

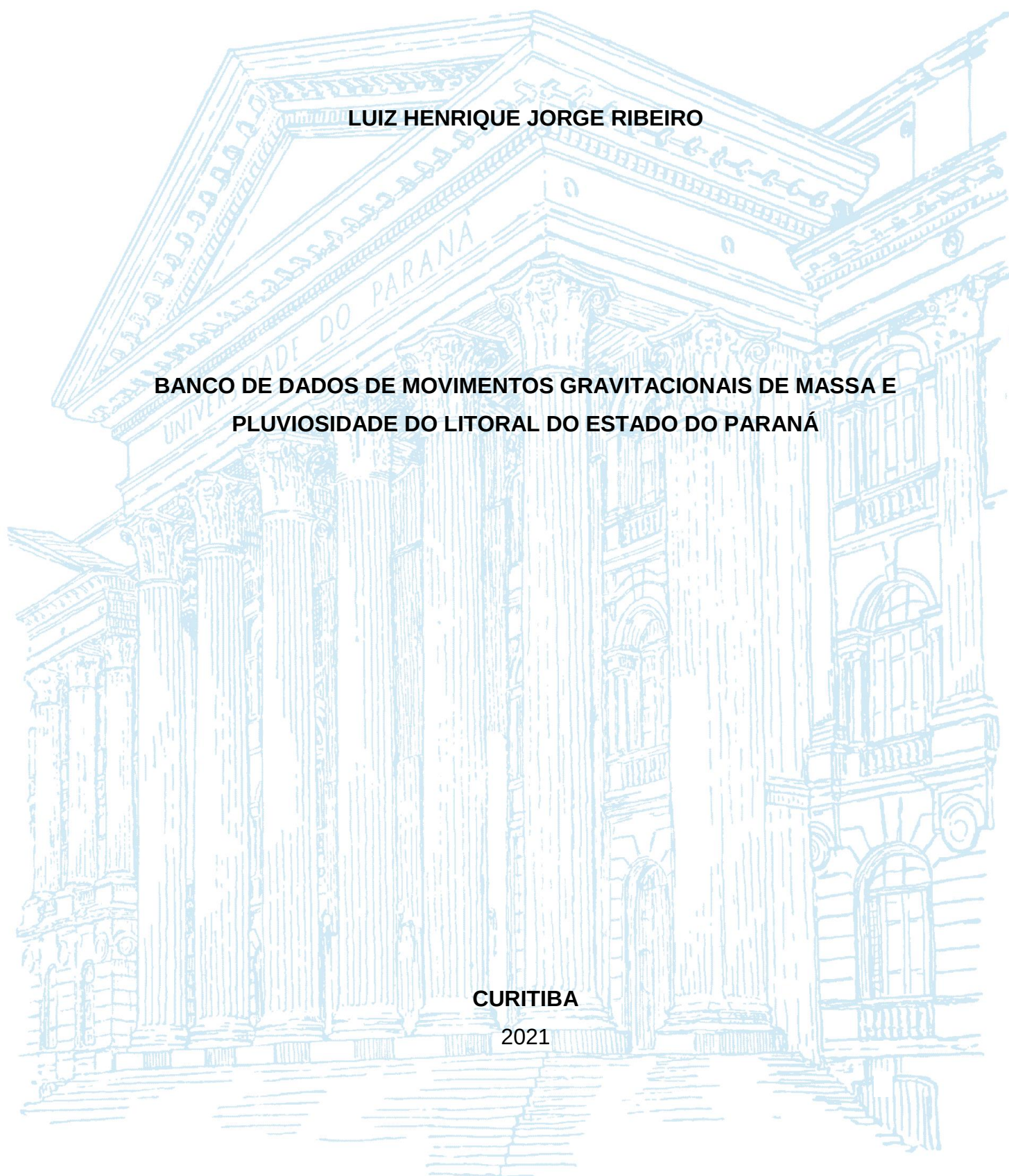
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
CURSO DE GEOLOGIA**

LUIZ HENRIQUE JORGE RIBEIRO

**BANCO DE DADOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E
PLUVIOSIDADE DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ**

CURITIBA

2021



LUIZ HENRIQUE JORGE RIBEIRO

**BANCO DE DADOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E
PLUVIOSIDADE DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Geologia da Universidade Federal do
Paraná como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina de Souza
(UFPR)

Co-orientadora: Profa. Dra. Adriana Ahrendt
Talamini (UFPR)

CURITIBA

2021

Aos meu pais, minha família, meus amigos
E a Jacqueline, O meu Amor

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Paraná, por todos os recursos e infraestruturas disponibilizados a mim ao longo do curso.

Aos profissionais da manutenção e do Restaurante Universitário, por todo seu trabalho em prol da universidade e daqueles que a frequentam.

Aos professores do curso de Geologia, por todo conhecimento a mim passado.

Aos demais funcionários do Departamento de Geologia, coordenação e laboratórios por todo suporte e serviços prestados.

As minhas orientadoras Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina de Souza Profa. Dra. Adriana Ahrendt Talamini por todas as correções feitas neste trabalho.

A Arteris Litoral Sul, pelos dados pluviométricos e de movimentos de massa cedidos para realização deste trabalho.

Ao Professor Claudinei Taborda da Silveira, por ceder seu trabalho e de seus companheiros para integrar este trabalho.

A Fabiane Acordes e ao Rogério Felipe da Defesa Civil, por terem me recebido tão bem e me orientado a como conseguir os dados que buscava.

A todos os amigos feitos nestes anos de graduação, sem eles não valeria a pena.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram neste trajeto.

A minha família, que sempre acreditou em mim.

A Jacqueline, por suportar e entender minhas ausências, me apoiar, encorajar e me amar, assim como eu amo, por todo este caminho.

A todos os demais que estiveram presentes ou envolvidos na minha trajetória, e participaram da construção de quem sou hoje, mas que não ousou citar individualmente, para não ser injusto com ninguém. Vocês sabem quem vocês são.

Por último e não menos importante, a Ciência, pois em tempos sombrios como os quais se vivem, onde “terraplanistas”, “charlatões quânticos” e “antivacinas” ocupam os holofotes e os cargos de liderança deste país, ela se prova a cada dia mais necessária.

*Na imensidão além da imaginação havia uma pequena
nuvem*

*Esta nuvem por sua vez era formada por bilhões de outras
pequenas nuvens*

*Dentro de uma destas nuvens haviam bilhões de grãos de
poeira*

*E dentre estes bilhões de grãos de poeira havia um
realmente pequeno*

*Então, neste infinitesimal cósmico, o último homem da
Terra senta-se a sua varanda*

*Era a noite mais limpa que já houvera, jamais um homem
enxergara tão longe*

*Após um momento de contemplação o homem ergueu sua
mão e a moveu para frente de seus olhos*

*Com este simples e pequeno gesto cobrira o universo
inteiro*

Sentiu-se Gigante.

(Luiz Henrique Jorge Ribeiro)

RESUMO

A Serra do Mar paranaense possui um longo histórico de movimentos de massa gravitacionais principalmente associados a eventos pluviométricos intensos. No ano de 2011 um intenso evento pluviométrico desencadeou deslizamentos generalizados por toda a Serra do Mar causando mortes, destruindo casas e interrompendo o fornecimento de água para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá. Apesar de nas últimas décadas terem aumentado o número de estudos que visam entender as relações entre chuvas e deslizamentos no Brasil e conceber sistemas de alerta para desastres, estes estudos se concentram nos estados do Sudeste. Um dos principais motivos do lapso de trabalhos do gênero no Paraná é a falta de um banco de dados completo e confiável. Este trabalho tem por objetivo a criação de um banco de dados georreferenciado de movimentos de massa e pluviosidade para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá, no litoral paranaense, com o intuito de balizar futuras pesquisas neste campo. A pesquisa envolveu a aquisição de dados de deslizamentos e pluviosidade de diferentes fontes, catalogação e padronização dos mesmos afim de criar uma base de dados robusta, integrada, confiável e acessível ao público e a comunidade científica. Para validação do banco de dados foram feitas análises de precipitação e deslizamentos por meio do programa ArcGIS. Foram verificadas as relações numéricas de deslizamento e sua distribuição de acordo com o município, ano e mês de ocorrência, onde delimitou-se a maioria destes eventos tem lugar nos três primeiros meses do ano e maior incidência no município de Guaratuba. Os dados pluviométricos e de estações pluviométricas receberam tratamento semelhante, sendo comparados aos dados obtidos para contextualização da área onde, em termos gerais, não apresentaram grandes diferenças. Também foi observado maior volume maior de chuvas nos primeiros 3 meses do ano, em concordância com os dados de deslizamentos. Os produtos deste trabalho estão disponíveis para o público nos formatos .shp e .kmz no endereço informado no terceiro parágrafo do quinto capítulo deste trabalho.

