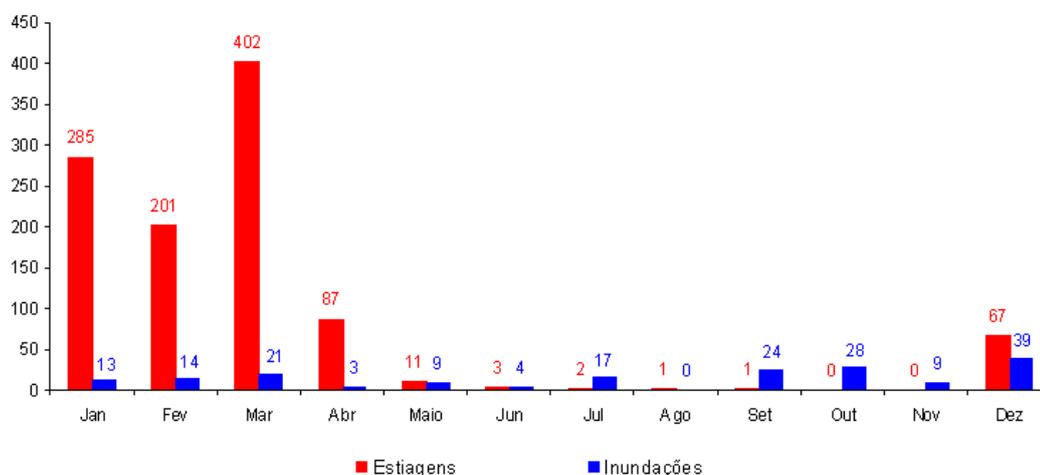


Figura 28: Número de estiagens e inundações no Rio Grande do Sul por mês – dados acumulados de 2003 a 2009.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados fornecidos pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul, os eventos de estiagem e inundação foram os tipos de desastres naturais mais frequentes que levaram os municípios do Rio Grande do Sul a decretarem situação de emergência ou estado de calamidade pública, entre 2003 e 2009.

Neste período, a estiagem atingiu a grande maioria dos municípios, sendo a mesorregião Noroeste do estado a que apresentou a maior incidência de ocorrências. Um fato interessante é que a maioria dos municípios que tiveram três ou mais registros de estiagens no período estudado apresentam seu território banhado pela Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

Já os registros de inundações não tiveram uma concentração de ocorrências em alguma mesorregião do estado e atingiram mais os municípios com território banhado pela Bacia Hidrográfica do Rio Guaíba e pela Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

Outra curiosidade é que dentre os 442 municípios com registro de pelo menos uma estiagem, em 62% a proporção média da população atingida foi maior que 50% da população estimada para o município do ano da ocorrência, segundo estimativas do IBGE. A grande maioria destes municípios possuía população estimada pelo IBGE inferior a 10.000 habitantes.

Houve municípios com registros de inundação e menos de seis meses depois o registro de uma estiagem, mostrando a falta de medidas preventivas que busquem minimizar os danos causados por estes eventos.

A análise de *cluster* identificou quatro grupos de municípios homogêneos quanto a prejuízos socioeconômicos e humanos, devidos às ocorrências de inundações no período estudado, sendo que em um grupo (*Cluster 4*) ficaram os municípios com muitas pessoas atingidas e maiores prejuízos materiais, em outro grupo (*Cluster 3*) apareceram os municípios com menores valores de danos materiais e muitas pessoas afetadas e os municípios pertencentes aos outros dois grupos (*Clusters 1 e 2*) tiveram valores de prejuízos similares, diferenciando-os apenas nos prejuízos gerados nas casas afetadas.

Uma grande dificuldade encontrada para a realização deste estudo foi a inconsistência do banco de dados fornecido pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul. Na análise descritiva dos dados surgiram valores extremos e em alguns casos, incoerentes com a realidade, como por exemplo, a população atingida por um evento em determinado município e ano ser muito superior a população estimada pelo IBGE naquele ano para o município. Todos estes valores discrepantes foram identificados e encaminhados à Defesa

Civil do estado para verificação junto aos AVADANs que, em sua grande maioria, estão digitalizados no sistema da Defesa Civil Estadual. Porém, alguns AVADANs ainda não foram digitalizados, estando sua versão original (impressa) nos arquivos da Casa Civil. Desta forma, as informações referentes a estes AVADANs foram retirados das análises deste trabalho.

A falta de alguns detalhes nas informações contidas nos AVADANs, como por exemplo, o tipo de material e tamanho da ponte danificada ou o tipo de estrada afetada por determinado evento, tornam a avaliação dos prejuízos causados pelas estiagens e inundações muito subjetiva.

Estudos como o presente podem auxiliar o poder público na tomada de decisão e de medidas preventivas para minimizar os danos provocados por esses desastres naturais a população do Rio Grande do Sul.

6. TUTORIAL DO TERRAVIEW

O TerraView é um visualizador de dados geográficos armazenados em um banco de dados do modelo TerraLib, possuindo uma série de ferramentas de análise. Na Figura 29 podemos observar a interface inicial do TerraView, com suas diferentes áreas de trabalho.

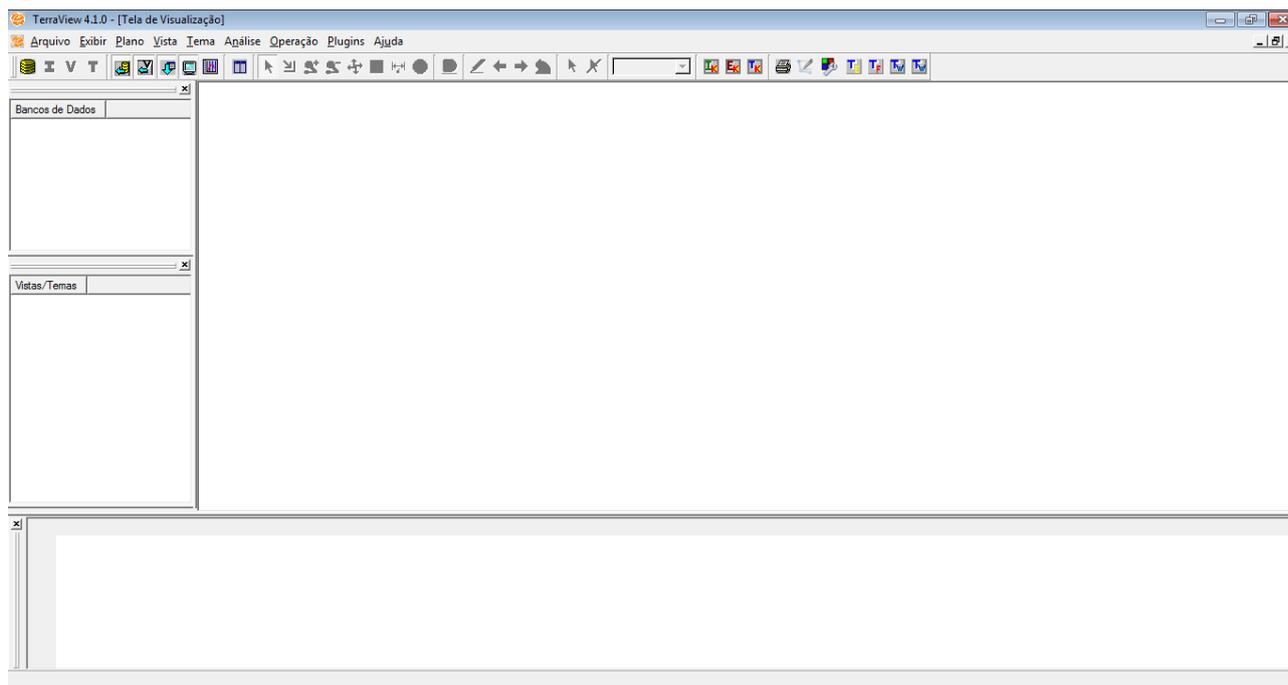


Figura 29: Janela inicial do TerraView.

O primeiro passo na utilização do TerraView é a criação de um banco de dados. Para isso, clicamos em *Arquivo -> Banco de dados* e irá se abrir uma janela com algumas opções. Para criar um banco de dados vamos seguir os seguintes passos (Ver Figura 30):

No quadro *Operações* selecionamos a opção *Criar*.

Em *Tipo de Banco de Dados* selecionamos o *Sistema Gerenciador de Banco de Dados* (SGBD) em que serão armazenados os dados. A interface muda conforme o SGBD selecionado. Neste estudo foi utilizado o ACCESS e neste tutorial vamos nos concentrar neste tipo de SGBD.

Escolhido o ACCESS, clicamos no botão *Diretório* para indicar onde o novo banco de dados será armazenado e em *Nome do Banco de Dados* podemos nomear nosso banco de dados.

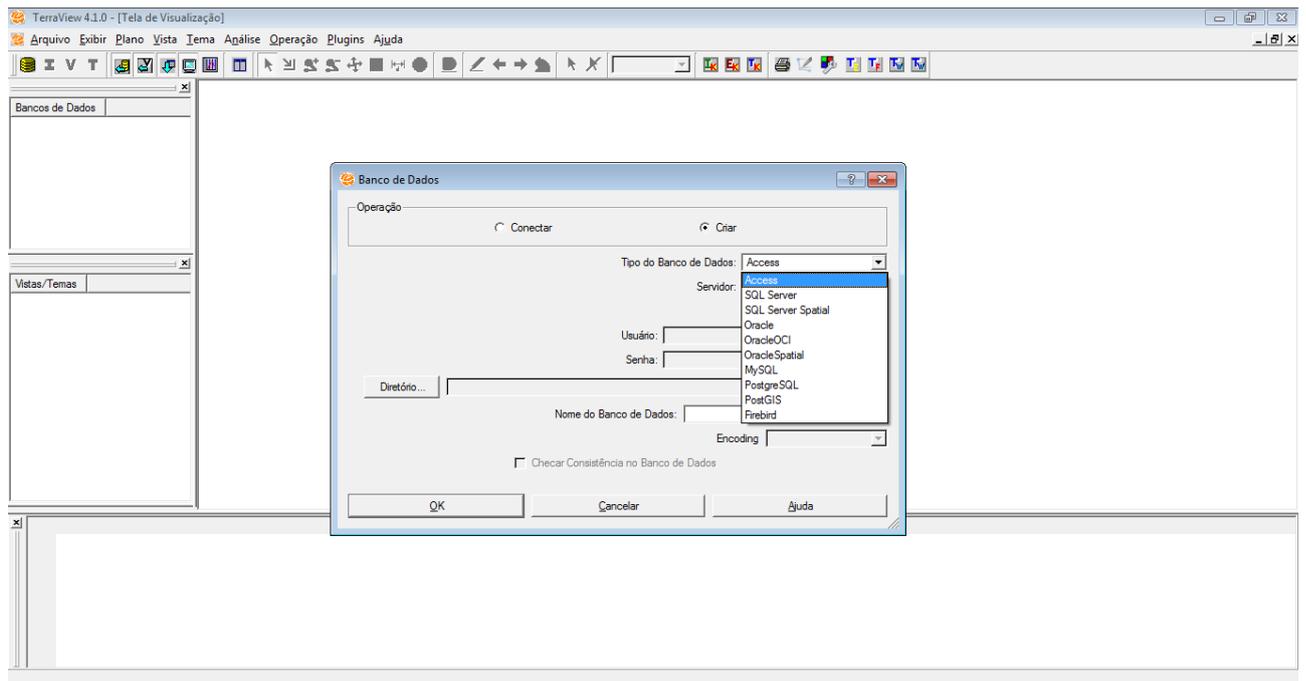


Figura 30: Criando um banco de dados.

Clicando no botão **Executar** o banco estará conectado e pronto para ser utilizado pelo TerraView. Irá aparecer uma figura amarela na **Árvore de Banco de Dados**, no canto superior esquerdo da janela, logo abaixo da **Barra de Ferramentas**, como mostra a Figura 31.

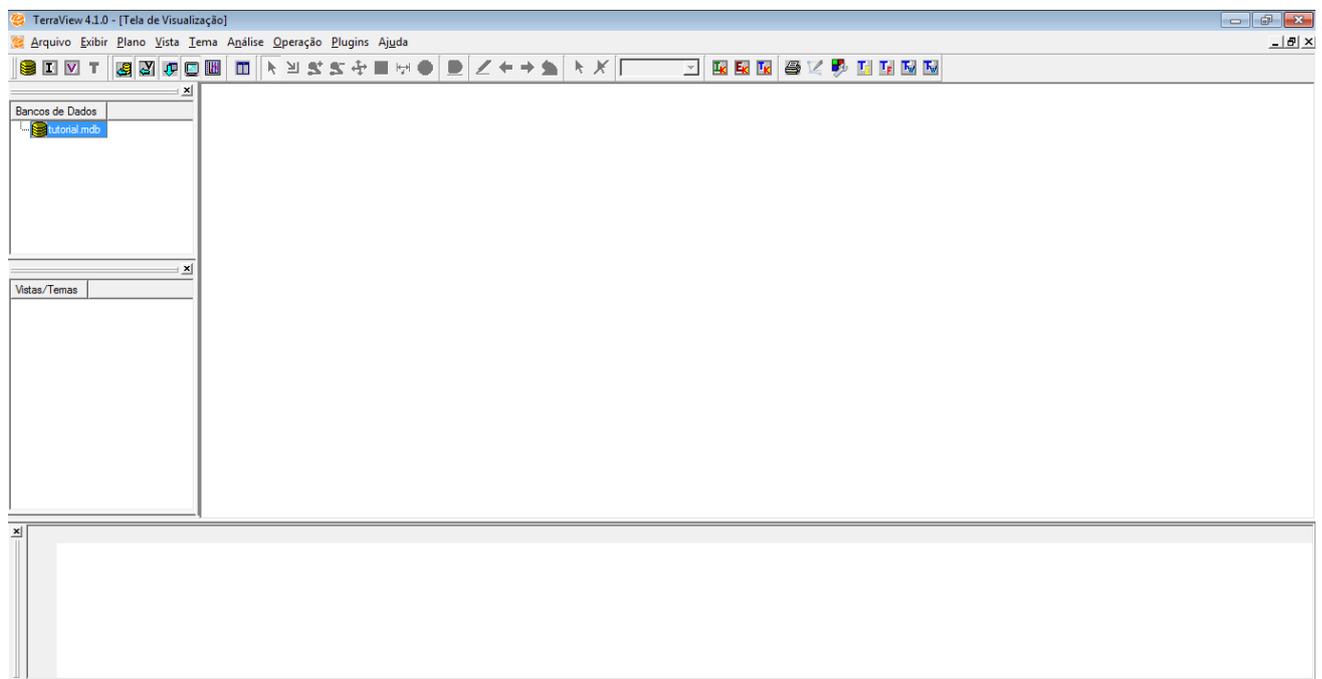


Figura 31: Banco de dados criado no TerraView.

O segundo passo é importar os dados vetoriais a partir de arquivos de diferentes formatos. Antes de realizarmos este passo no TerraView, precisamos ter esses dados vetoriais. Para isso podemos acessar o site do IBGE e baixar estes arquivos.

No site do IBGE clicamos em *Download -> Geociências*, conforme a Figura 32.



Figura 32: Site do IBGE para baixar as malhas digitais.

Ao aparecer um diretório com várias pastas, clicamos em *mapas* e seguimos clicando até chegar em *2007*, conforme mostra a Figura 33.

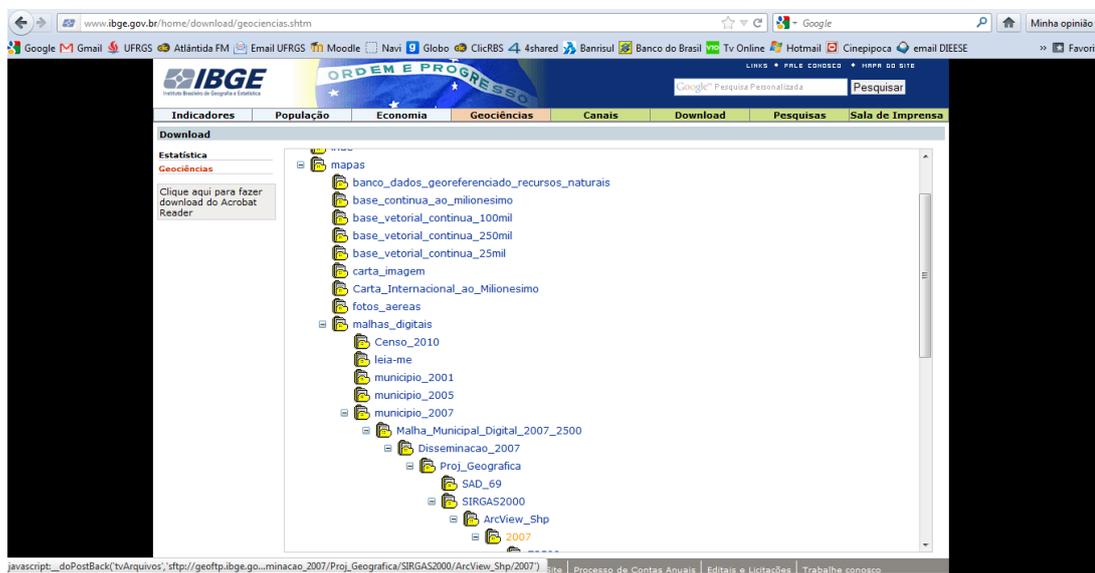


Figura 33: Diretório do site do IBGE.

Depois de clicar em *2007*, clicamos em *E2500 -> UF -> RS* e baixamos todos os arquivos que aparecem na Figura 34 em uma mesma pasta em nosso computador.

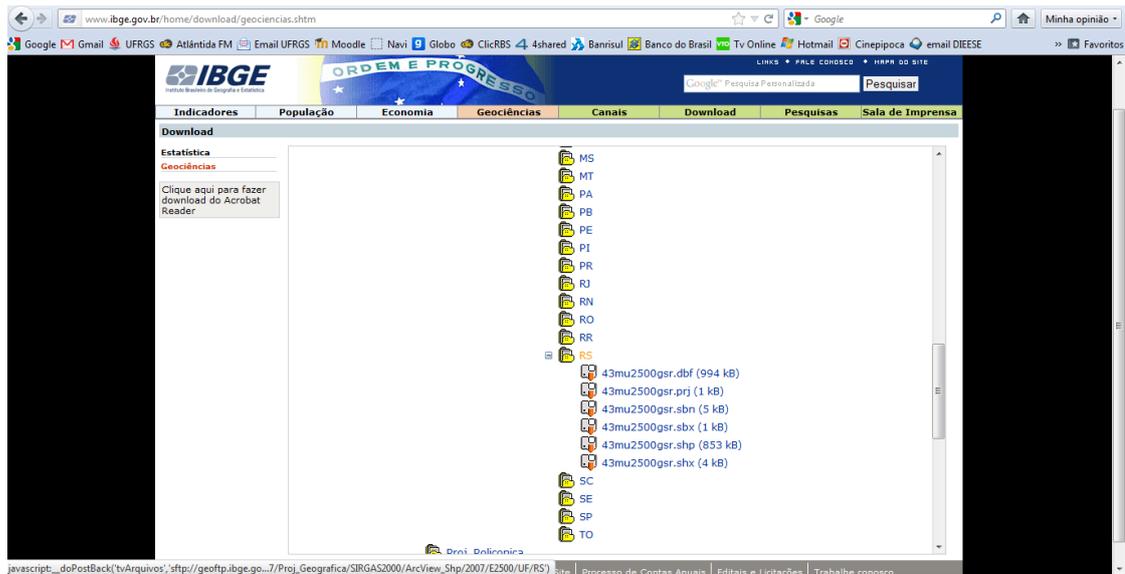


Figura 34: Diretório no site do IBGE.

Agora que temos as malhas digitais voltaremos ao TerraView e em **Arquivo** -> **Importar Dados** irá aparecer uma nova janela (Figura 35), onde clicando em **Arquivo** iremos selecionar o arquivo com a extensão “.shp” que acabamos de baixar do site do IBGE.

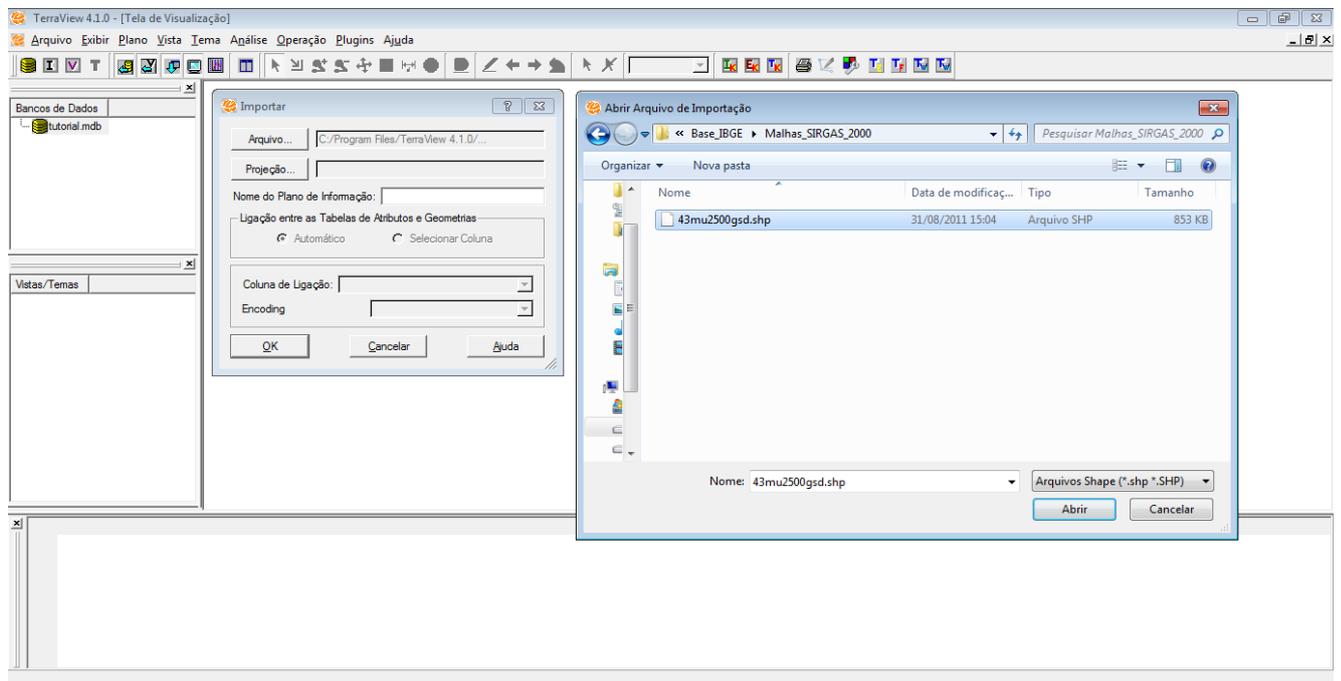


Figura 35: Importando dados geométricos para o TerraView.

Ao clicar em **Abrir** irá aparecer uma mensagem pedindo para identificarmos campos com nomes inválidos, como mostra a Figura 36.

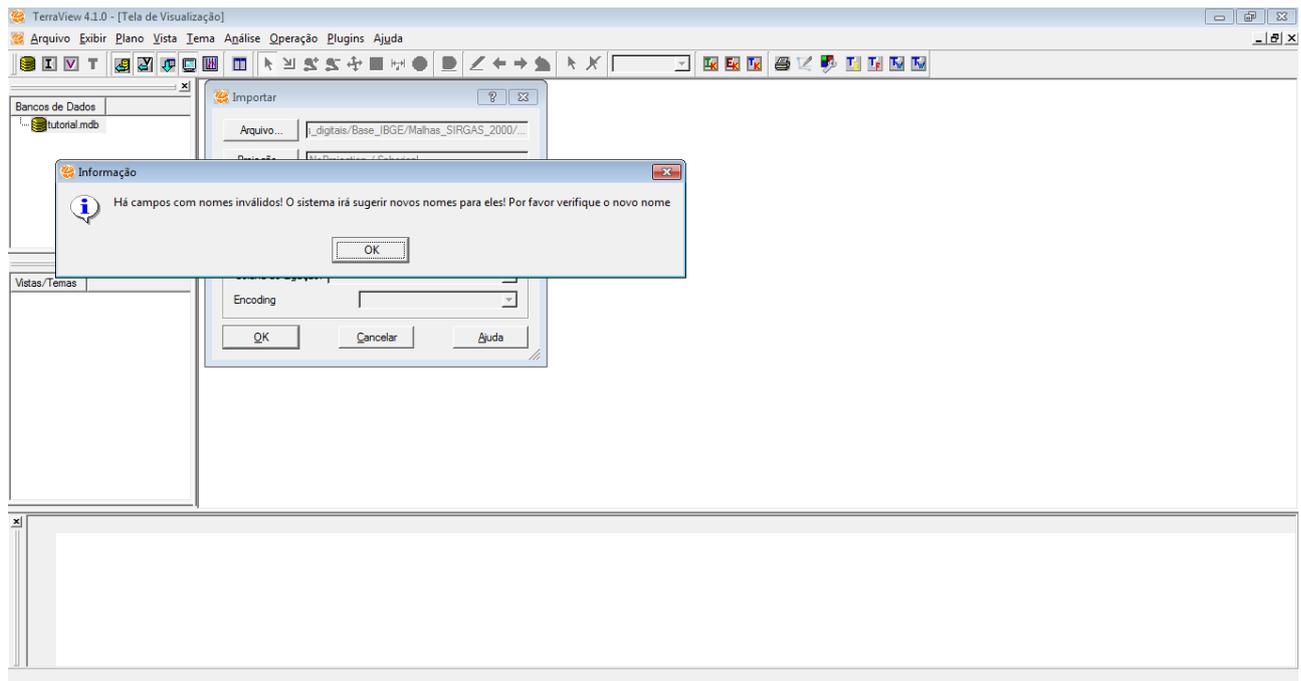


Figura 36: Importando dados geométricos para o TerraView, avisos.

Clicamos em *ok* e verificamos em *Nome do Plano de Informação* se há números, espaços ou símbolos que não podem ser utilizados (Figura 37). No quadro *Ligação entre as Tabelas de Atributos e Geometrias* temos as opções de deixar o TerraView criar uma ligação automática entre as tabelas ou podemos selecionar uma coluna que fará a ligação entre as tabelas. Iremos acionar a opção *Selecionar Coluna* e, no quadro abaixo, escolher a coluna que será utilizada na ligação das variáveis (Figura 37). A coluna selecionada será a coluna com os geocódigos de cada município segundo o IBGE. Esta coluna também deverá estar no nosso banco de dados. Clicamos em *Ok*, em *Sim* para confirmar a coluna que irá ligar as tabelas e *Sim* para visualizar os dados.

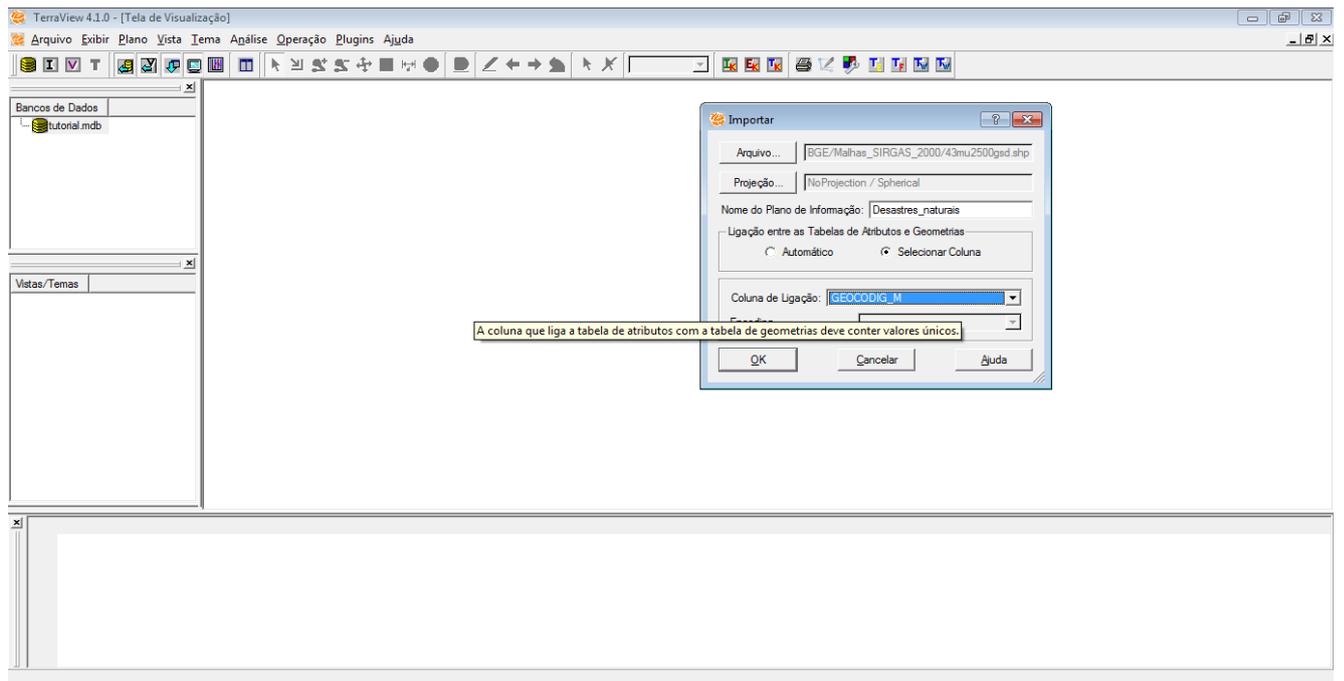


Figura 37: Configurando a importação de dados geométricos.