Palavras chave: Movimentos de Massa. Banco de Dados. Pluviosidade. Georreferenciado. Deslizamento

ABSTRACT

The Serra do Mar of Paraná has a long history of gravitational mass movements mainly associated with intense rainfall events. In 2011, an intense rainfall event triggered widespread landslides throughout the Serra do Mar, causing deaths, destroying houses and interrupting the water supply to the cities of Antonina, Guaratuba, Morretes and Paranaguá. Although the number of studies that aim to understand the relationship between rainfall and landslides in Brazil and to design disaster-warning systems has increased in recent decades, these studies are concentrated in the Southeastern states. One of the main reasons for the lapse of this kind of research in Paraná is the lack of a complete and reliable database. This work aims to create a georeferenced database of mass movements and rainfall for the cities of Antonina, Guaratuba, Morretes and Paranaguá, on the coast of Paraná, in order to guide future research in this field. The research involved the acquisition of landslide and rainfall data from different sources, cataloging and standardizing them in order to create a robust, integrated, reliable and accessible database for the public and the scientific community. To validate the database, analyzes of precipitation and landslides were performed using the ArcGIS software. Numerical landslide relationships were verified and their distribution according to the city, year and month of occurrence, where most of these events took place in the first three months of the year and the highest incidence in the city of Guaratuba was delimited. The pluviometric data and the rain station data received similar treatment, being compared to the data obtained to contextualize the study area where, in general terms, they did not present great differences. A greater volume of rain was also observed in the first 3 months of the year, in agreement with landslide data. The products of this work are available to the public in .shp and .kmz formats at the address given in the third paragraph of the fifth chapter of this work.

Keywords: Mass Movement. Database. Rainfall. Georeferenced. Landslide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.	3
Figura 2: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: https://pt.climate-data.org/	5
Figura 3: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: https://pt.climate-data.org/	5
Figura 4: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: https://pt.climate-data.org/	6
Figura 5: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: https://pt.climate-data.org/	6
Figura 6: Mapa geológico simplificado da porção meridional do Cinturão Ribeira. Fonte: Cury, 2009, adaptado de Siga Junior (1995) e Basei et al. (1990).	8
Figura 7: Mapa Geomorfologico da porção leste do estado do Paraná (Folha SG 22-X-D) e que contempla a área de estudo. Fonte: MINEROPAR, 2006.	10
Figura 8: Gráfico de análise de diversos eventos em diversos locais com base no coeficiente de ciclo (Guidicini e Iwasa, 1977).	13
Figura 9: C: diagrama probabilístico da distribuição de alturas máximas da precipitação anual (1,2, 3, 5, 15 e 30 dias). D: Curva cumulativa da razão entre a soma dos valores de precipitação diária (5 dias) e a precipitação média anual (Canuti et. al.,1985).	14
Figura 10: Exemplo de envoltória de deslizamentos gerada por Soares (2006), sendo também a que apresentou melhor resultado.	16
Figura 11: Classificação dos eventos pluviométricos com relação a quantidade e alcance dos movimentos de massa deflagrados.	16
Figura 12: O mapa de hipsometria brasileiro é um exemplo de mapa temático. Fonte IBGE ,1995.	18
Figura 13: mapa da rede integrada de transporte coletivo de Curitiba é um exemplo de dado cadastral. Fonte URBS, 2015.	19
Figura 14: principais definições sumarizadas no documento de introdução ao geoprocessamento. Fonte: Embrapa, 2007 adaptado de Burrough e McDonnell (1998).	21
Figura 15: Componentes de um SIG de acordo com Câmara, 1998.	22
Figura 16: Principais atividades ligadas ao geoprocessamento de acordo com Rosa (2013).	23
Figura 17: Adição de marcadores no Google Earth Pro para identificação da quilometragem da rodovia.	26
Figura 18: Identificação das coordenadas para o movimento de massa ocorrido no km 631+900 da BR 376. A linha branca observada sobre a BR é resultado da utilização da ferramenta de medição de distancias do próprio Google Earth Pro.	27
Figura 19: Visualização da organização dos dados a partir do catalog do ArcGIS	28
Figura 20: adaptação dos rasters de relevo sombreado e declividade para área de estudo. O raster de declividade foi posto em nível superior ao de relevo sombreado e	

teve sua transparência ajustada para 40% a fim de melhor visualizar as estruturas da área.	29
Figura 21: Hiperlinks criados dentro da Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas que abrem diretamente os dados diários ou mensais referentes a estação escolhida.....	30
Figura 22: Link para a Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas. Ao passar o mouse sobre qualquer estação pluviométrica com o botão Hyperlink selecionado o usuário terá a visão ilustrada na figura. Ao clicar a tabela abre automaticamente.....	31
Figura 23: Visualização das instruções para configurar o caminho base para o funcionamento dos hiperlinks.	34
Figura 24: Indicação do botão utilizado para criar uma conexão entre o ArcGIS e o banco de dados salvo no computador.....	35
Figura 25: Localização da aba "Display" nas propriedades da camada onde é admitido o uso de hiperlinks na interface do ArcGIS.	35
Figura 26: Mapa da distribuição das estações pluviométricas na área de estudo.....	36
Figura 27: Estações pluviométrica apontadas como ativas após uso da ferramenta de seleção no SIG.	37
Figura 28: Tabela de atributos da camada Estacoes_Pluviometricas onde são identificadas as estações selecionadas.....	38
Figura 29: Tabela dos valores de precipitação diária para estação Colônia Cachoeira, aberta através de hiperlink na Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas.....	39
Figura 30: Distribuição espacial dos dados de deslizamento para área de estudo e proximidades.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais características fisiográficas dos municípios da área.	4
Tabela 2: Compilação dos principais parâmetros pluviométricos obtidos para área de estudo.....	42

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Distribuição das estações pluviométricas por cidade da área de estudo.	41
Gráfico 2: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Antonina.	43
Gráfico 3: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Morretes.	43
Gráfico 4: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Paranaguá.....	44
Gráfico 5: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Guaratuba.	44
Gráfico 6: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Antonina.	45
Gráfico 7: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Morretes.	46
Gráfico 8: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Guaratuba.	46
Gráfico 9: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Paranaguá.....	47
Gráfico 10: Distribuição dos MMGs por cidade da área de estudo.....	49
Gráfico 11: Distribuição dos MMGs da área de estudo de acordo com o mês de ocorrência.....	50
Gráfico 12: Distribuição dos MMGs da área de estudo de acordo com o ano de ocorrência.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	2
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	3
2.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	3
2.2. FISIOGRAFIA	3
2.3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA	6
2.3.1 Terreno Luís Alves.....	7
2.3.2 Terreno Paranaguá.....	7
2.4. GEOMORFOLOGIA.....	9
3. REVISÃO TEÓRICA	11
3.1. RELAÇÃO PRECIPITAÇÃO X MOVIMENTOS DE MASSA	11
3.2. BANCOS DE DADOS	17
3.2.1. Dado, informação e informação geográfica	17
3.2.2. Conceito de Bancos de Dados	19
3.2.3. Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....	20
3.2.4. Geoprocessamento.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1. AQUISIÇÃO DE DADOS	23
4.2. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	25
4.3. MONTAGEM DO BANCO DE DADOS	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. APLICAÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	33
5.2. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO	40
5.3. ANÁLISE DOS DADOS DE MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

Movimentos de massa gravitacionais (MMG) estão entre os acidentes naturais mais comuns do no Brasil, todos os anos dezenas de pequenos eventos ocorrem por todo território nacional, sendo um dos desastres mais comuns do país (Monteiro & Pinheiro, 2012). Entretanto, em mais raras vezes, estes eventos podem dar origens a grandes catástrofes, mais recentemente podemos citar os eventos do ocorridos em 2008 na serra catarinense e no interior do Rio de Janeiro em 2011. Catástrofe de repercussão mundial, os eventos de 2011 no Rio de Janeiro foram considerados como o 8º maior deslizamento dos últimos 100 anos pela ONU (Busch & Amorim, 2011).

Nestes mesmos anos, no estado do Paraná, também aconteceram grandes deslizamentos, muitas vezes esquecidos ante as tragédias ocorridas em outros pontos da nação. Em março de 2011 foram registrados movimentos de massa generalizados por toda a Serra do Mar paranaense. Esses eventos causaram quatro mortes, deixaram milhares de desabrigados, além de transtornos como o desabamento de pontes e a interrupção do fornecimento de água em Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá (Gazeta do Povo, 2011).

Este, entretanto, não é um problema recente. Desde a segunda metade do século passado pesquisadores tentam encontra alguma forma de prevenir ou até mesmo prever estes eventos. Guidicini & Iwasa (1976) apontaram as chuvas como principais responsáveis pela deflagração de movimentos de massa no Brasil e tentaram estabelecer correlações entre pluviosidade e deslizamentos.

Nas décadas que se seguiram diversos outros trabalhos levantaram hipóteses e propuseram diferentes métodos para definir padrões entre as alturas de precipitação locais e os deslizamentos ocorridos, dentre estes trabalhos se encontram Guidicini & Iwasa (1977); Tatizana *et al.* (1987); Castro (2006); Soares (2006); d'Orsi (2011); Victorino, (2015); Silva (2014); Silva (2015); Silva (2018).

Apesar dos diversos trabalhos citados, a grande maioria destes são voltados aos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Mesmo que estados como Paraná e Santa Catarina, que apresentam 50% ou mais (em área) de seu território classificados como tendo alta ou muito alta susceptibilidade a deslizamentos (IBGE, 2019), também

tenham sido alvo de diversos eventos climáticos extremos, a produção de trabalhos do gênero nos estados que quase nula.

Para o Paraná em específico, os poucos trabalhos que existem sobre o assunto, contemplam apenas pequenas áreas, ou estão ligados a segmentos rodoviários, como os trabalhos de Victorino (2015) e Ferreira (2018). Uma das principais razões para o baixo volume de publicações sobre este tema no Paraná é a ausência de uma base de dados robusta e integrada.

A dispersão de dados entre entidades públicas e privadas, a falta de uma padronização na coleta, descrição e organização dos dados existentes, além das lacunas nos registros e na baixa confiabilidade de dados antigos, tonam os estudos de movimentos de massa, pluviosidade e a criação de possíveis sistemas de alerta/perdição de desastres no Paraná uma tarefa difícil.

Nesse sentido, este trabalho tem o propósito de começar a preencher essa lacuna, com o objetivo de criar um banco de dados georreferenciado de movimentos de massa e medidas pluviométricas para o litoral do estado, mais precisamente para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá, cidades atingidas duramente pelos deslizamentos generalizados de 2011. Ao entrar em contato com diversas entidades, além de consultar periódicos, jornais e portais de notícia, este trabalho espera reunir e padronizar o maior número possível dados de movimentos de massa e pluviosidade disponíveis em um banco de dados disponível a população, visando estabelecer uma base para futuros projetos.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a criação de banco de dados georeferenciado de movimentos de massa gravitacionais para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá. O Banco de Dados de Movimentos de Massa Gravitacionais e Pluviosidade do Litoral do Paraná tem por finalidade agregar, organizar e, na medida do possível, padronizar dados para facilitar a realização de pesquisas futuras e reinterpretções sobre os dados já existentes, também servindo como base para outros resultados obtidos neste trabalho.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo se localiza no extremo Leste do Estado do Paraná (PR), engloba as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá, totalizando uma área de 2.393.328km² (Figura 1). Possui fácil acesso por veículos automotivos durante todo o ano, uma vez que se trata de uma região habitada e com estradas em manutenção constante.

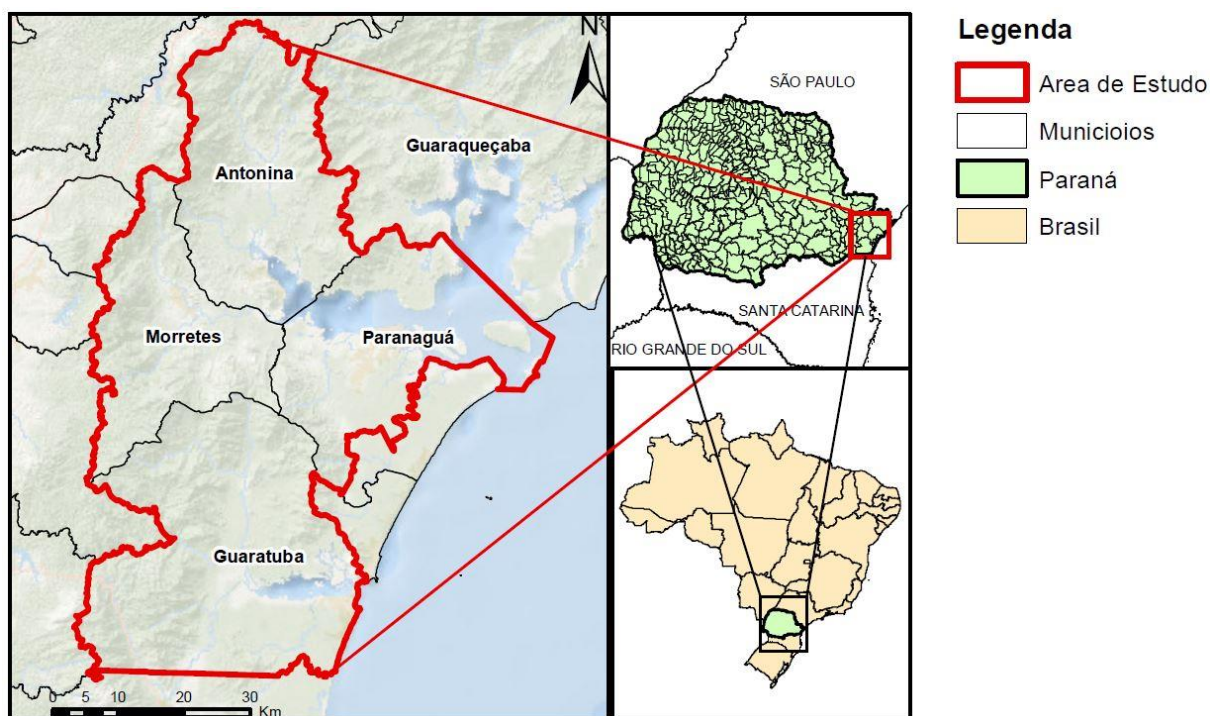


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

A área de estudo compreende os municípios de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá. Partindo da capital do estado, Curitiba, o acesso à Antonina, Morretes e Paranaguá pode ser feito via BR-277 ou pela Estrada da Graciosa (PR-410). Para chegar a Guaratuba, entretanto, é necessário a travessia com *ferry boat* através cidade de Matinhos, ou seguir pela BR-376 até Garuva-SC onde deve ser tomada a SC-417 que posteriormente se torna a PR-412, após adentrar o estado do Paraná novamente.

2.2. FISIOGRAFIA

Os principais aspectos fisiográficos das cidades estudadas se encontram sumarizadas na Tabela 1. Os valores médios mensais de temperatura e precipitação

para os municípios da área de estudo. Devido aos aspectos geológicos e geomorfológicos possuírem uma abrangência regional, apresentando características semelhantes por toda área de estudo, estes temas serão abordados nos tópicos 2.3 Contextualização Geológica e 2.4 Geomorfologia.

Tabela 1: Principais características fisiográficas dos municípios da área.

	Município	Antonina	Guaratuba	Morretes	Paranaguá
Território (IBGE, 2020)	Área	882.317 km²	1.326.670 km²	684.580 km²	826.431 km²
	Bioma	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica
População (IBGE, 2010 - 2020)	População Censo 2010	18.891	32.095	15.718	140.469
	População Estimada 2020	18.949	37.527	16.446	156.174
	Densidade Demográfica	21,41 hab/km²	24,19 hab/km²	22,96 hab/km²	169,92 hab/km²
Uso e Ocupação do Solo (Consórcio Araucária, 2020)	Floresta Nativa	81,39%	80,80%	85,67%	44,83%
	Corpos d'Água	5,22%	4,24%	0,90%	34,68%
	Agricultura	0,78%	3,13%	3,5%	0,24%
	Área Urbana	0,73%	1,48%	1,04%	4,34%
Hidrografia (Revista Bacias Hidrográfica do Paraná, 2010)	Bacia	Litorânea	Litorânea	Litorânea	Litorânea
	Sub-Bacia	Bacia de Paranaguá	Bacia de Guaratuba	Bacia de Paranaguá	Bacia de Paranaguá
	Principais Rios	Cachoeira Nhundiaquara	Cubatão São João	Cubatãozinho Nhundiaquara	Guaraguaçu

Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima na cidade de Antonina é Cfa, clima temperado úmido, com verão quente, com temperaturas médias anuais de 21.2 °C e precipitação média anual é 2.271 mm (climate-data.org, 2021). Outros dados climatológicos podem ser vistos na Figura 2.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.8	25	24.2	22.5	19.6	18	17.2	17.9	19	20.6	21.9	23.8
Temperatura mínima (°C)	22.2	22.4	21.7	19.9	16.7	15	14.1	14.7	16.3	18	19.3	21.1
Temperatura máxima (°C)	28.2	28.4	27.5	25.9	23	21.9	21.2	22.1	22.7	24.2	25.2	27.3
Chuva (mm)	336	311	243	142	129	104	110	94	169	184	195	254
Umidade(%)	84%	85%	85%	84%	83%	84%	85%	84%	84%	85%	84%	83%
Dias chuvosos (d)	19	17	18	13	11	9	9	9	13	16	16	17

Figura 2: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: <https://pt.climate-data.org/>

Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima na cidade de Guaratuba é Cfa (clima temperado úmido, com verão quente), com temperaturas médias anuais de 21.4 °C, o município apresenta a menor precipitação média anual da área com 1.928 mm (climate-data.org, 2021). Um quadro dos dados climatológicos pode ser visto na Figura 3.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	25.2	25.3	24.5	22.6	19.6	17.9	17.1	17.8	19.1	20.8	22.2	24.1
Temperatura mínima (°C)	22.3	22.4	21.7	19.7	16.4	14.7	13.8	14.5	16.2	18.1	19.4	21.2
Temperatura máxima (°C)	28.7	28.9	27.9	26.3	23.4	22	21.2	22.1	22.9	24.4	25.8	27.7
Chuva (mm)	284	255	217	130	122	102	98	87	142	143	157	191
Umidade(%)	83%	85%	84%	83%	81%	84%	84%	83%	82%	83%	81%	82%
Dias chuvosos (d)	18	15	16	12	10	7	8	7	11	13	13	14

Figura 3: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: <https://pt.climate-data.org/>

Em Morretes são observadas as menores temperaturas médias anuais de da área, 20.3 °C, já a precipitação média anual é 2.271 mm, assim como Antonina. Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima na região também é Cfa (climate-data.org, 2021), tendo agosto como mês mais frio (Figura 4).