Feito isso, aparecerá na *Árvore de Vistas e Temas*, abaixo da *Árvore de Banco de Dados*, a vista e o tema com o nome escolhido. Clicando em cima do tema podemos visualizar o mapa na *Área de Desenho* e os dados vetoriais na *Área de Grade* (Figura 38).

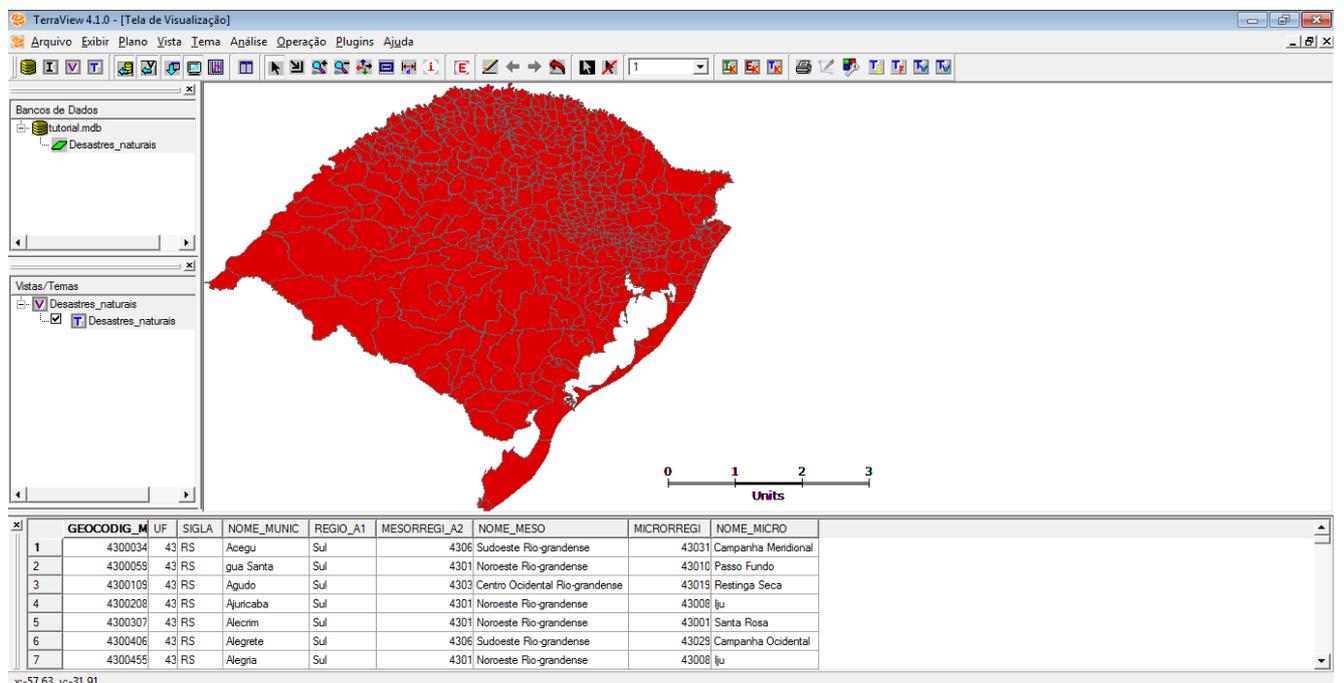


Figura 38: Dados geométricos importados com sucesso.

O passo seguinte é importar uma tabela contendo o nosso banco de dados, que neste trabalho foi construído no Excel e salvo no formato “csv”. Para salvar o arquivo neste formato

devemos ter apenas uma planilha com o banco de dados, devendo ser excluídas as demais planilhas do arquivo. Na primeira linha, que terá o nome das variáveis não podemos utilizar o usual “espaço” entre as palavras. Devem-se evitar nomes grandes para as variáveis, pois em algumas versões do TerraView só são permitidos oito caracteres.

Para importar nossos dados para o TerraView iremos em *Arquivo -> Importar Tabela*. Será aberta uma nova janela e no quadro *Fonte* clicamos em *Arquivo*, onde iremos selecionar o arquivo, em formato “csv”, contendo o banco de dados (Figura 39). Note, no canto inferior direito da Figura 39, que podemos escolher o formato dos arquivos onde podem estar os dados que queremos importar.

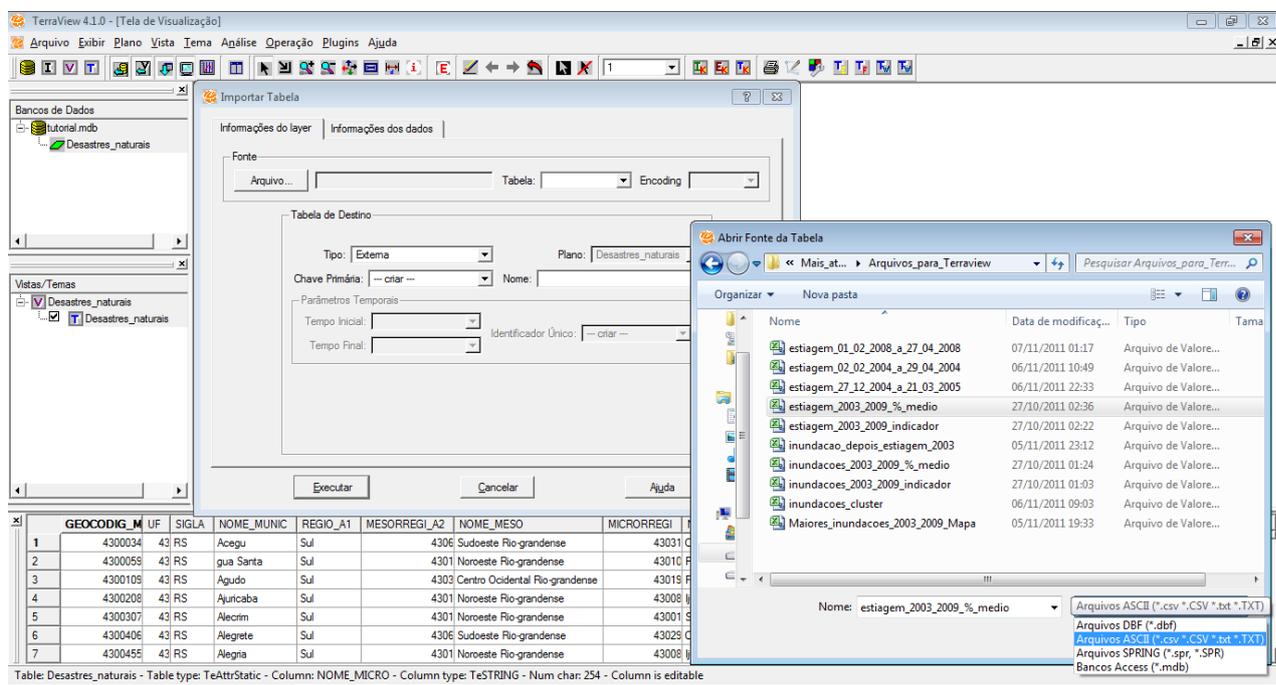


Figura 39: Importando tabelas de atributos.

Ao clicar em *Abrir* irá aparecer uma janela conforme mostra a Figura 40, mostrando que o caracter separador é *Porto e Vírgula*, clicamos em *Ok*. O TerraView fará a pergunta se a primeira linha é um cabeçalho: clicamos em *Sim* e aparecerá um aviso para verificarmos o nome e o tipo das colunas.

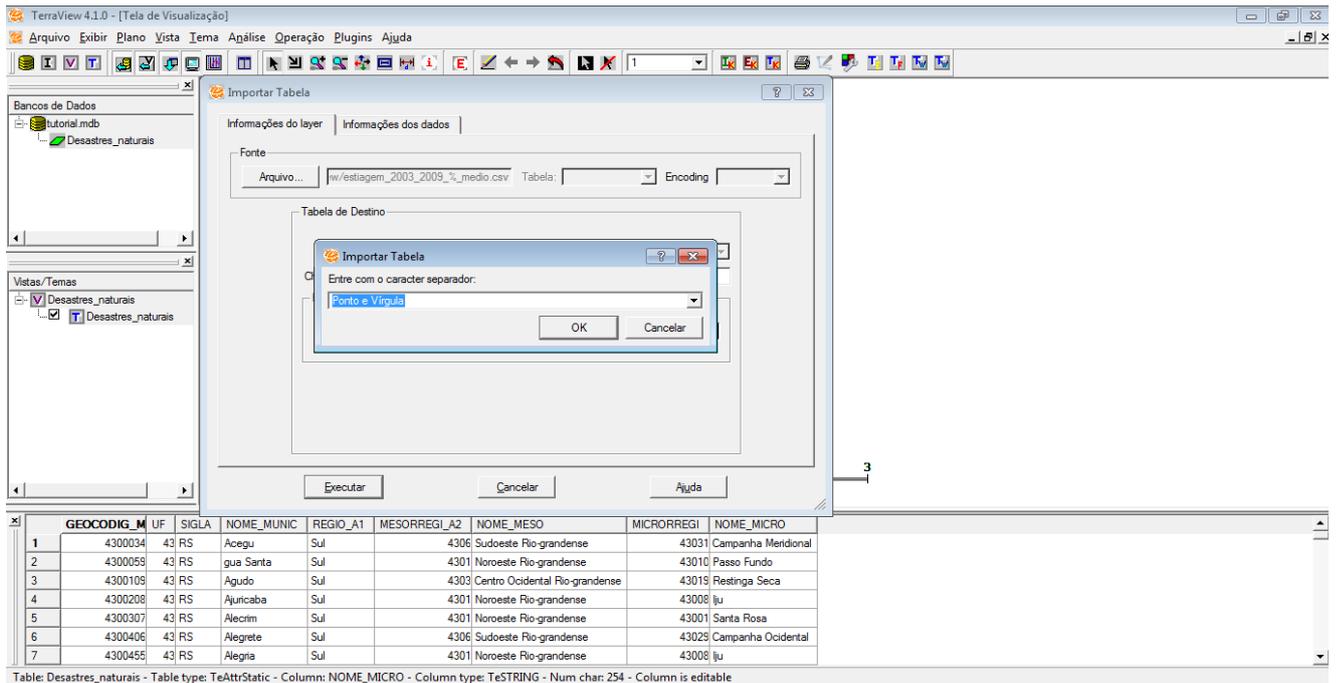


Figura 40: Configurando a tabela de atributos, avisos.

Na aba **Informações do Layer**, no quadro **Tabela de Destino**, iremos selecionar, em **Chave Primária**, a coluna com o geocódigo do IBGE que será a ligação entre as duas tabelas (Figura 41). Em **Nome**, vamos conferir se o nome da tabela não contém números ou símbolos.

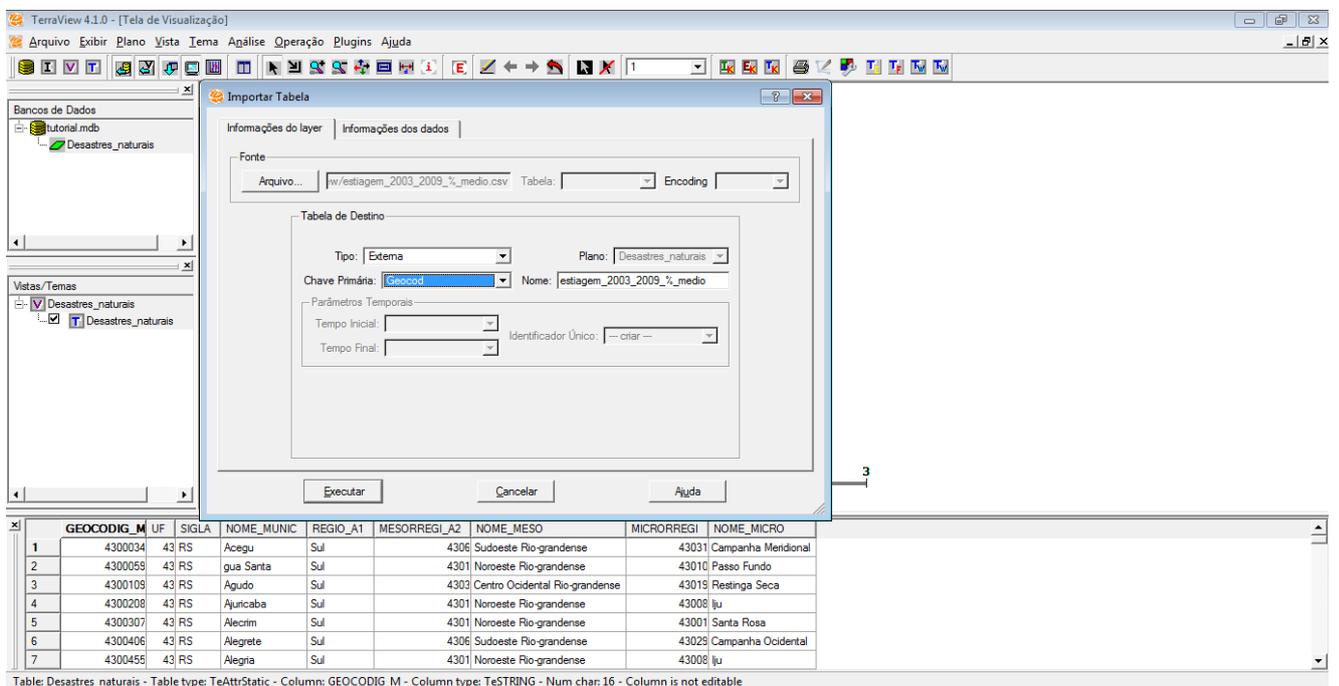


Figura 41: Configurando a tabela de atributos.

Esta etapa é muito importante, pois iremos “informar” para o TerraView o tipo de dado que cada coluna contém. Na aba **Informações dos dados**, selecionaremos cada coluna,

clicando no nome da variável, informando, em **Tipo**, se é uma variável texto, numérica inteira, data ou numérica real. Clicamos em **Aplicar** (Figura 42). O processo é repetido para cada variável, até todas serem selecionadas.