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23.8	24	23.2	21.5	18.6	17.1	16.4	17.1	18.2	19.7	20.9	22.8
Temperatura mínima (°C)	21.1	21.3	20.6	18.8	15.7	14	13.2	13.8	15.3	17	18.3	20
Temperatura máxima (°C)	27.4	27.7	26.7	25.1	22.2	21.2	20.6	21.6	22.2	23.6	24.6	26.6
Chuva (mm)	336	311	243	142	129	104	110	94	169	184	195	254
Umidade(%)	85%	86%	86%	85%	83%	84%	84%	84%	84%	86%	85%	84%
Dias chuvosos (d)	19	17	18	13	11	9	9	9	13	16	16	17

Figura 4: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: <https://pt.climate-data.org/>

Paranaguá é a cidade da área de estudo com a maior densidade populacional, uma vez que abriga um dos maiores portos da América Latina. Assim como para as outras cidades da área, o clima na região é definido como Cfa com temperaturas médias anuais de 21.1 °C e precipitação média anual é 2.154 mm, (climate-data.org, 2021). Outros dados climatológicos podem ser vistos na Figura 5.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	25.2	25.3	24.5	22.6	19.6	17.9	17.1	17.8	19.1	20.8	22.2	24.1
Temperatura mínima (°C)	22.3	22.4	21.7	19.7	16.4	14.7	13.8	14.5	16.2	18.1	19.4	21.2
Temperatura máxima (°C)	28.7	28.9	27.9	26.3	23.4	22	21.2	22.1	22.9	24.4	25.8	27.7
Chuva (mm)	284	255	217	130	122	102	98	87	142	143	157	191
Umidade(%)	83%	85%	84%	83%	81%	84%	84%	83%	82%	83%	81%	82%
Dias chuvosos (d)	18	15	16	12	10	7	8	7	11	13	13	14

Figura 5: Valores médios, por mês, de temperatura e precipitação para o município de Antonina. Fonte: <https://pt.climate-data.org/>

2.3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA

A Província da Mantiqueira, uma faixa de direção SW-NE, que se estende ao longo de 3.000km na costa leste do Brasil indo do Rio Grande do Sul à Bahia (Almeida et al. 1981, Hasui et al. 2012). A província por sua vez é formada por três compartimentos que também são identificados como cinturões orogênicos: Araçuaí no setentrional, Tijucas no meridional e Ribeira no central (Hasui et al. 2012).

O Cinturão Ribeira é constituído por uma grande variedade de rochas de formação Arqueana/Paleoproterozoica intensamente deformadas pelas colisões de crátons Neoproterozoicos (Siga Jr, 1995; Heilbron et al., 2008). No Paraná é observada a porção meridional do Cinturão, que pode ser dividido em quatro unidades tectônicas compartimentadas por diversas zonas de cisalhamento e falhas de

empurrão (Figura 6), são esses: o Terreno Apiaí, Terreno Curitiba, Terreno Luís Alves e Terreno Paranaguá (Basei *et al.* 1992; Cury, 2002; Milani *et al.*, 2004; Heilbron *et al.*, 2008; Cury 2009).

A área de estudo está inserida no contexto dos Terrenos Paranaguá e Luís Alves, englobando também a maior parte dos granitos que compõem a Província Serra da Graciosa.

2.3.1 Terreno Luís Alves

O Terreno Luís Alves se localiza na costa brasileira e abrange territórios paranaenses a catarinenses. No Paraná o Terreno Luís Alves faz contato com o Terreno Curitiba a noroeste pela Zona de Cisalhamento Mandirituba-Piraquara e a sudeste faz divisa com o Terreno Paranaguá através das zonas de cisalhamento

Alexandra e Palmital (Siga Jr., 1995; Cury, 2009), sendo a única porção cratônica envolvida nos eventos do ciclo Brasileiro-Pan Africano aflorante no sul do Brasil (Campanha, 2002).

A região é formada principalmente por gnaisses granulíticos bandados a maciços, metamorizados em fácies de médio a alto grau (Basei *et al.*, 1998; Cury, 2009), com a ocorrência de migmatitos, granitos básicos e ultrabásicos, formações ferríferas e quartzitos subordinados (dentre outros) (Cury, 2009). Foram medidas idades de formação entre o Arqueano (2,7 – 2,5 Ga) e o Paleoproterozóico (2,2 – 1,8 Ga) (Siga Jr., 1995; Sato *et al.* 2003; Cury, 2009).

2.3.2 Terreno Paranaguá

O Terreno Paranaguá se encontra numa faixa estreita e alongada de direção SW-NE que vai do norte de Santa Catarina a São Paulo, sendo balizada pela linha de costa brasileira a leste e a oeste/noroeste pelos terrenos Curitiba e Luís Alves através das zonas de cisalhamento Alexandra, Palmital e Serrinha (Siga Jr., 1995; Cury, 2009).

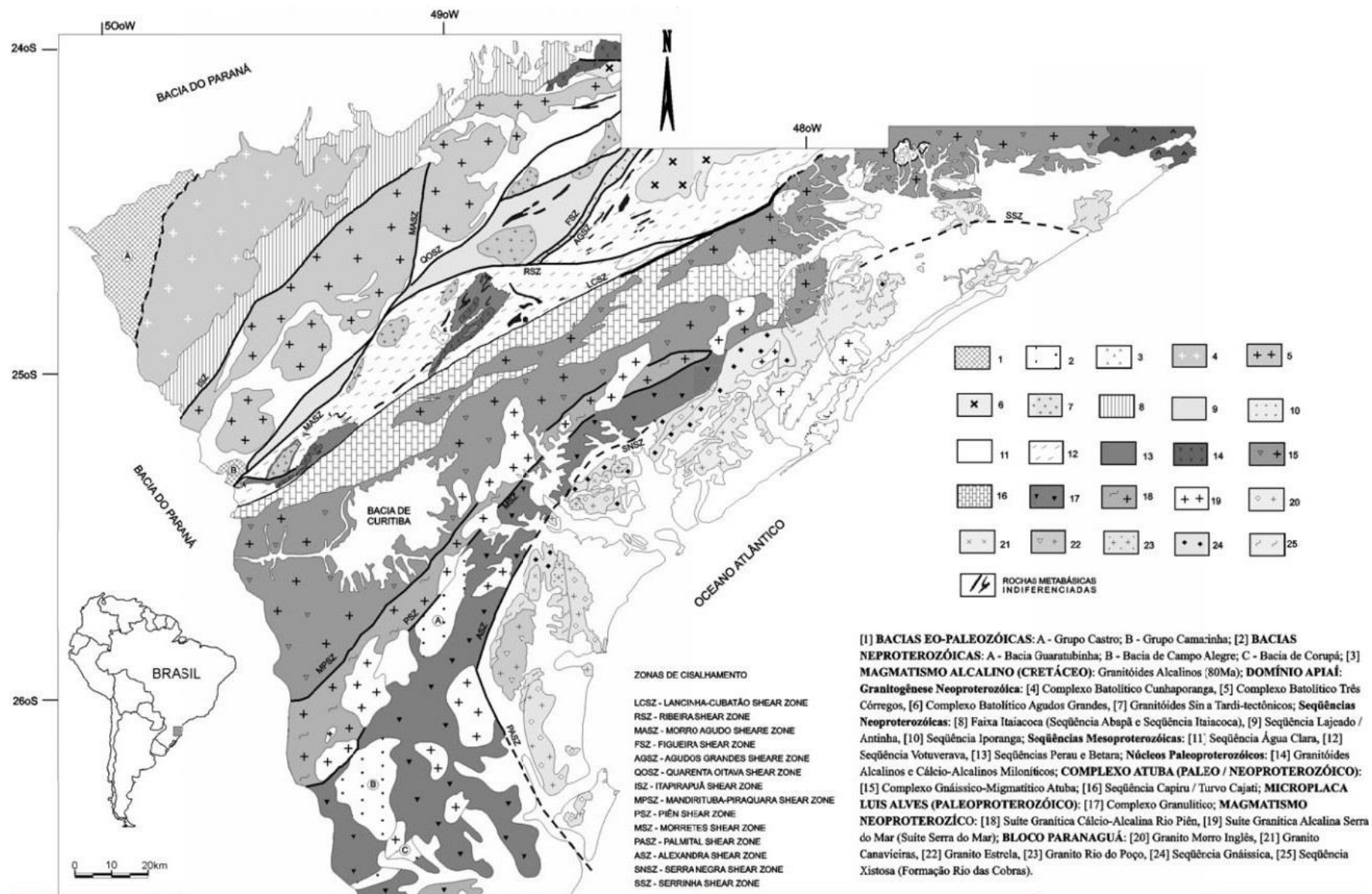


Figura 6: Mapa geológico simplificado da porção meridional do Cinturão Ribeira. Fonte: Cury, 2009, adaptado de Siga Junior (1995) e Basei et al. (1990).