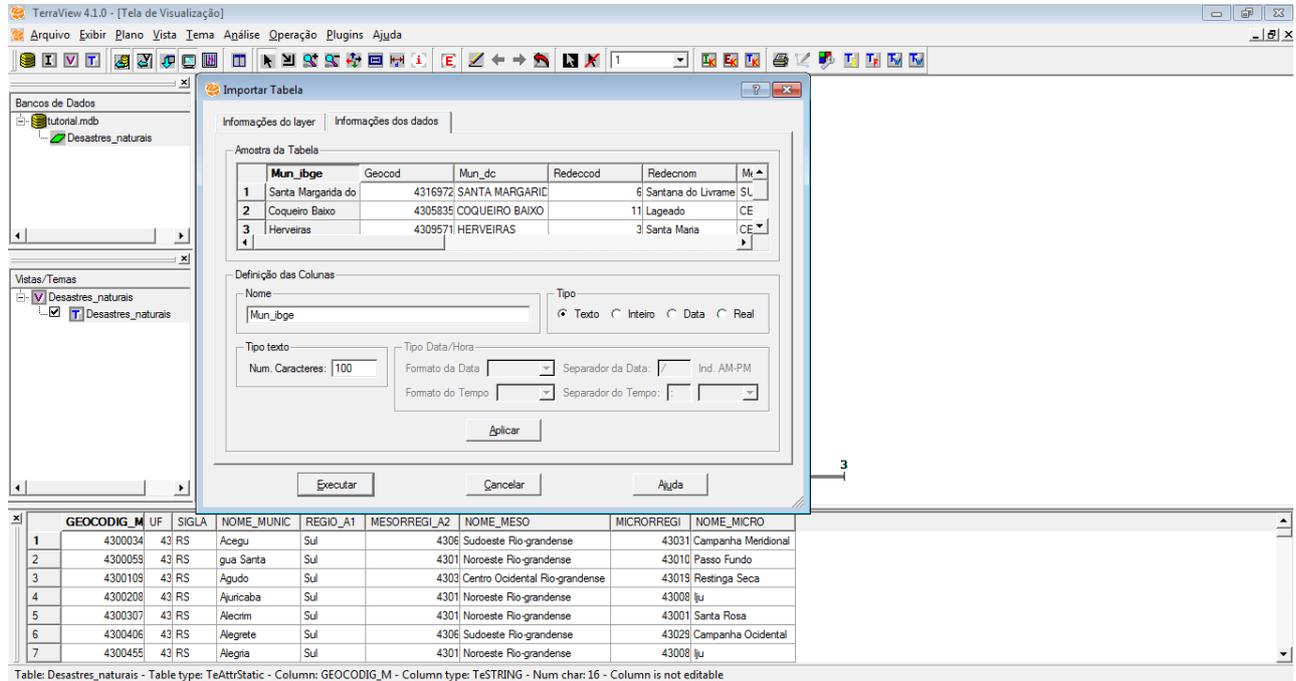


Figura 42: Informando o tipo de dados da tabela de atributos.

Com nossos dados importados com sucesso, faremos agora a ligação entre as tabelas de atributos e geometrias. Para isso, clicamos com o botão direito do mouse em cima do tema criado e selecionamos a opção **Conectar Tabela Externa** (Figura 43).

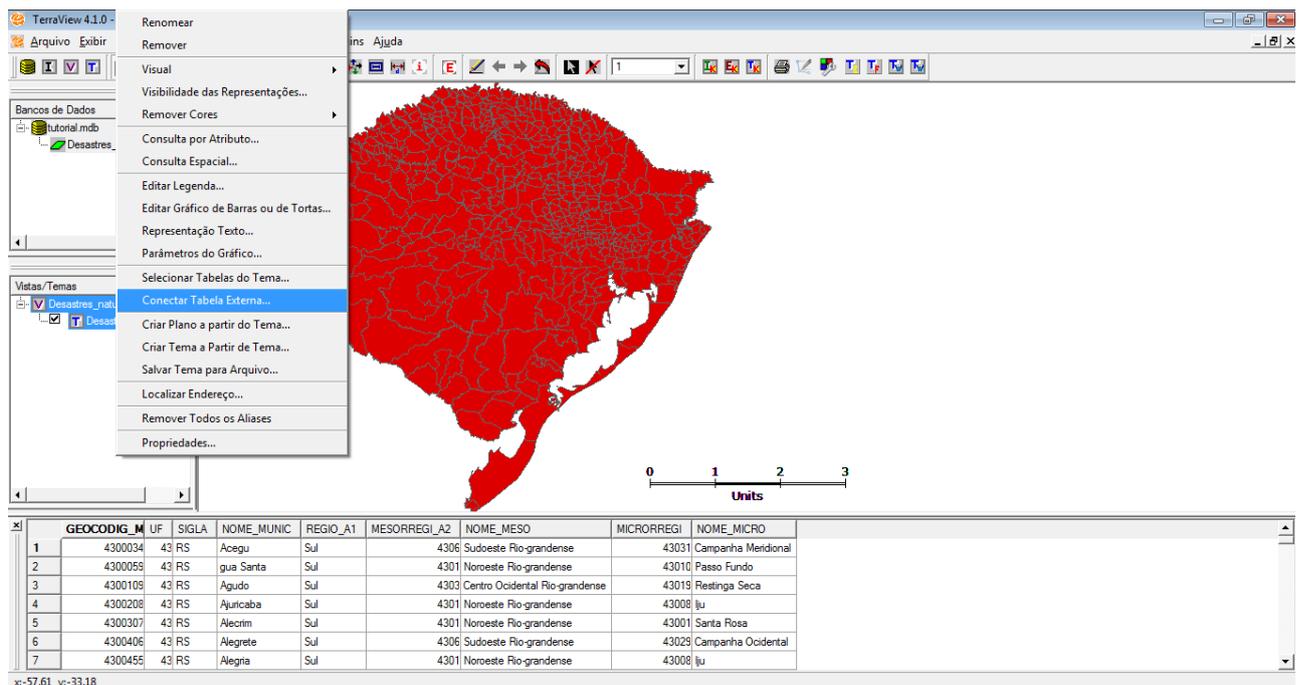


Figura 43: Conectando os dados geométricos a tabela externa.

Irá aparecer uma nova janela com a lista das Tabelas Externas que foram importadas para o TerraView. Selecionada a tabela que queremos, clicamos na variável com o geocódigo que aparecerá na *Área de Grade* que ficará em negrito e clicamos na variável com o geocódigo da tabela externa mantendo o botão do mouse apertado, arrastamos o geocódigo da tabela externa até em cima da variável na *Área de Grade* (Figura 44).

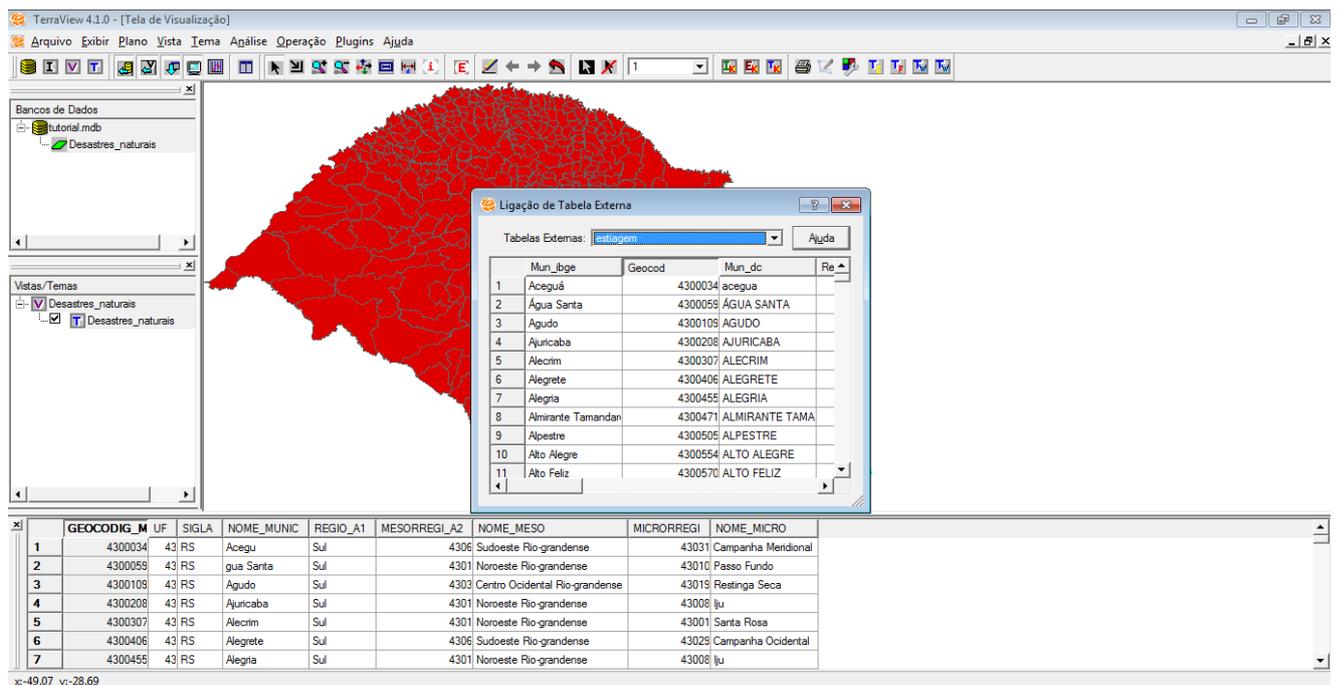


Figura 44: Ligação entre as tabelas de atributos e geométrica.

Os dados da tabela externa serão ligados aos dados da tabela de dados vetoriais através do geocódigo do IBGE e podem ser visualizados na *Área de Grade* (Figura 45).

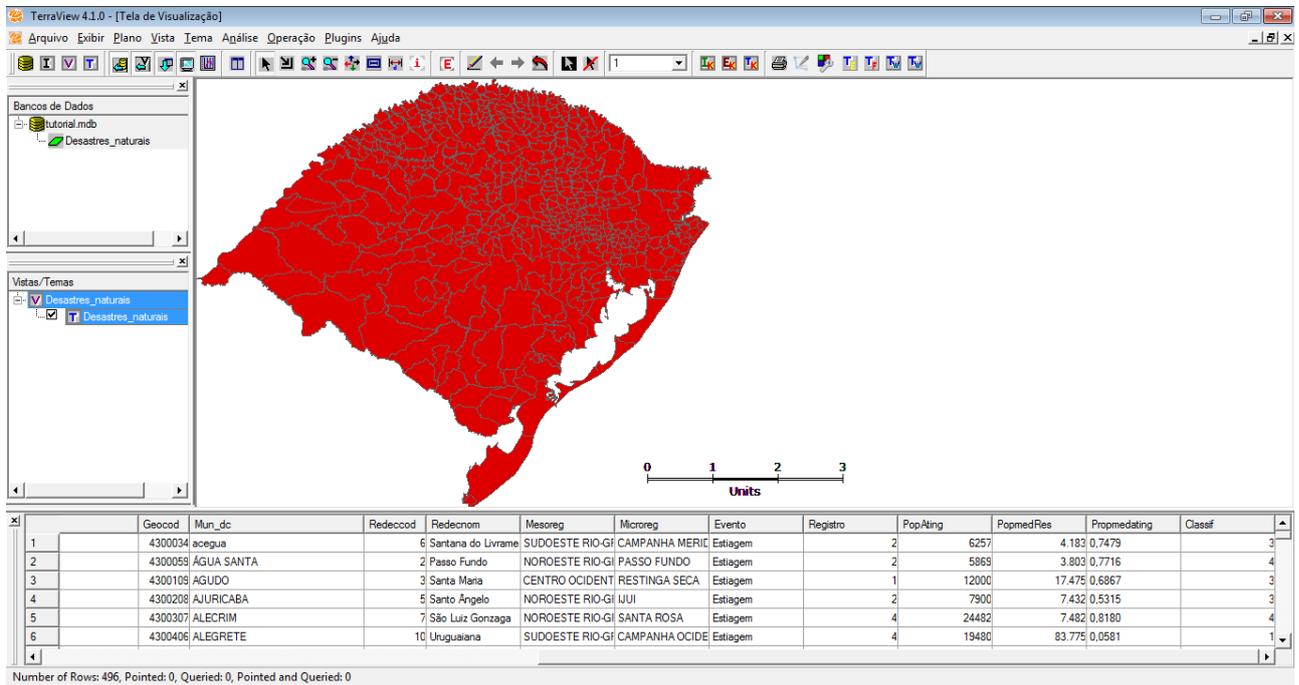


Figura 45: Resultado da ligação das tabelas.

Para agora criar o mapa, clicamos novamente com o botão direito do mouse em cima do tema ativo e clicamos em *Editar Legenda* (Figura 46).

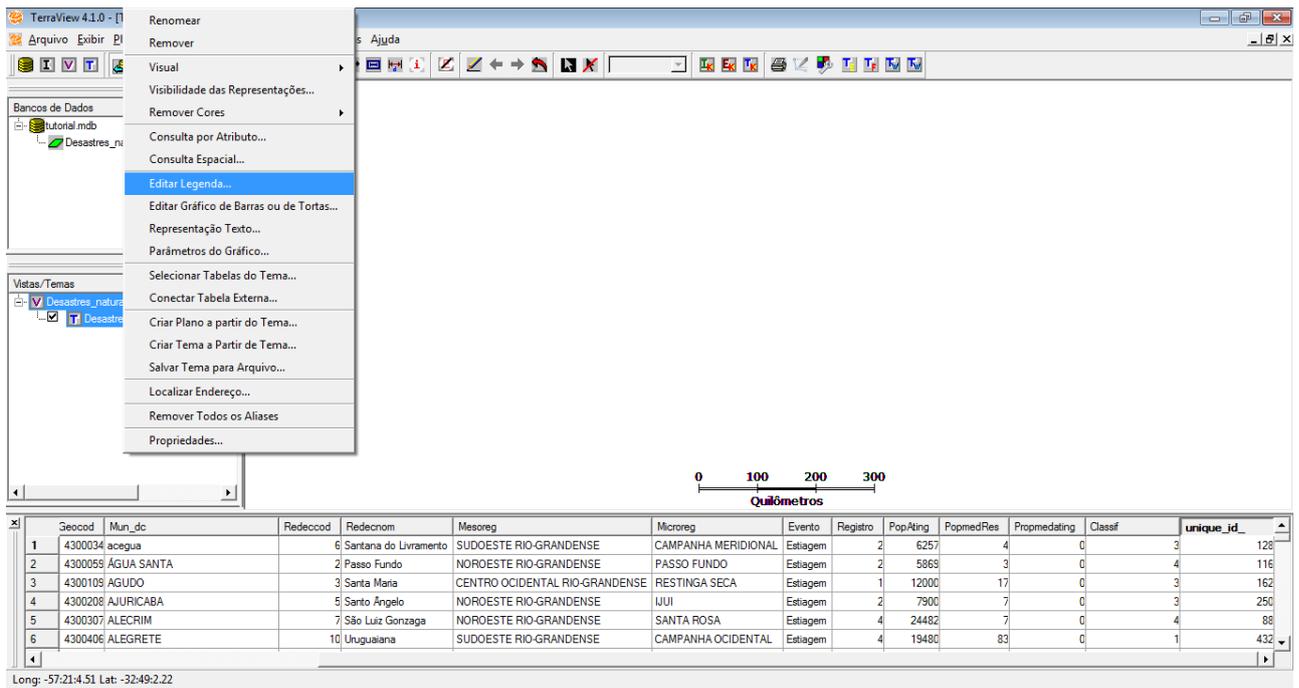


Figura 46: Iniciando a construção do mapa.

Uma nova janela é aberta e no quadro *Parâmetros de Agrupamentos*, temos quatro opções de como agrupar os dados das variáveis que iremos utilizar, dependendo dos valores de seus atributos. Vamos ativar o modo *Valor único*, onde cada valor diferente da variável é associado a um novo grupo (Figura 47).

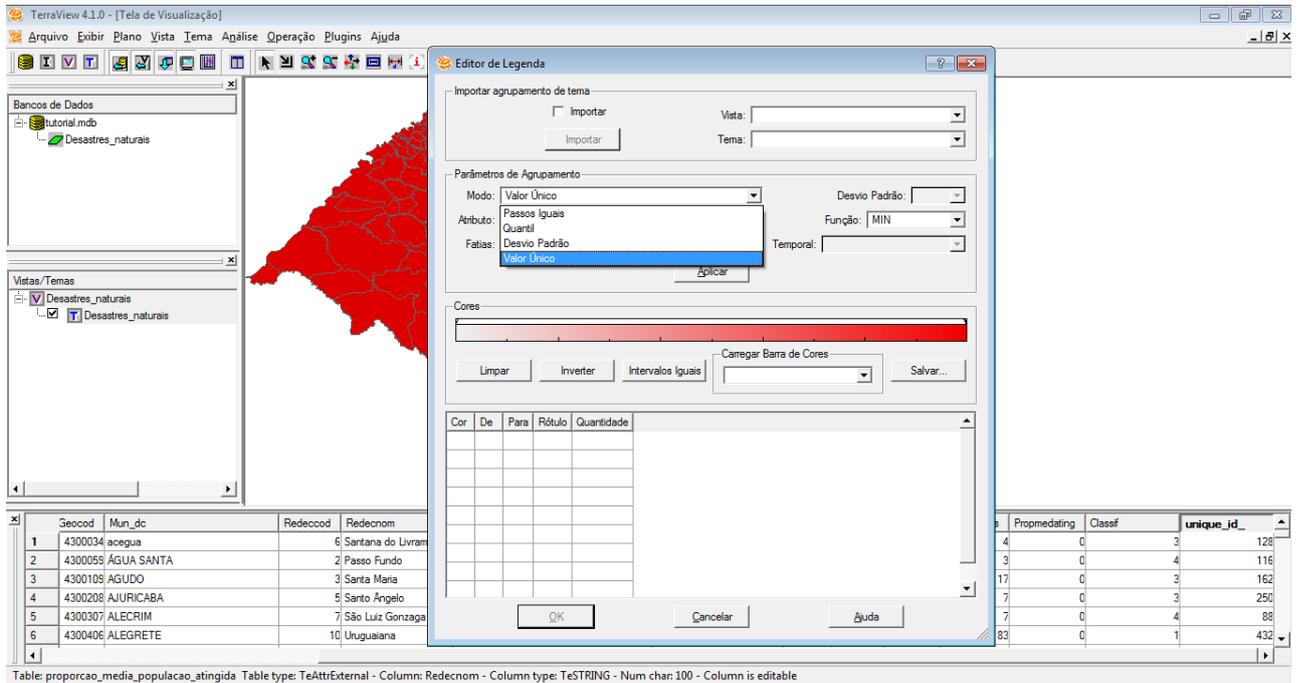


Figura 47: Modos de agrupamentos.

Em *Atributo* vamos escolher a variável que será utilizada (Figura 48) e podemos clicar em *Aplicar*.

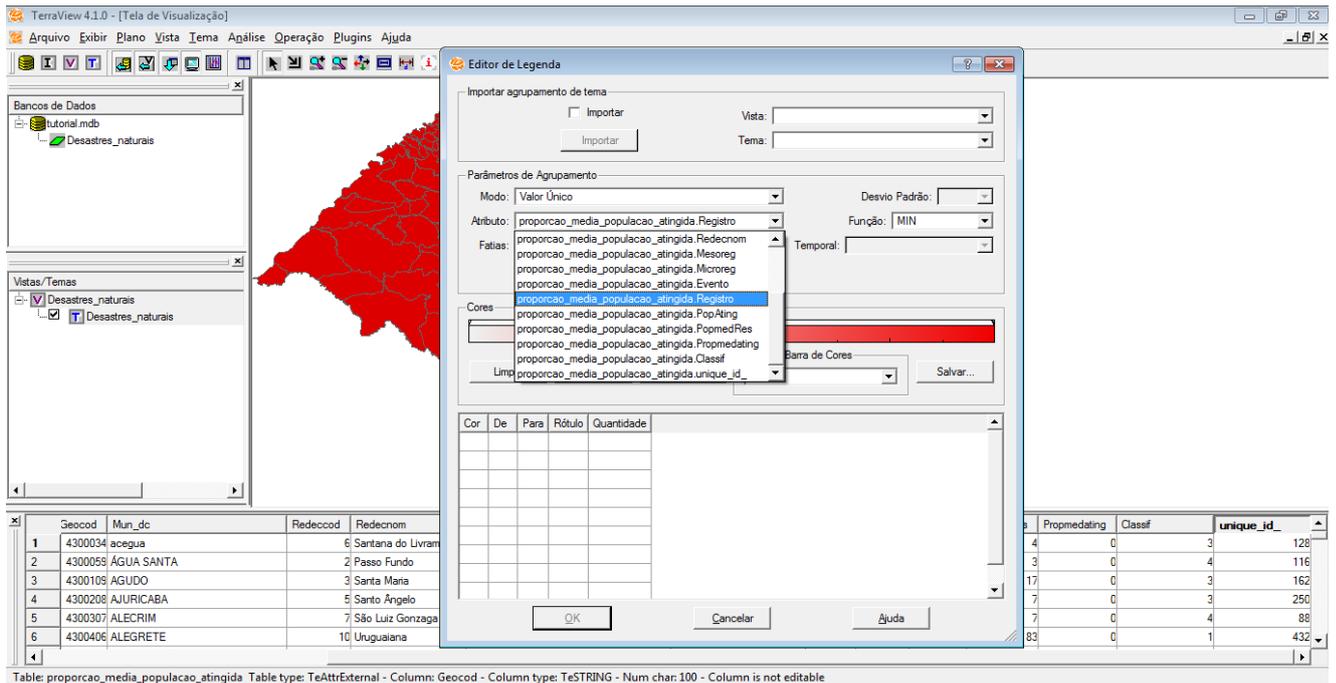


Figura 48: Selecionado atributo para a geração do mapa.

Podemos observar que o TerraView criou uma legenda onde constam a **Cor** que corresponde a cada categoria da variável selecionada, os **Valores** de cada categoria, o **Rótulo** onde podemos nomear as categorias e a **Quantidade** de observações de cada categoria (Figura 49).

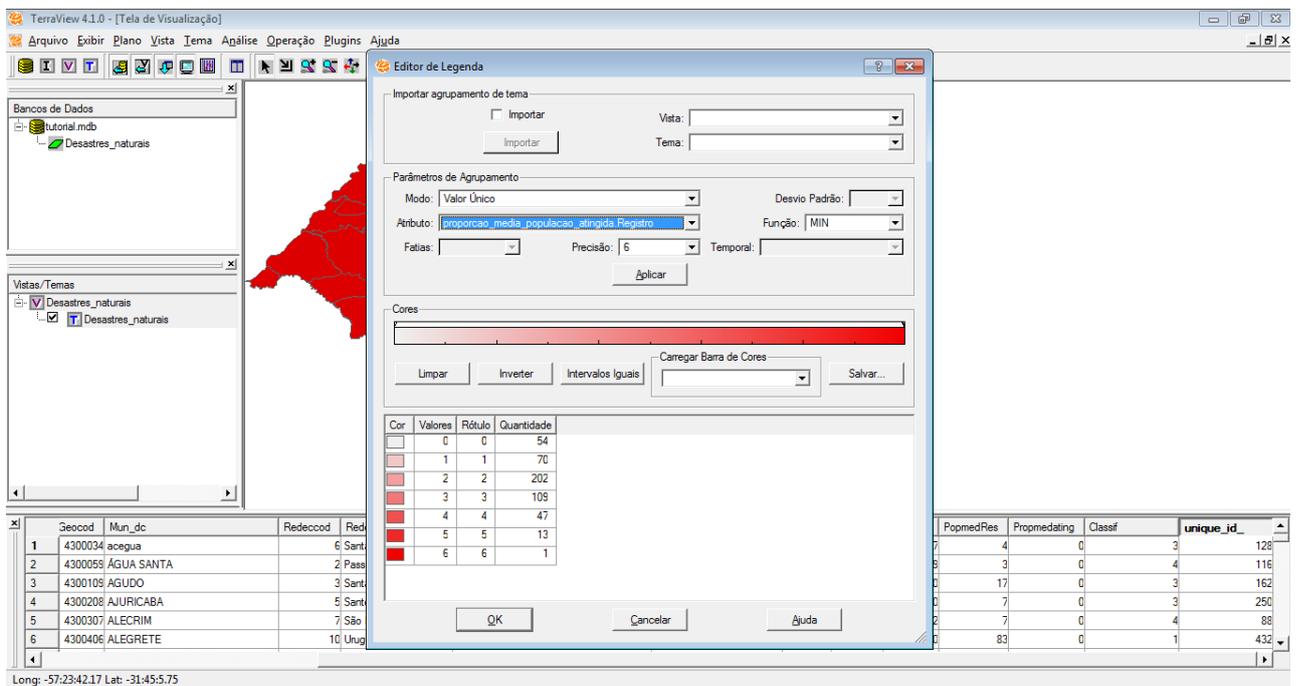


Figura 49: Configurando as cores do mapa.

Para mudarmos as cores referentes a cada categoria, podemos clicar duas vezes em cima do quadrado que queremos selecionar, na coluna *Cor*. Na nova janela aberta podemos clicar em *Cor de Desenho*, no quadro *Visual da Área do Polígono*, onde teremos várias opções de cores para a elaboração do mapa (Figura 50).

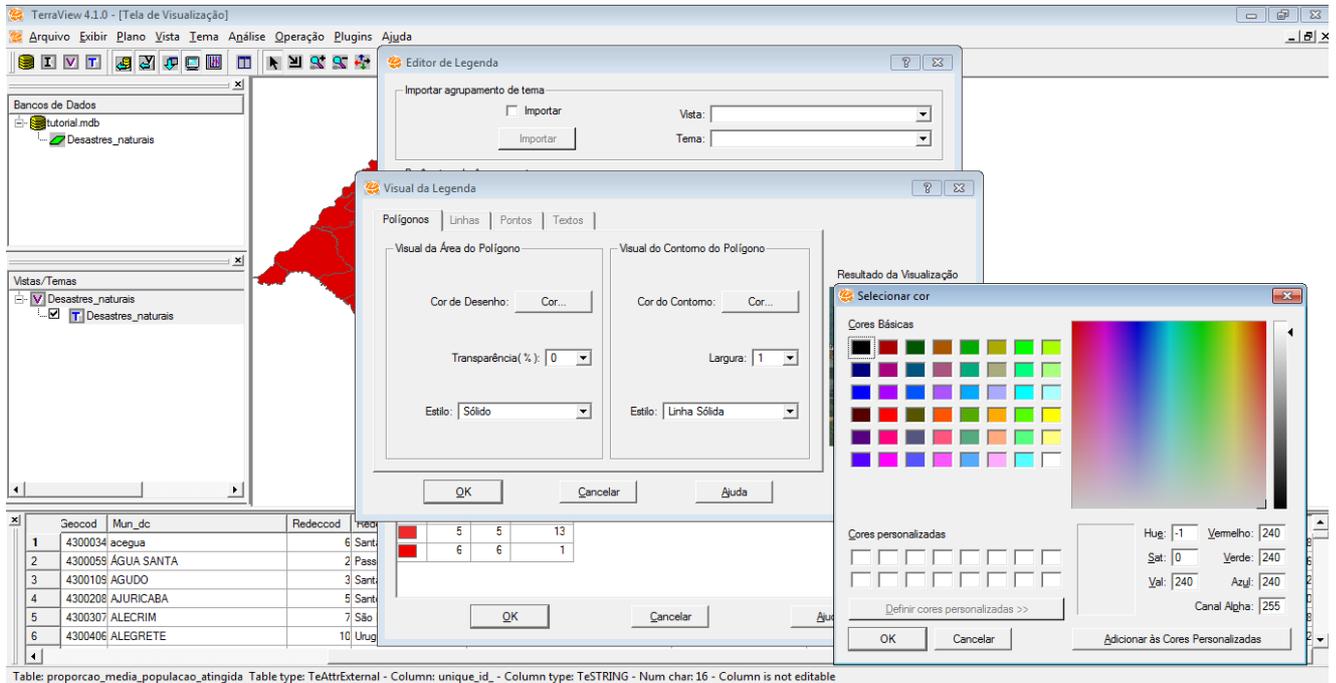


Figura 50: Opções de cores para configurar o mapa.

Como citado anteriormente, podemos nomear as categorias da variável selecionada através do campo *Rótulo*, bastando apenas clicar duas vezes dentro da célula correspondente à categoria desejada e digitar o nome que a categoria receberá (Figura 51).

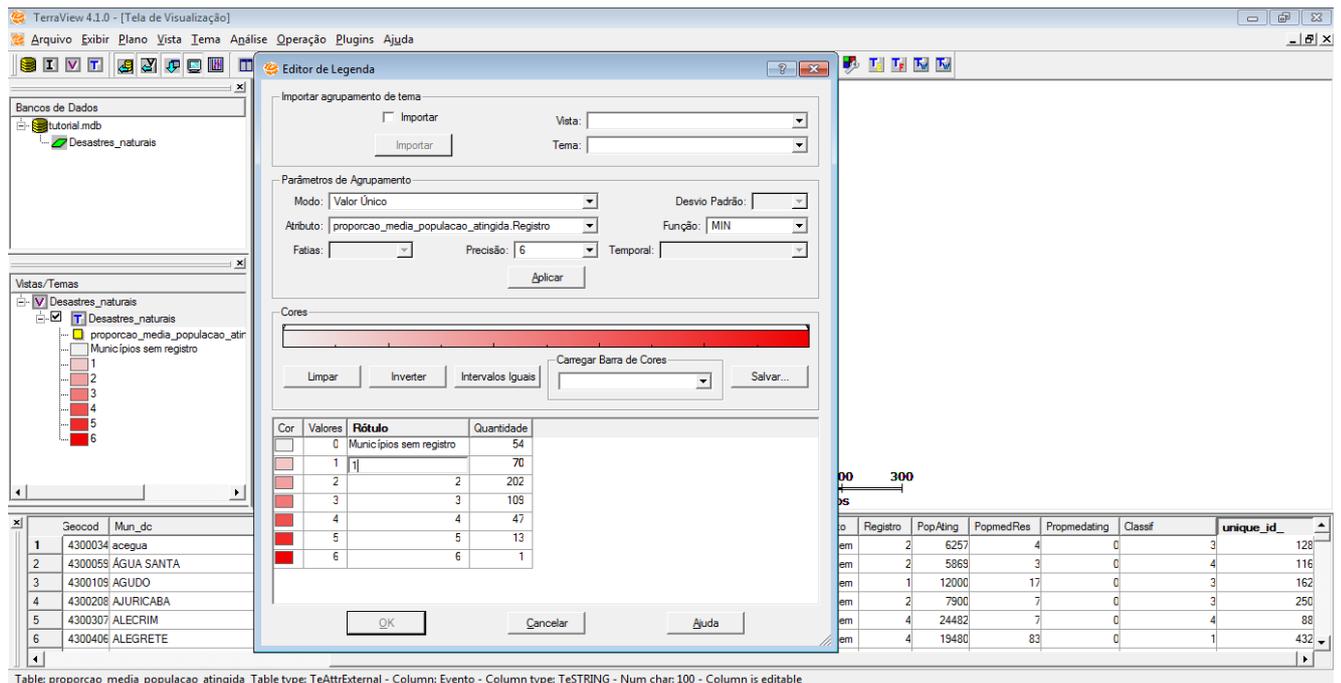


Figura 51: Nomeando as categorias da variável selecionada.