Uma das principais características do Terreno Paranaguá é a presença de um grande complexo ígneo formado granitos cálcio-alcalinos com fenocristais tabulares de feldspato branco e podem ser incipientes a intensamente deformados denominado como Província Serra da Graciosa (Gualda and Vlach 2007a; Cury, 2009). As rochas encaixantes se tratam de metassedimentares da Sucessão Rio das Cobras e gnisses do Complexo Paleoproterozoico São Francisco do Sul sendo feições migmatíticas comuns (Cury, 2009).

Datações de U-Pb em núcleo de zircão e zircão detrítico indicam idades de formação entre 2173 ± 18 Ma - 2072 ± 48 Ma para as rochas com Complexo São Francisco do Sul e idades máximas de sedimentação de 2,2 e 1,8 Ga para Sucessão Rio das Cobras. Para as suítes graníticas foram obtidas idades entre 600 e 580 Ma (Cury, 2009).

2.4. GEOMORFOLOGIA

A área de estudo se insere na unidade morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, mais precisamente na unidade morfoescultural Serra do Mar (Figura 7). A unidade Serra do Mar por sua vez é dividida em quatro subunidades morfoesculturais: Morros Isolados Costeiros, Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas, Serra do Mar Paranaense e Blocos Soerguidos da Serra do Mar (Santos *et al.*, 2006).

A subunidade de Morros Isolados equivale a 281km² da área do litoral, apresenta dissecação muito alta, o relevo possui topos alongados e em cristas e a altitude varia de 20 a 920 metros, apresentando um gradiente de 900m. Os valores de declividade predominantes variam de 12% a 47%. Já a subunidade Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas possui dissecação alta e topos alongados, em cristas e rampas dissecadas. A altitude varia de 200 a 600 metros, tendo um gradiente mais modesto de 400m. A classe de declividade predominante é de inferior a 6% e esta unidade representa 441km² da área do litoral (Santos *et al.*, 2006).

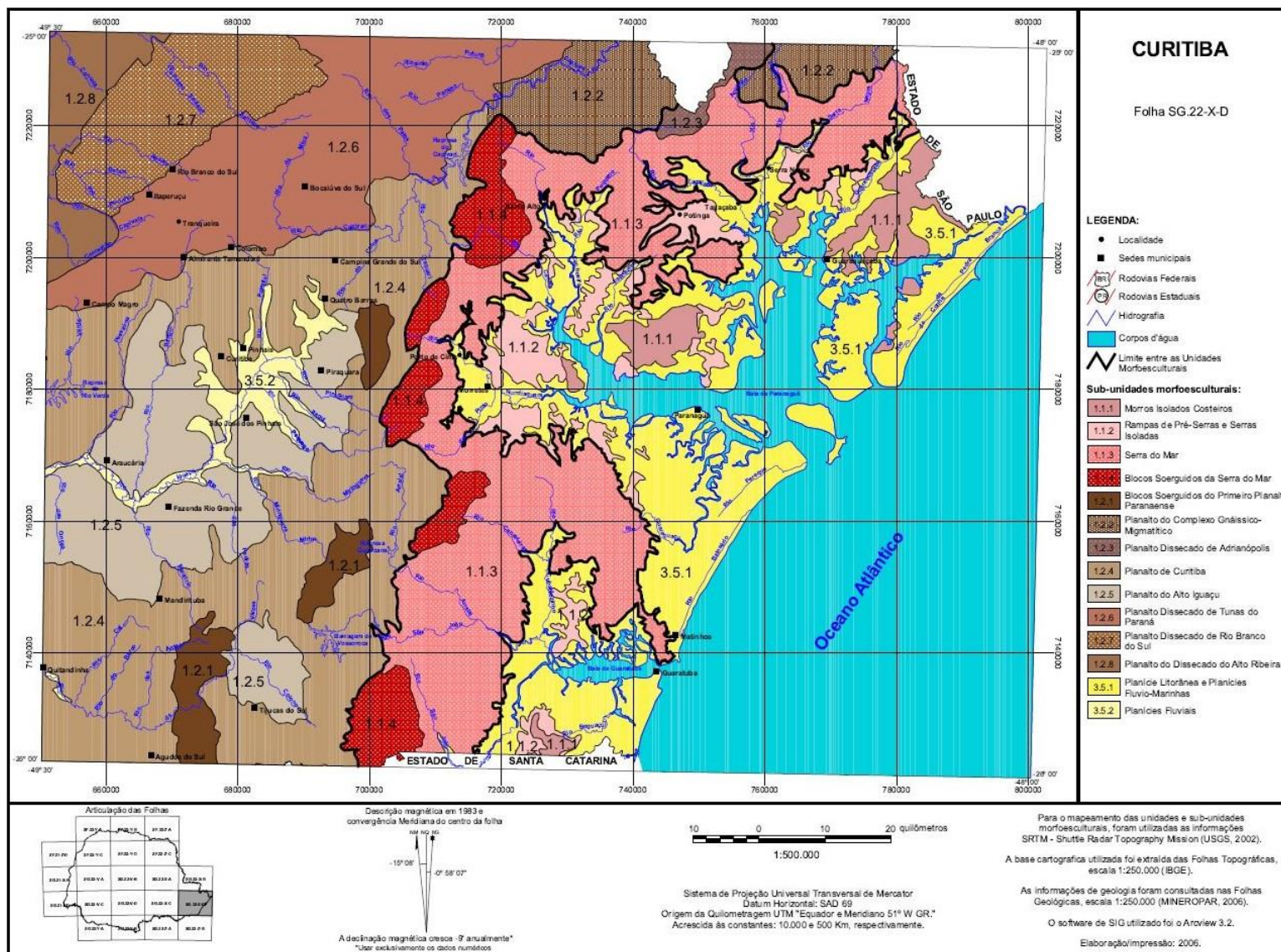


Figura 7: Mapa Geomorfológico da porção leste do estado do Paraná (Folha SG 22-X-D) e que contempla a área de estudo. Fonte: MINEROPAR, 2006.

Apresentando dissecação alta e relevo de topos alongados e em cristas a subunidade Serra do Mar Paranaense possui um gradiente de 1320m com altitudes que variam de 20 a 1340 metros. Esta é a subunidade de maior extensão do litoral paranaense com 2065km² e a classe de declividade predominante nesta subunidade reside entre 12% e 47%. Por fim a subunidade de Blocos Soerguidos da Serra do Mar cobre 443km² de área, apresenta dissecação muito alta, com topos alongados e em crista, e possui o maior gradiente dentre as subunidades do litoral, 1360m, as suas altitudes variam entre 320 e 1680 metros enquanto a classe de declividade dominante se situa entre 12% e 47%(Santos *et al.*, 2006).

Todas as subunidades morfoestruturais apresentam um de vertentes retilíneas e vales em V, sendo que apenas a subunidade Serra do mar Paranaense apresenta vales em V encaixados, as outras apresentam estes vales fechados (Santos *et al.*, 2006).

Na área como um todo são observados diversos tipos de solo, segundo a Bhering *et al.* (2008) podem ser encontrados: neossolos litólicos de textura argilosa e associados a afloramentos rochosos; cambissolos háplico e fluvico, ambos de textura argilosa, podendo estar associados a substrato migmatítico; argilossolos vermelho/amarelo e associação de gleissolos háplico e sálico de textura argilosa. Particularmente em Paranaguá pode ser encontrado espodossolo humilúvico de textura arenosa (Bhering *et al.* 2008).

3. REVISÃO TEÓRICA

A revisão teórica se desmembra em duas partes, a primeira sobre a relação entre movimentos de massa e pluviosidade, motivo qual deu origem a este trabalho, e a segunda é uma contextualização sobre bancos de dados, geoprocessamento e sistemas de informação geográficas (SIG).

3.1. RELAÇÃO PRECIPITAÇÃO X MOVIMENTOS DE MASSA

Guidicini e Iwasa (1977) fizeram um dos primeiros trabalhos relacionando precipitação e escorregamentos no âmbito nacional. Os autores selecionaram nove áreas levando em conta a ocorrência de movimentos de massa e a existência de

séries históricas de pluviometria para as regiões, já os eventos de precipitação analisados foram escolhidos com base na sua intensidade e duração.

Foram então gráficos relacionando precipitação e movimentos de massa considerando os últimos diferentes espaços de tempo anteriores aos eventos chuvosos escolhidos. Guidicini e Iwasa (1977) então identificaram que os deslizamentos são prováveis de ocorrer quando o evento chuvoso for equivalente a 8-17% da precipitação média anual, sendo que eventos chuvosos que não geram deslizamentos podem chegar a 12% e eventos com precipitação superior a 20% da precipitação média anual, tendem a gerar eventos catastróficos. Também concluíram que eventos de precipitação superiores a 12% da precipitação média anual irão desencadear movimentos de massa independentemente do histórico pluviométrico pretérito.