Escolhida as cores e os rótulos para as categorias da variável, podemos clicar em **Ok** e será gerado o nosso mapa, como podemos ver na Figura 52.

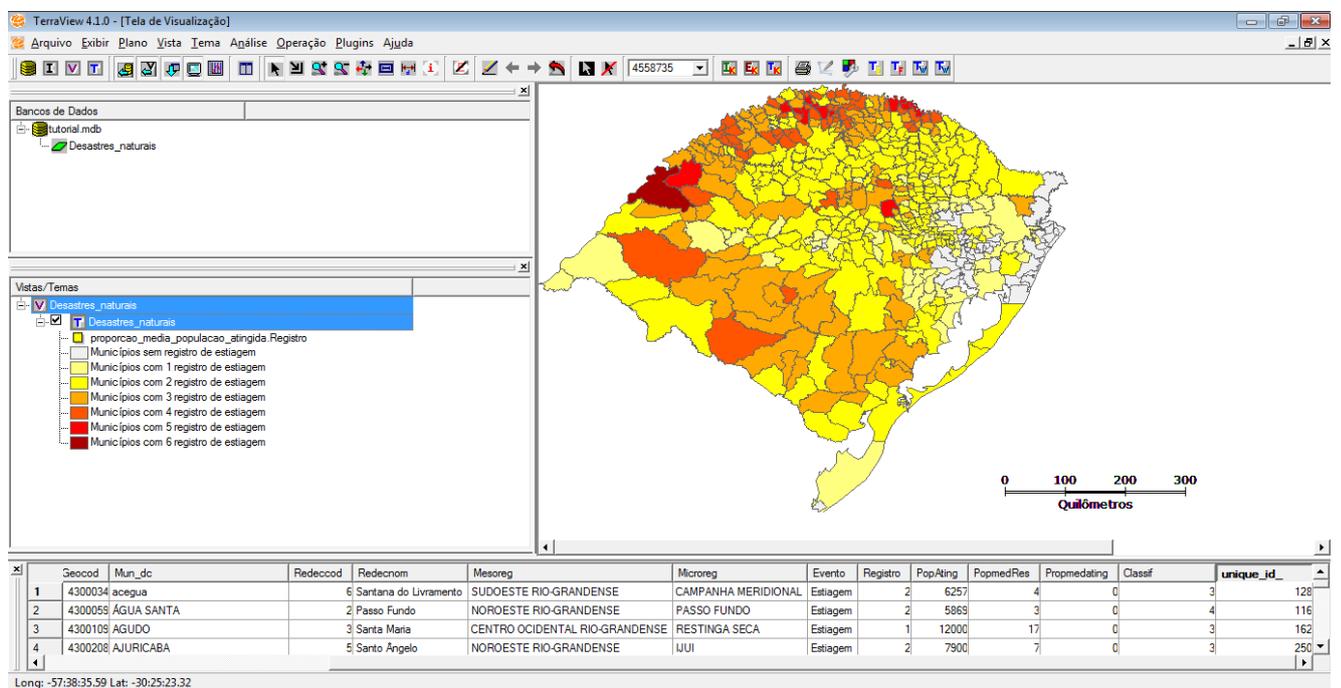


Figura 52: Mapa gerado com sucesso.

Note que a legenda não aparece na *Área de Desenho* e quando formos salvar nosso mapa em forma de um arquivo de imagem, não teremos a legenda. Para tornar visível a

legenda clicamos com o botão direito em qualquer local da *Área de Desenho* e selecionamos a opção *Visibilidade das Representações* (Figura 53).

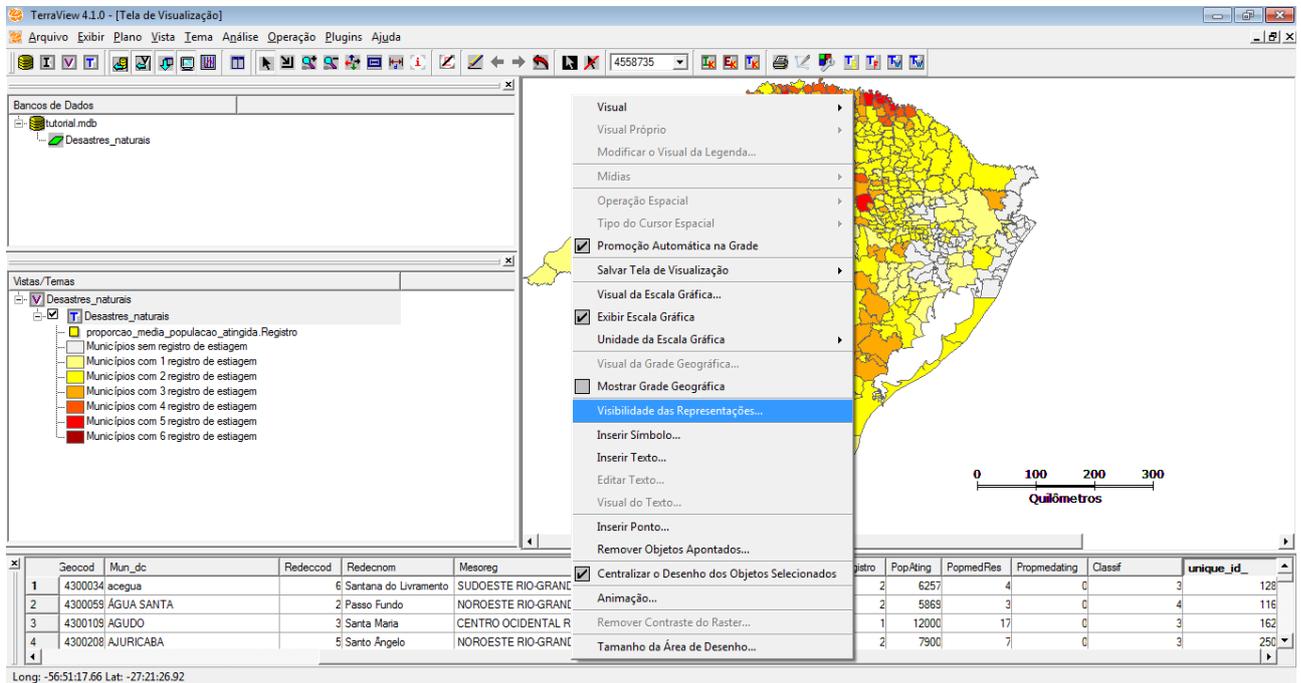


Figura 53: Adicionar legenda na Área de Desenho.

Ativando a opção *Legendas* (Figura 54), ela aparecerá na *Área de Desenho* juntamente com o mapa e a escala gráfica.

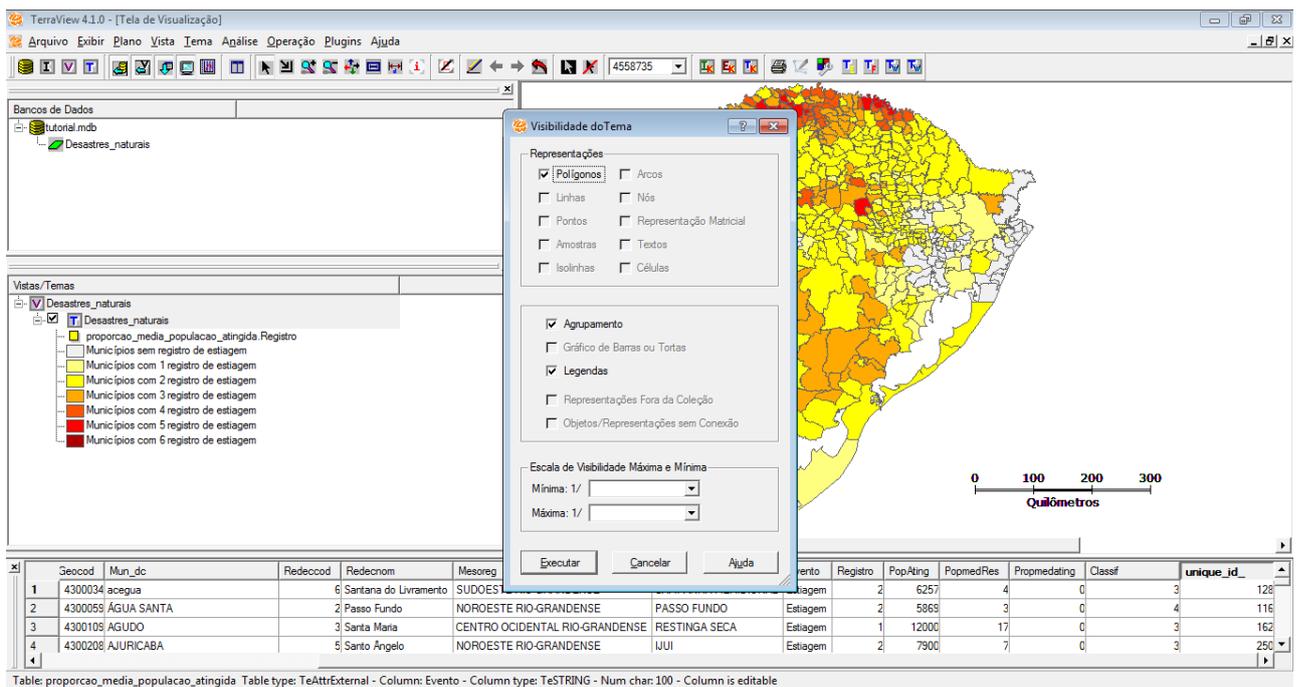


Figura 54: Ativar a legenda.

Como podemos perceber pela Figura 55, a legenda apareceu em cima da escala gráfica.

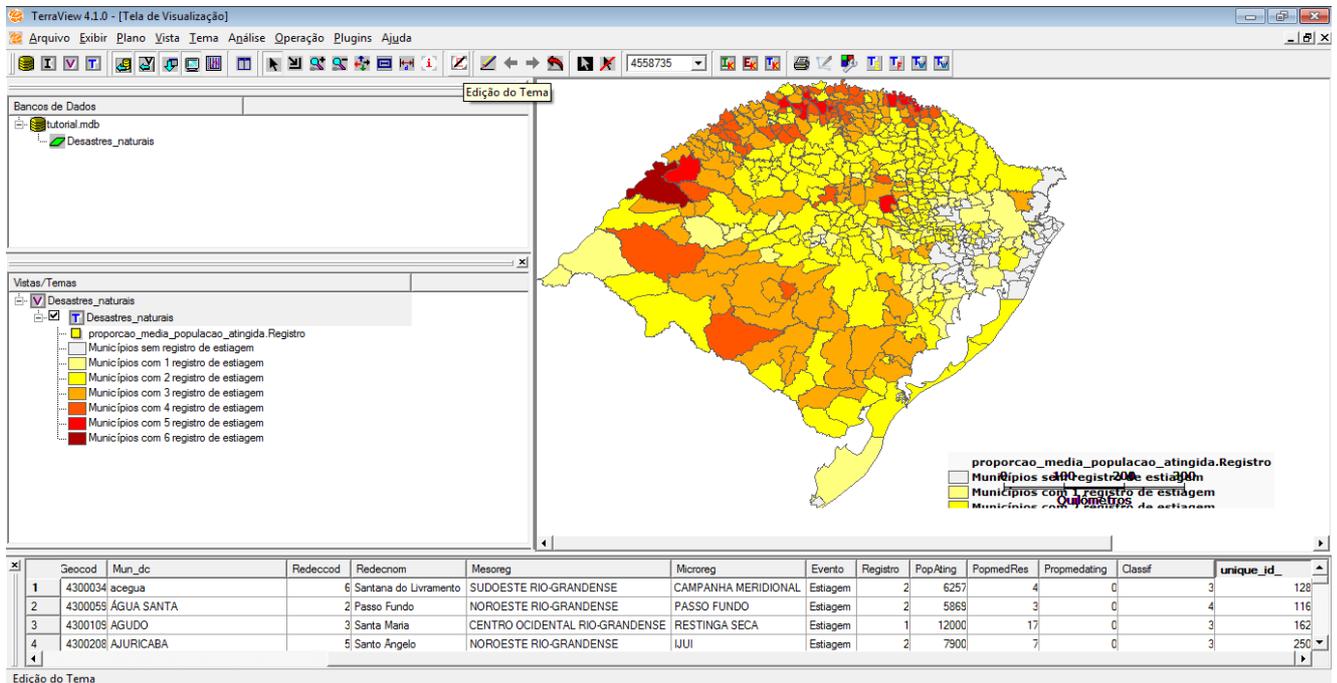


Figura 55: Legenda ativa na Área de Desenho.

Para poder mover a legenda e a escala gráfica deve-se clicar em  na **Barra de Ferramentas** ativando a **Edição do Tema** . Agora é só usar o mouse para mover a legenda e a escala gráfica para onde preferirmos (Figura 56).

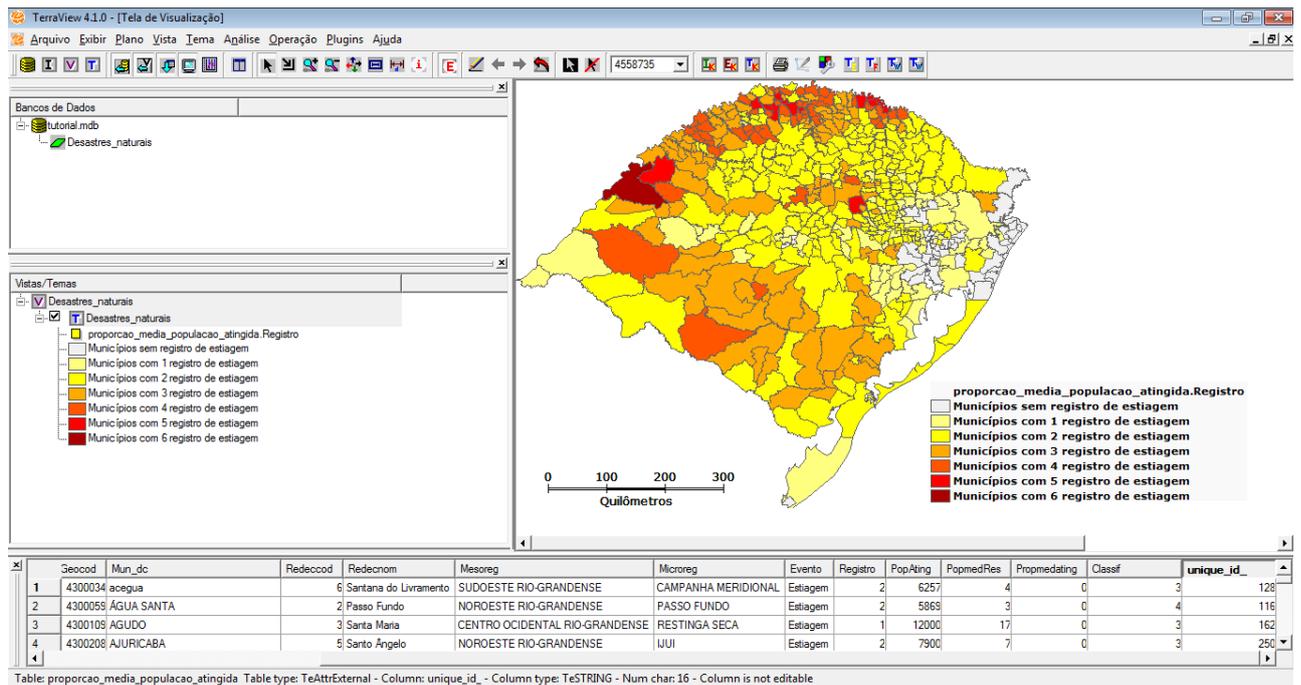


Figura 56: Mover legenda e escala gráfica na Área de Desenho.

Para salvar o nosso mapa, clicamos com o botão direito do mouse em qualquer local da *Área de Desenho* e em seguida clicamos em *Salvar Tema de Visualização -> Arquivo*, selecionando o local onde vamos salvar nosso mapa bem como o tipo de imagem que queremos gerar (Figura 57).

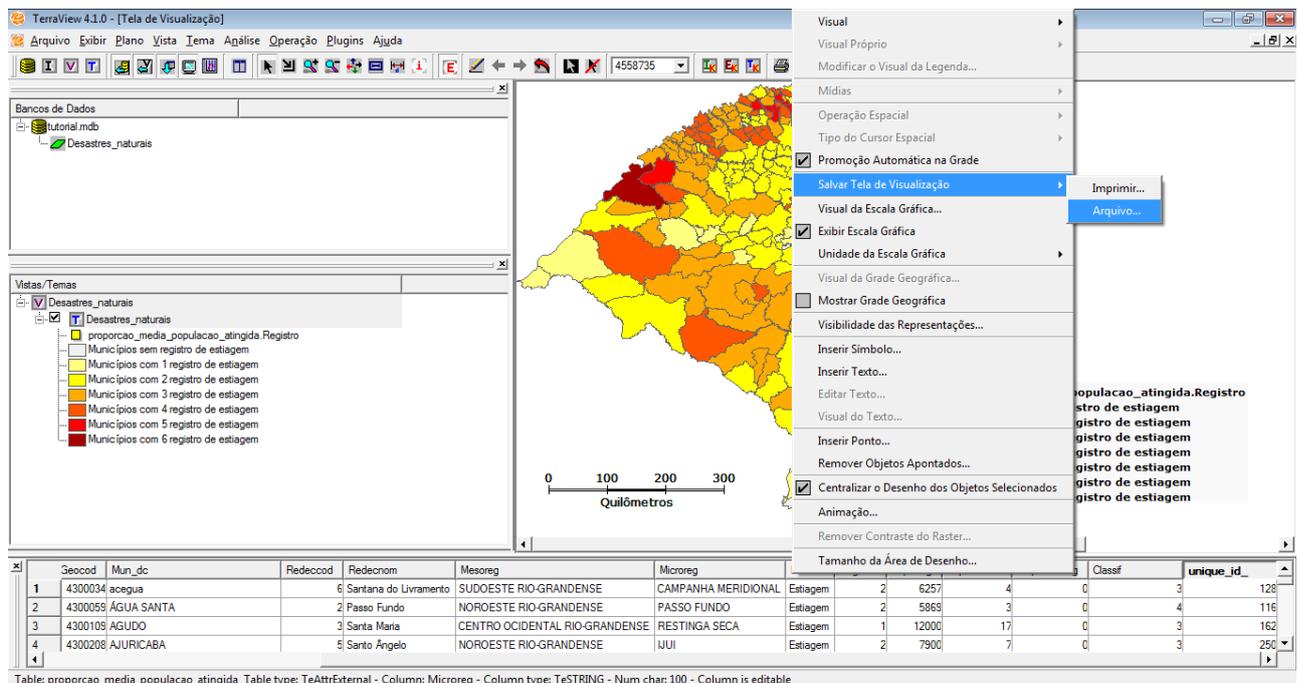


Figura 57: Salvando o mapa em forma de imagem.

No TerraView não é necessário se preocupar em salvar periodicamente tudo o que é feito, o programa salva automaticamente. Só fechar o programa em *Arquivo -> Sair*, tudo o que foi trabalhado será salvo no banco de dados escolhido para armazenar os dados (no caso dos bancos deste trabalho, no ACCESS).

Caso desejarmos continuar trabalhando no banco de dados em outra ocasião, basta abrir o TerraView, ir em *Arquivo -> Banco de Dados* e selecionar a opção *Conectar*, no quadro *Operação*. Em seguida, clicamos em *Selecionar Banco de Dados* e no local onde foi salvo o banco de dados quando o criamos, iremos conectá-lo ao TerraView e continuar trabalhando (Figura 58).

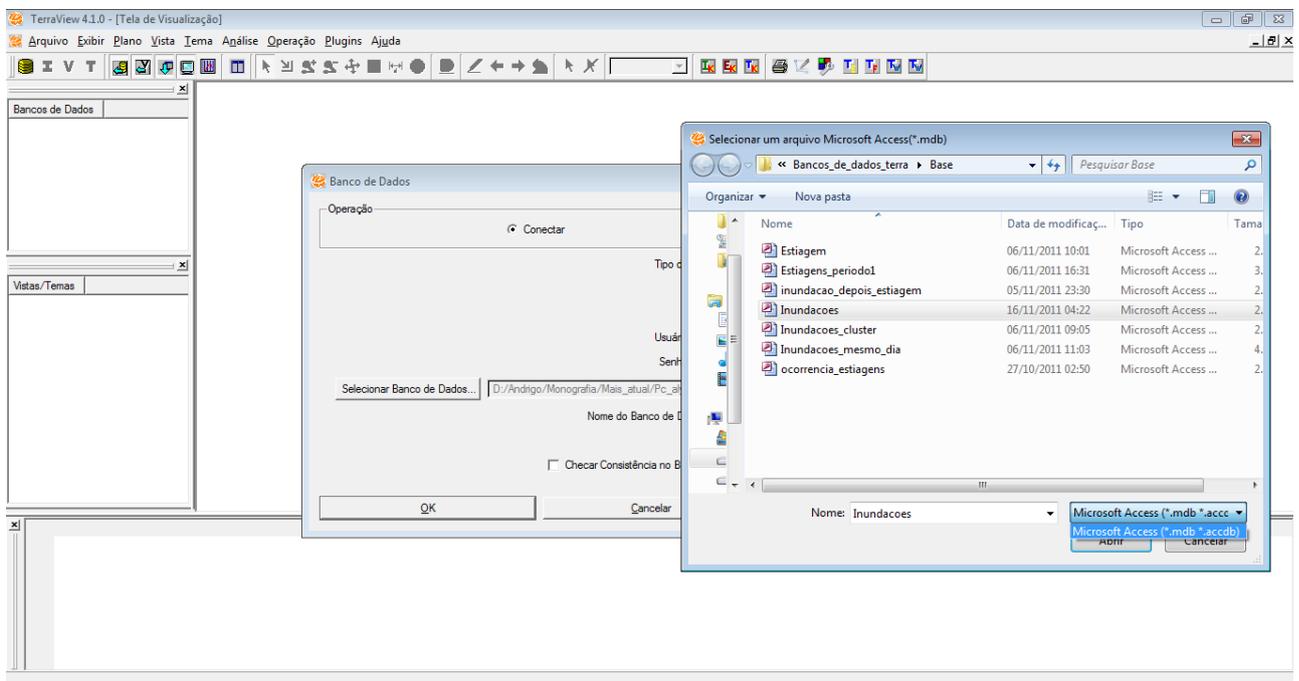


Figura 58: Conectando ao banco de dados gerado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUNÇÃO, R. M. (2001). Estatística Espacial com Aplicações em Epidemiologia, Economia e Sociologia. São Carlos: UFSCAR. Disponível em http://www.est.ufmg.br/~assuncao/cursos_eea.htm. Data de acesso: 26/08/2011.
- BAILEY, T. C. & GATRELL, A. C. (1995). Interactive Spatial Data Analysis. London: Longman.
- BRASIL, (2007). Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília.
- CASTRO, A.L.C. (2003). Manual de Desastres – Volume I - Desastres Naturais. Brasília. Disponível em http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/desastres_naturais.asp. Data de acesso: 10/09/2011.
- CASTRO, A. L. C. (2009). Glossário de Defesa Civil: Estudos de risco e medicina de desastres. Brasília: MIN, Secretaria Nacional de Defesa Civil.
- CAUMO, R. B. (2006). Estatística Espacial em Dados de Área: Uma Modelagem Inteiramente Bayesiana para o Mapeamento de Doenças Aplicadas a Dados Relacionados com a Natalidade em Mulheres Jovens de Porto Alegre. Monografia de Conclusão do Bacharelado em Estatística. Instituto de Matemática, UFRGS.
- CRED (2011). Centre for Research on the Epidemiology of Disaster: The International Disaster Database. Disponível em <http://www.emdat.be/classification>. Data de acesso: 08/11/2011.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. 2004. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: EMBRAPA. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Data de acesso: 26/08/2011.

EIRD/ONU (2004). Vivir con el Riesgo: informe mundial sobre iniciativas para La reducción de desastres. Secretaría Interinstitucional de La Estrategia Internacional para La Reducción de Desastres, Naciones Unidas.

EM-DAT Emergency Database. OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/ Centre for Research on the Epidemiology of Disaster – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em <http://www.emdat.be/natural-disasters-trends>. Data de acesso: 10/11/2011.

FEMA (2011). Federal Emergency Management Agency. Disponível em <http://www.ready.gov/be-informed>. Data de acesso: 08/11/2011.

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. (2011). Distribuição dos Desastres Naturais no Estado de Santa Catarina: Estiagem (1980-2002). In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 773-786. CD ROM. Disponível em http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%204_OK/4-60.pdf. Data de acesso: 10/09/2011.

KATO, S. K. (2007). Análise de Correlação Ecológica: uma abordagem Inteiramente Bayesiana para a Mortalidade Infantil no Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado em Epidemiologia – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KOBIYAMA, M, Org. (2008). Projeto universitário de extensão “Aprender hidrologia para prevenção desastres naturais”. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/aprenderhidro.pdf>. Data de acesso: 25/09/2011

MANLY, B. J. F. (2008). Métodos Estatísticos Multivariados: uma Introdução. Porto Alegre: Artmed.

MARCELINO, E. V. (2008). Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. Santa Maria: CRS/INPE. Disponível em <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/cadernodidatico.php>. Data de acesso: 20/08/2011.

- MONTEIRO, J. B. (2009) Indicador de Criminalidade Geral Baseado em Métodos Multivariados e Estatística Espacial para Controle na Segurança Pública do Estado. Monografia de Conclusão do Bacharelado em Estatística. Instituto de Matemática, UFRGS.
- SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P.; MADRUGA, R.; JUNIOR, E. da R. L. (2011). Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em 2008. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2011, Curitiba. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0840.pdf>. Data de acesso: 06/09/2011.
- SILVA, J. P. R. P. (2009). Mapeamento de inundações no Brasil: proposta de gestão ambiental através de um sistema de informações geográficas. Rio Claro. Disponível em <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-045.pdf>. Data de acesso: 11/09/2011.
- SILVA, S. L. C. da (2009). Mapeamento da Mortalidade Infantil no Rio Grande do Sul: Uma Comparação entre as Abordagens Bayesiana Empírica e Totalmente Bayesiana. Dissertação de Mestrado em Epidemiologia – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VIEIRA, D. M. (2006). Análise Espaço-Temporal na Estimativa de Taxas de Incidência / Mortalidade. Dissertação de Mestrado em Epidemiologia – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

APÊNDICE A: TABELAS

TABELA A1: Municípios onde não houve registro de estiagem (entre 2003 e 2009), de acordo com dados da Defesa Civil do RS.

Municípios		
Araricá	Flores da Cunha	Porto Alegre
Arroio do Sal	Glorinha	Presidente Lucena
Balneário Pinhal	Guaíba	São João do Polêsine
Bento Gonçalves	Igrejinha	São José do Hortêncio
Cambará do Sul	Imbé	São José dos Ausentes
Campo Bom	Lindolfo Collor	São Leopoldo
Canoas	Linha Nova	São Vendelino
Capão da Canoa	Mampituba	Sapiranga
Capivari do Sul	Maquíné	Sapucaia do Sul
Chuí	Montenegro	Terra de Areia
Cidreira	Morrinhos do Sul	Torres
Dom Pedro de Alcântara	Nova Hartz	Tramandaí
Dona Francisca	Nova Santa Rita	Três Cachoeiras
Eldorado do Sul	Novo Hamburgo	Três Coroas
Estância Velha	Osório	Três Forquilhas
Esteio	Palmares do Sul	Triunfo
Farroupilha	Parobé	Vale Real
Feliz	Portão	Xangri-Lá

TABELA A2: Municípios segundo número de registros de estiagem e proporção média da população atingida (2003 a 2009).