Para conseguirem correlacionar os dados de diferentes áreas, Guidicini e Iwasa (1977) introduziram três coeficientes: o coeficiente de ciclo (razão entre a pluviometria acumulada até a data do evento e a média anual de pluviosidade), o coeficiente do episódio (razão entre o registro pluviométrico do evento e a média anual de pluviosidade) e o coeficiente final (dado pela soma dos outros dois). Foi então gerado um gráfico de análise do coeficiente de ciclo (Figura 8), onde foram delimitadas quatro zonas A, B, C e D onde quanto mais alto o evento for plotado (em direção à zona A), maior a probabilidade de ocorrência de um escorregamento. Os autores identificam ainda que a maior parte dos eventos catastróficos se encontram na zona A.

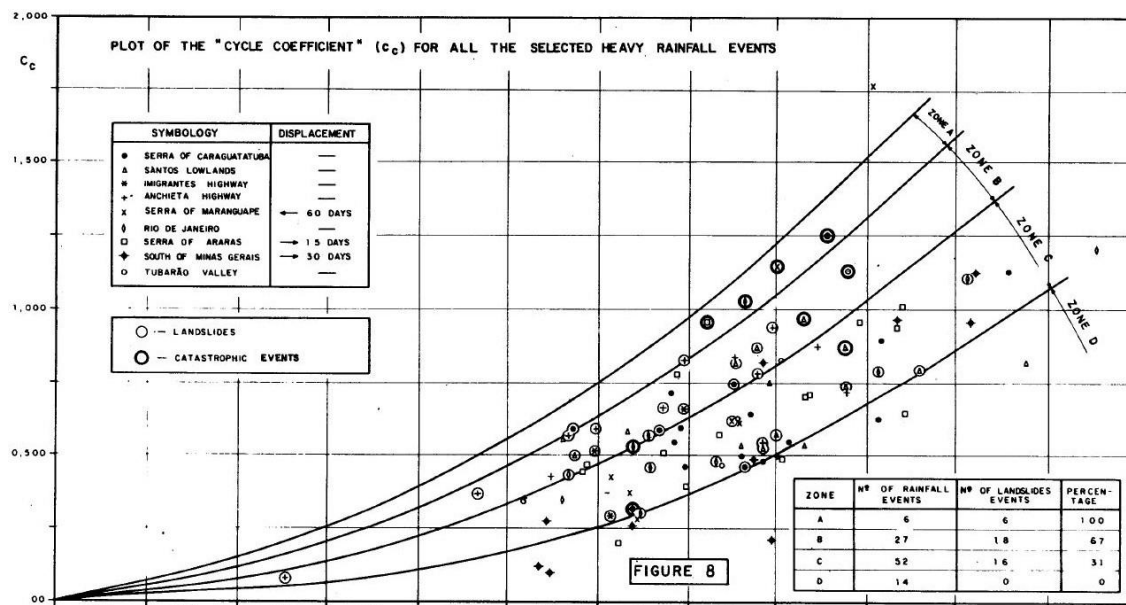


Figura 8: Gráfico de análise de diversos eventos em diversos locais com base no coeficiente de ciclo (Guidicini e Iwasa, 1977).

Brand et. al. (1984) realizaram um estudo de correlação entre deslizamentos e os picos de precipitação horária em Hong Kong, onde estes eventos costumam deflagra centenas de escorregamentos no mesmo evento pluviométrico. Para isso produziram gráficos que relacionavam o número de escorregamentos reportados, o pico horário de precipitação e o acumulado de três eventos de precipitação.

Em suas conclusões afirmaram que de fato, os maiores responsáveis pelos escorregamentos são os picos de precipitação horária, sendo que o valor de 70mm/hora, foi apontado como limiar para o desencadeamento de escorregamentos. Também foi constatado que a chuva acumulada de poucos dias, apresenta pouca ou nenhuma influência nestes eventos e que valores acumulados de 24h inferiores a 100mm são muito pouco prováveis deflagradores de escorregamentos.

Canuti et. al. (1985) relacionou a precipitação com quatro grandes eventos de MMGs ocorridos na Itália entre a década de 1960 e começo da década de 1980. Deste modo, em seu trabalho construiu uma fórmula para calcular o Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC), utilizando-se de diagramas probabilísticos da relação entre alturas máximas da precipitação anual, a acumulados de precipitação (1,2,3,5,15 e 30 dias) e a estimativa da intensidade horária da precipitação (Figura 9).

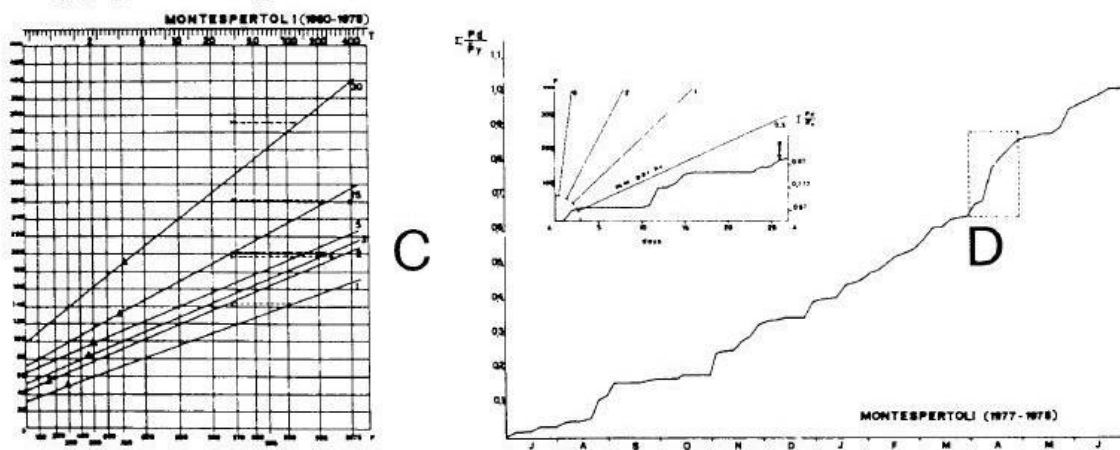


Figura 9: C: diagrama probabilístico da distribuição de alturas máximas da precipitação anual (1, 2, 3, 5, 15 e 30 dias). D: Curva cumulativa da razão entre a soma dos valores de precipitação diária (5 dias) e a precipitação média anual (Canuti et. al., 1985).

De acordo com os autores os resultados obtidos são satisfatórios para os quatro casos estudados, sendo que devem ser considerados todos os eventos pluviométricos de até 15 dias antes dos deslizamentos implicando num valor de $\lambda=0,9$. De acordo com sua fórmula, são classificados como valores críticos para ocorrência de deslizamentos aqueles que possuírem valores de CPC maiores que 0,5 para uma recorrência de 10 anos e que 0,6 para uma recorrência de 20 anos. Entretanto, os autores fazem um adendo de que este modelo pode não ser preciso para deslizamentos que possuam contextos hidrogeológicos mais complexos onde o valor de λ precise ser alterado.

Castro (2006) fez a correlação entre pluviosidade e movimentos de massa para as encostas da cidade de Ouro Preto (MG). Foram considerados os dados de escorregamentos que ocorreram durante o período de maior precipitação média na cidade (outubro a março), além de terem sido escolhidos anos em que a quantidade de desastres foi maior do que os danos causados pelos mesmos.

Foram feitos gráficos de relação entre escorregamentos e a pluviosidade acumulada para 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, e 10 dias, uma vez que, segundo a autora, correlações feitas com valores de mais de 10 dias de acumulada não se mostra aplicável a finalidade de prever movimentos de massa. Posteriormente foram gráficos de envoltórias segundo o método desenvolvido por Tatizana *et.al.* (1987) e definido o coeficiente de precipitação crítico (CPC) para a curva.

A autora conclui que o valor mínimo de precipitação para ocorrência de qualquer deslizamento em Ouro Preto é de 22mm, podendo ser usado como uma forma de controle dos eventos monitorados. Foi também estabelecido que a envoltória com o melhor resultado foi a de 5 dias e extraída a equação que determina o CPC $PD = 6386,6 PA^{-1,3847}$, onde PD é o valor de precipitação diário e PA o valor de precipitação acumulada nos últimos 5 dias.

Soares (2006) baseou-se no método criado por Tatizana et. al. (1987 a, b), para estabelecer uma relação entre precipitação e deslizamentos no município de Angra dos Reis (RJ). Devido a não existência de dados de precipitação horária na sua área de estudo e sabendo que o pico de precipitação horária era fator fundamental no método desenvolvido por Tatizana, Soares adaptou-o para a utilização de dados diários de precipitação (acumulados de 24h).