Município	Registros	% médio	Município	Registros	% médio
Santa Margarida do Sul	3	100	Maçambará	3	86,4
Coqueiro Baixo	2	100	Gramado dos Loureiros	4	86,3
Herveiras	2	100	Novo Machado	3	85,9
Pinhal da Serra	2	100	Nicolau Vergueiro	2	85,7
Salvador das Missões	2	100	Vespasiano Correa	2	85,7
Sede Nova	2	100	Barão do Triunfo	1	85,4
Silveira Martins	2	100	Ciríaco	2	85,1
Travesseiro	2	100	São Martinho	2	85,1
União da Serra	2	100	Protásio Alves	1	84,9
Vista Alegre do Prata	2	100	Doutor Maurício Cardoso	3	84,7
Harmonia	1	100	Novo Xingu	3	84,6
Itati	1	100	Capão Bonito do Sul	2	84,5
Monte Belo do Sul	1	100	Doutor Ricardo	1	84,4
Santa Tereza	1	100	Charrua	2	84,4
Nova Ramada	2	98,8	Sério	2	84,1
Viamão	1	98,7	Caseiros	2	84
Boa Vista do Cadeado	2	98,6	Derrubadas	2	83,7
Alvorada	1	98,2	Ubiretama	4	83,7

Continuação da TABELA A2.

Município	Registros	% médio	Município	Registros	% médio
Porto Vera Cruz	4	97,7	Engenho Velho	3	83,4
Morro Reuter	1	97,4	Ibarama	2	83,3
Floriano Peixoto	2	97	Augusto Pestana	2	83,1
Ipê	2	96,8	Ponte Preta	2	82,9
Benjamin Constant do Sul	3	96,5	Cerro Branco	2	82,4
Hulha Negra	3	96,5	São João da Urtiga	2	82,3
Barra do Rio Azul	4	95,7	Alecrim	4	81,8
Vila Maria	1	95	Montauri	3	81,7
Liberato Salzano	4	94,9	Mormaço	2	81,6
Porto Mauá	3	94,8	Vista Gaúcha	3	81,3
Nova Candelária	2	94,8	Três Arroios	4	81,1
Novo Cabrais	2	94,4	Mariana Pimentel	1	81
Gravataí	1	94,2	Bozano	2	80,8
Mato Queimado	3	94,1	Canudos do Vale	2	80,8
Gentil	2	94,1	Bom Progresso	2	80,8
Cotiporã	1	93,9	Eugênio de Castro	2	80,7
Esperança do Sul	3	93,5	Cerro Grande do Sul	2	80
Lajeado do Bugre	3	93,3	Cândido Godói	4	79,8
Monte Alegre dos Campos	2	92,6	Paim Filho	3	79,3
Vitória das Missões	2	92,4	Lagoa dos Três Cantos	1	79,2
Carlos Gomes	3	92,4	Centenário	4	79,1
Antônio Prado	1	92,4	Campina das Missões	4	79,1
Cachoeirinha	1	91,8	São Valentim do Sul	2	78,8
Vila Lângaro	2	91,6	Paulo Bento	3	78,5
Estrela Velha	2	90,8	Candiota	3	78,5
Crissiumal	3	90,7	Ipiranga do Sul	2	78,4
Gramado Xavier	2	90,1	São Pedro das Missões	2	78,2
Boa Vista do Sul	2	90,1	Segredo	2	78
Alegria	4	90,1	Jacuizinho	2	77,9
Passa Sete	2	89,5	Barão	2	77,9
São José do Sul	2	89,4	Lagoão	2	77,6
Mato Castelhano	2	88,6	Tupanci do Sul	2	77,5
Muliterno	2	88,5	Sertão Santana	2	77,5
Sagrada Família	3	88,2	Muitos Capões	2	77,2
Itapuca	2	88	Água Santa	2	77,2
Toropi	2	87,9	Fontoura Xavier	5	76,9
Sete de Setembro	4	87,5	Coronel Barros	2	76,8
Jarí	2	87,5	Caiçara	4	76,7
Santo Antônio do Palma	2	87,4	Coronel Pilar	1	76,6
Almirante Tamandaré do Sul	2	87,4	Santa Cecília do Sul	2	76,4
Tiradentes do Sul	4	87,2	Nova Boa Vista	3	76,2
Dom Feliciano	3	87,2	Cerro Grande	4	76,2
Pirapó	3	87,2	Santo Antônio do Planalto	2	76,2
Cristal do Sul	4	86,8	Jaboticaba	4	75,3
Paraíso do Sul	2	86,4	André da Rocha	2	75,2
Relvado	3	86,4			

TABELA A3: Municípios onde não houve registro de inundação, entre 2003 e 2009, de acordo com dados da Defesa Civil do RS.

Municípios sem registro de inundação			
Aceguá	Cruzaltense	Mato Castelhano	Santiago
Agudo	David Canabarro	Mato Leitão	Santo Antônio da Patrulha
Ajuricaba	Derrubadas	Mato Queimado	Santo Antônio das Missões
Alecrim	Dezesseis de Novembro	Maximiliano de Almeida	Santo Antônio do Palma
Alegria	Dois Irmãos	Miraguaí	Santo Antônio do Planalto
Almirante Tamandaré do Sul	Dois Lajeados	Montauri	Santo Augusto
Alpestre	Dom Feliciano	Monte Alegre dos Campos	Santo Cristo
Alto Alegre	Doutor Maurício Cardoso	Monte Belo do Sul	Santo Expedito do Sul
Alto Feliz	Doutor Ricardo	Morro Reuter	São Domingos do Sul
Amaral Ferrador	Encruzilhada do Sul	Mostardas	São Francisco de Paula
Ametista do Sul	Entre Rios do Sul	Muitos Capões	São Gabriel
André da Rocha	Entre-Ijuís	Muliterno	São João da Urtiga
Anta Gorda	Erebango	Não-Me-Toque	São Jorge
Arambaré	Ernestina	Nicolau Vergueiro	São José das Missões
Araricá	Ervál Grande	Nonoai	São José do Herval
Aratiba	Ervál Seco	Nova Araçá	São José do Hortêncio
Arroio do Sal	Esmeralda	Nova Bassano	São José do Inhacorá
Arvorezinha	Esperança do Sul	Nova Boa Vista	São José do Norte
Augusto Pestana	Estação	Nova Brésia	São José do Ouro
Áurea	Estância Velha	Nova Candelária	São José do Sul
Bagé	Eugênio de Castro	Nova Esperança do Sul	São José dos Ausentes
Balneário Pinhal	Fagundes Varela	Nova Hartz	São Leopoldo
Barão	Farroupilha	Nova Pádua	São Luiz Gonzaga
Barão de Cotegipe	Faxinalzinho	Nova Palma	São Martinho
Barão do Triunfo	Fazenda Vilanova	Nova Prata	São Miguel das Missões
Barra do Guarita	Feliz	Nova Ramada	São Nicolau
Barra do Quaraí	Flores da Cunha	Nova Roma do Sul	São Pedro da Serra
Barra Funda	Floriano Peixoto	Nova Santa Rita	São Pedro das Missões
Barracão	Formigueiro	Novo Barreiro	São Pedro do Butiá
Benjamin Constant do Sul	Forquetinha	Novo Hamburgo	São Pedro do Sul
Bento Gonçalves	Fortaleza dos Valos	Novo Machado	São Sepé
Boa Vista das Missões	Frederico Westphalen	Novo Tiradentes	São Valentim
Boa Vista do Buricá	Garibaldi	Novo Xingu	São Valentim do Sul
Boa Vista do Cadeado	Garruchos	Osório	São Valério do Sul
Boa Vista do Incra	Gaurama	Palmares do Sul	São Vicente do Sul
Boa Vista do Sul	Gentil	Palmeira das Missões	Sapiranga
Bom Progresso	Getúlio Vargas	Palmitinho	Sapucaia do Sul
Bossoroca	Giruí	Paraí	Sarandi
Braga	Glorinha	Paraíso do Sul	Seberi
Brochier	Gramado	Parobé	Sede Nova
Cacequi	Gramado dos Loureiros	Passo Fundo	Selbach
Cachoeirinha	Gravataí	Paulo Bento	Serafina Corrêa
Cacique Doble	Guabiju	Paverama	Sério
Caibaté	Guaíba	Pedras Altas	Sertão
Caiçara	Guaporé	Pejuçara	Severiano de Almeida
Camaquã	Guarani das Missões	Picada Café	Silveira Martins

Municípios sem registro de inundação

Camargo	Harmonia	Pinhal	Sobradinho
Cambará do Sul	Herval	Pinhal da Serra	Tabaí
Campestre da Serra	Horizontina	Pinheirinho do Vale	Tapejara
Campina das Missões	Hulha Negra	Pinheiro Machado	Tapera
Campinas do Sul	Humaitá	Pirapó	Tapes
Campo Bom	Ibiaçá	Piratini	Taquaruçu do Sul
Campo Novo	Ibiraiaras	Planalto	Tavares
Campos Borges	Ibirapuitã	Poço das Antas	Tenente Portela
Cândido Godói	Ibirubá	Pontão	Tio Hugo
Candiota	Igrejinha	Ponte Preta	Tiradentes do Sul
Canela	Ilópolis	Portão	Toropi
Canguçu	Imbé	Porto Alegre	Tramandaí
Canoas	Imigrante	Porto Lucena	Travesseiro
Canudos do Vale	Independência	Porto Mauá	Três Arroios
Capão Bonito do Sul	Inhacorá	Porto Vera Cruz	Três Coroas
Capão do Cipó	Ipiranga do Sul	Pouso Novo	Três de Maio
Capela de Santana	Iraí	Presidente Lucena	Três Palmeiras
Capitão	Itacurubi	Progresso	Três Passos
Capivari do Sul	Itatiba do Sul	Protásio Alves	Trindade do Sul
Carazinho	Ivorá	Quatro Irmãos	Tucunduva
Carlos Gomes	Ivoti	Quinze de Novembro	Tupanci do Sul
Casca	Jaboticaba	Relvado	Tupanciretã
Caseiros	Jacutinga	Rio dos Índios	Tupandí
Catuípe	Jaquirana	Rio Grande	Tuparendi
Centenário	Jari	Rio Pardo	Ubiretama
Cerro Grande	Jóia	Riozinho	União da Serra
Cerro Largo	Júlio de Castilhos	Rodeio Bonito	Unistalda
Chapada	Lagoa dos Três Cantos	Rolador	Vacaria
Charqueadas	Lagoa Vermelha	Rolante	Vale Real
Charrua	Lagoão	Ronda Alta	Vale Verde
Chiapetta	Lajeado do Bugre	Rondinha	Vera Cruz
Chuí	Lavras do Sul	Roque Gonzales	Veranópolis
Chuívisca	Liberato Salzano	Rosário do Sul	Vespasiano Correa
Cidreira	Lindolfo Collor	Sagrada Família	Viadutos
Ciríaco	Linha Nova	Salto do Jacuí	Vicente Dutra
Colorado	Maçambará	Salvador das Missões	Victor Graeff
Condor	Machadinho	Salvador do Sul	Vila Flores
Constantina	Manoel Viana	Sananduva	Vila Lângaro
Coqueiro Baixo	Maratá	Santa Bárbara do Sul	Vila Maria
Coqueiros do Sul	Marau	Santa Cecília do Sul	Vila Nova do Sul
Coronel Barros	Marcelino Ramos	Santa Margarida do Sul	Vista Alegre do Prata
Coronel Pilar	Mariana Pimentel	Santa Maria do Herval	Vista Gaúcha
Cristal	Mariano Moro	Santa Vitória do Palmar	Westfalia
Cristal do Sul	Marques de Souza	Santana da Boa Vista	Xangri-Lá
Cruz Alta	Mata	Santana do Livramento	

TABELA A4: Municípios com registros de inundações retirados da análise de cluster devido a valores atípicos.

Municípios com valores atípicos			
Arroio do Tigre	Cerro Branco	Ipê	Pedro Osório
Bom Jesus	Colinas	Lagoa Bonita do Sul	Quevedos
Bom Princípio	Estrela Velha	Nova Petrópolis	São Marcos
Caxias do Sul	Gramado Xavier	Passo do Sobrado	Taquara

TABELA A5: Municípios pertencentes ao *Cluster 1*.

Municípios que apresentaram, em média, baixas proporções da população atingida, baixos valores de prejuízos nas residências, altos valores de estragos em estradas e médios valores de danos em pontes (*cluster 1*)

Alegrete	Dilermando de Aguiar	Pelotas	Segredo
Alvorada	Dom Pedrito	Putinga	Sentinela do Sul
Antônio Prado	Encantado	Quaraí	Sete de Setembro
Arroio do Meio	Espumoso	Restinga Seca	Soledade
Arroio dos Ratos	Estrela	Roca Sales	Taquari
Arroio Grande	Faxinal do Soturno	Saldanha Marinho	Terra de Areia
Barra do Ribeiro	Herveiras	Santa Clara do Sul	Teutônia
Bom Retiro do Sul	Ibarama	Santa Cruz do Sul	Torres
Boqueirão do Leão	Ijuí	Santa Tereza	Três Cachoeiras
Bozano	Itaara	Santo Ângelo	Triunfo
Butiá	Itaqui	São Borja	Tunas
Cachoeira do Sul	Lajeado	São Francisco de Assis	Uruguaiana
Capão da Canoa	Minas do Leão	São Lourenço do Sul	Vale do Sol
Carlos Barbosa	Montenegro	São Martinho da Serra	Venâncio Aires
Cotiporã	Panambi	São Sebastião do Caí	Viamão
Cruzeiro do Sul	Pantano Grande	São Vendelino	Vitória das Missões

TABELA A6: Municípios pertencentes ao *Cluster 2*.

Municípios que apresentaram, em média, baixas proporções da população atingida, altos valores de danos nas residências, valores altos de prejuízos referentes as estradas e de médio e baixos prejuízos nas pontes. (*Cluster 2*)

Candelária	Esteio	Muçum	Santa Rosa
Dom Pedro de Alcântara	Fontoura Xavier	Novo Cabrais	São Jerônimo
Dona Francisca	General Câmara	Parei Novo	São João do Polêsine
Erechim	Jaguarão	Santa Maria	

TABELA A7: Municípios pertencentes ao *Cluster 3*.

Municípios que apresentaram, em média, baixos prejuízos em casas, estradas e pontes e média proporção da população atingida (*Cluster 3*)

Água Santa	Coronel Bicaco	Jacuizinho	Porto Xavier
Barra do Rio Azul	Coxilha	Jaguari	Redentora
Barros Cassal	Crissiumal	Mormaço	Vanini
Caçapava do Sul	Dois Irmãos das Missões	Paim Filho	Vista Alegre
Caraá	Eldorado do Sul	Passa Sete	
Cerrito	Itapuca	Pinhal Grande	

TABELA A8: Municípios pertencentes ao *Cluster 4*.

Municípios que apresentaram, em média, altas proporções da população atingida, médios valores de prejuízos nas casas e altos valores de prejuízos em estradas e pontes. (*Cluster 4*)

Arroio do Padre	Itati	Morro Redondo	Sertão Santana
Capão do Leão	Mampituba	Nova Alvorada	Sinimbu
Cerro Grande do Sul	Maquiné	São Paulo das Missões	Três Forquilhas
Engenho Velho	Morrinhos do Sul	Senador Salgado Filho	Turuçu