No seu trabalho, Tatizana et. al. (1987 a, b) só considerou como deslizamentos desencadeados por precipitação aqueles que registraram chuvas de 100mm em 1 dia ou 150mm em 2 dias ou 200mm em 3 dias. Soares (2006), nomeou em seu trabalho este parâmetro como “Critério T”, entretanto o mesmo não se mostrou eficaz, levando a autora a propor seu próprio critério para área. Soares (2006) propôs três novos parâmetros e a partir deles gerou gráficos de relacionando a chuva acumulada com e sem deslizamento. Para tanto desenvolveu planilhas com dados de precipitação (com e sem deslizamentos) considerando os períodos de precipitação acumulada para 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25 e 30 dias. Após testar os três critérios a autora escolheu o seu “Critério C” como mais eficaz.

Gerados os gráficos de distribuição, porém, concluiu que estes ainda pouco efetivos para cumulados de até 4 dias, acima disso, estes gráficos se mostraram ineficazes, pois não mostravam um limiar de precipitação bem definido. Uma vez que os primeiros gráficos não apresentaram resultados satisfatórios, a autora confeccionou gráficos de envoltórias, que permitiram uma melhor visualização dos dados. Estes mostraram bons resultados para envoltórias de 1 a 5 dias, com destaque para envoltória de 2 dias (Figura 10).

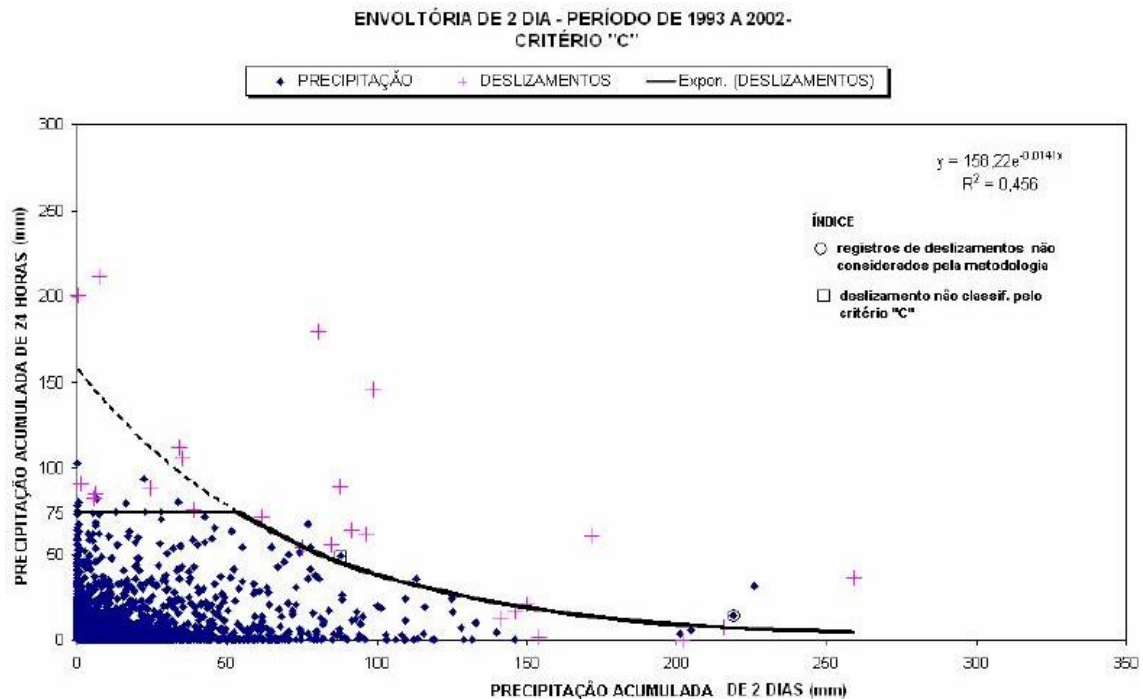


Figura 10: Exemplo de envoltória de deslizamentos gerada por Soares (2006), sendo também a que apresentou melhor resultado.

d'Orsi (2011) estabeleceu uma correlação entre movimentos de massa e precipitação para um trecho da Serra do Órgãos – RJ. Para tanto, o autor usou diversas combinações dos registros pluviométricos acumulados pra 1h, 12h, 24h, 48h, 72h e 96h. Os eventos pluviométricos que causaram movimentos de massa também foram classificados de acordo a quantidade de ocorrências deflagradas por um único evento pluviométrico e o alcance dessas ocorrências na via (Figura 11).

Nº. de ocorrências	Alcance do escorregamento		
	Acostamento	1 pista	2 pistas
1	Simplex	Simplex	Importante
2	Simplex	Importante	Muito Importante
3	Importante	Importante	Muito Importante
4	Importante	Muito Importante	Muito Importante
≥ 5	Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante

Figura 11: Classificação dos eventos pluviométricos com relação a quantidade e alcance dos movimentos de massa deflagrados.

Como resultado, apenas a relação de acumulados de 1h relacionados ao acumulado das 24h antecedentes apresentou resultado bom o suficiente para

elaboração de um limiar pluviométrico crítico. Apesar de o limiar pluviométrico traçado não ser um bom indicativo para os eventos simples, apresentou uma boa correlação com relação aos eventos importantes e muito importantes.

Ferreira *et al.* (2018), realizaram um estudo em um trecho de 4km da Serra do Mar paranaense, ao longo da BR 376, onde foi instalado um pluviógrafo recentemente. Utilizando registros de escorregamentos fornecidos pela concessionária que administra a rodovia e os dados pluviógrafo testaram três diferentes métodos de correlação entre precipitação e MMGs, para uma série histórica de 8 anos, com o objetivo de auxiliar na gestão de risco do trecho. Foram utilizadas adaptações dos métodos propostos por Guidicini e Iwasa (1977), Kanji *et al.* (1997) e d'Orsi (2011), sendo que os autores consideraram que os três métodos mostraram resultados satisfatórios, além de a aplicação de mais de um método para o mesmo local ajudou a superar as limitações apresentadas por cada método.

3.2. BANCOS DE DADOS

3.2.1. Dado, informação e informação geográfica

Antes de entender o que são os bancos de dados é fundamental entender alguns aspectos como, que são dados, qual a diferença entre dado e informação e o que faz uma informação ser geográfica ou não.

Paredes (1994) conceitua dados como sendo qualquer medida, numérica, alfabética ou alfanumérica que não possui significado por si só, necessitando reunir um conjunto de diversos dados semelhantes para que a partir da organização destes, os dados possuam valor. Neste ponto, onde se existe um conjunto de dados organizados e direcionados a um objetivo específico, os dados deixam de ser dados e passam a ser considerados informação. É necessário que o usuário atribua um significado ou direcionamento aos dados para que estes sejam informação, do contrário continuam sendo apenas dados.

Neste sentido, para Paredes (1994), a diferença entre dados e dados espaciais assim como de informações e informações espaciais é que os segundos apresentam uma componente espacial intrínseca ao dado que permite com que o mesmo seja orientado na superfície da Terra.

De acordo com Câmara *et al.* (2004) os dados e informações espaciais podem se de dois tipos: os dados temáticos e dados cadastrais. Os dados temáticos são dados espaciais que descrevem e/ou caracterizam o ambiente geográfico. São dados que precisam ser observados, anotados, sumarizados e então inseridos em um sistema, seja ele digital ou não. Os dados temáticos trazem informações sobre solo, geologia, cobertura vegetal, clima, etc... e tem seu valor vinculado a um espaço e uma escala. No âmbito das geociências são aqueles que dão origem aos chamados mapas temáticos, que caracterizam o ambiente, como mapas geológicos, de clima e relevo (Figura 12).

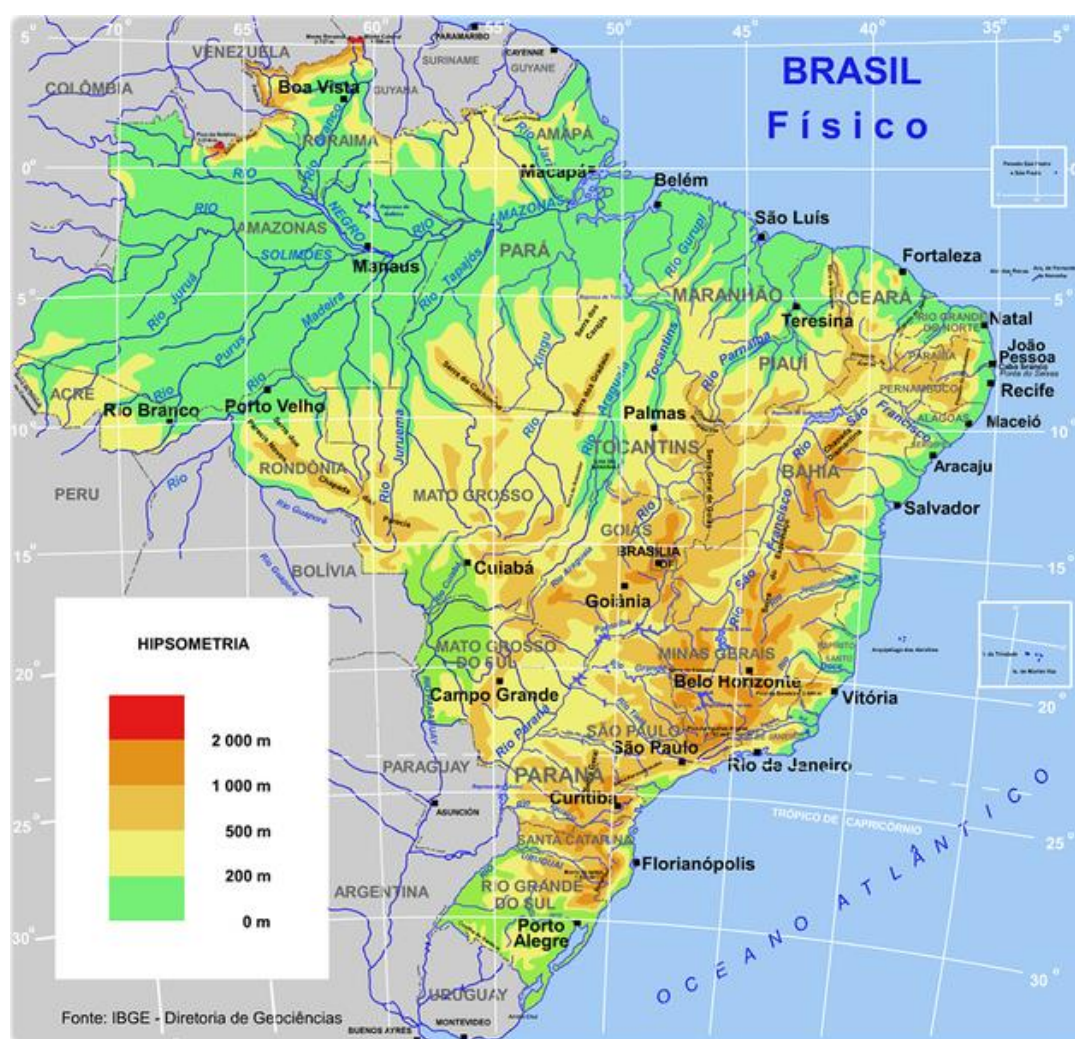


Figura 12: O mapa de hipsimetria brasileiro é um exemplo de mapa temático. Fonte IBGE ,1995.

Já os dados cadastrais, de acordo com Câmara *et al.* (2004), se diferem dos dados temáticos por não estarem necessariamente vinculados a uma única entidade espacial, são objetos geográficos, que podem ser relacionados a diversas escalas e representações gráficas (Figura 13). Um exemplo seria um terreno, pois este pode ser

[illegible]

3.2.2. Conceito de Bancos de Dados

19

Date (1991) define bancos de dados como um sistema moderno de armazenagem e conservação de dados ligado a uma rede informatizada, onde não se importa o que é exatamente o dado ou a função que este dado tenha para o usuário, desde que esta informação seja significativa e possua peso dentro dos processos de decisão daquela organização específica.

Segundo Elmasri & Navathe (2005) um banco de dados se trata de uma coletânea de dados interconectados, fatos que possuem significados implícitos. Uma vez que são uma representação do mundo, as mudanças da realidade são refletidas pelo banco de dados, que por sua vez devem ser lógicas e coerentes, mas não apenas isso, como também devem ter um propósito claro e um grupo específico de usuários interessado em seu conteúdo.

Já para Rob (2010) é necessária uma estrutura computacional afim de que os dados possam ter um gerenciamento efetivo. Essa estrutura, por sua vez, deve ser integrada e é responsável por armazenar dados e metadados.

Existem diversos tipos de bancos de dados como dados sequenciais, em rede, dados móveis, bancos de dados multimídia, hierárquicos e SIG (Sistemas de Informações Geográficas). As principais diferenças entre as diversas formas de banco de dados residem nos seus conteúdos, objetivos e o público para o qual é voltado Elmasri & Navathe (2005).

3.2.3. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Na literatura existem diversas definições que são aplicadas a um sistema de informações geográficas, a Figura 14 sumariza algumas das mais importantes definições reunidas no documento de introdução ao geoprocessamento da Hamada *et al.* (2007).

(a) Definições do SIG baseadas na qualidade como ferramenta: "um poderoso conjunto de ferramentas para a coleta, armazenamento, fácil recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real" (BURROUGH, 1986). "um sistema para captura, armazenamento, checagem, manipulação, análise e exibição de dados que são espacialmente referenciados" (DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, 1987)*. "uma tecnologia de informação que armazena, analisa, exibe tanto dados espaciais quanto Dados não espaciais" (PARKER, 1988)*. "um sistema computacional assistido para a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos" (EASTMAN, 1997). "uma ferramenta para a integração e análise de dados referenciados geograficamente" (MAGUIRE, 1991).
(b) Definições do SIG baseadas na qualidade como base de dados: "um sistema de base de dados no qual a maioria dos dados está indexada espacialmente e sobre os quais um elenco de procedimentos é operacionalizado, com a finalidade de responder perguntas sobre entidades espaciais na base de dados" (SMITH et al., 1987)*. "qualquer conjunto de procedimentos de forma manual ou computacional, utilizado para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados" (ARONOFF, 1989).
(c) Definições do SIG baseadas na qualidade de organização: "um conjunto de funções automáticas que assegura aos profissionais o armazenamento, a recuperação, a manipulação e a exibição de dados geograficamente localizados, com recursos/capacidades avançados," (OZEMOV; SMITH; SICHERMAN, 1981)*. "uma entidade institucional, que reflete uma estrutura organizacional, que integra a tecnologia, uma base de dados, os especialistas e um contínuo suporte financeiro" (CARTER, 1989)*.

Fonte: Burrough; McDonnell, 1998 (modificado).

Observação: (*) apud Burrough; McDonnell (1998).

Figura 14: principais definições sumarizadas no documento de introdução ao geoprocessamento. Fonte: Hamada *et al.* 2007 adaptado de Burrough e McDonnell (1998).

Em suma, a definição de SIG está ligada a maneira como o usuário utiliza o sistema e com as finalidades as quais ele almeja (Hamada *et al.* 2007).

De acordo com Câmara (1998) um SIG é composto por cinco partes essenciais e inter-relacionáveis. A Interface com usuário é uma facilitação para o acesso do usuário formada por macro-comandos interativos elencados em menus e surgiu da crescente complexidade das linguagens utilizadas nos sistemas. A entrada e integração de dados que compreendem todas as formas de adicionar e integrar novos dados ao sistema. As funções de processamento gráfico e de imagens que compreendem as ferramentas disponibilizadas para p geoprocessamentos. A visualização e plotagem que são consequências das ações e decisões tomadas pelo usuário ao manipular o SIG e o banco de dados geográficos que funciona como um repositório está associado a um sistema de gerencia de banco de dados (Figura 15).

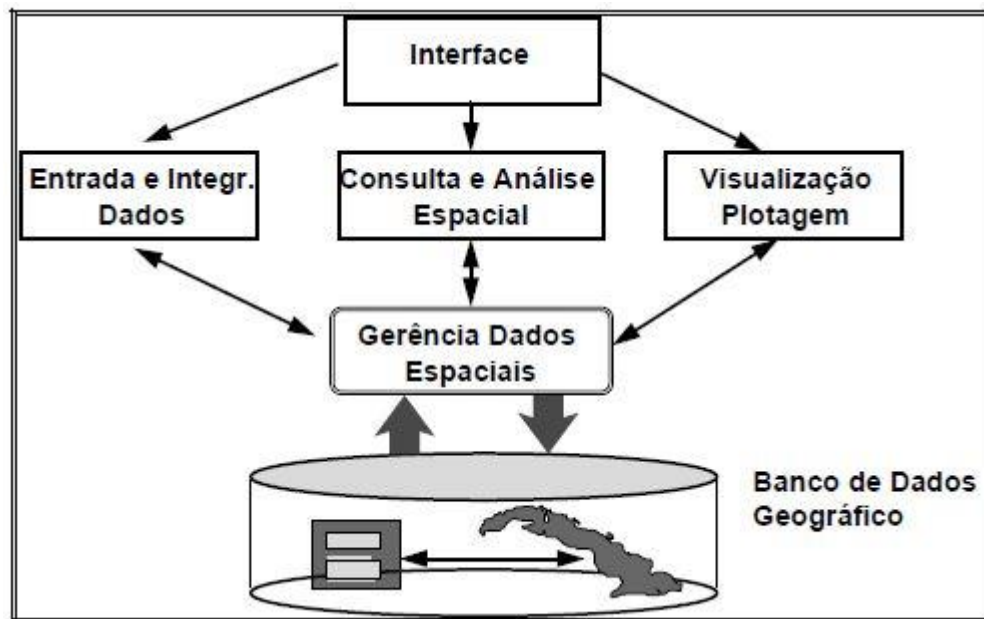


Figura 15: Componentes de um SIG de acordo com Câmara, 1998.

3.2.4. Geoprocessamento

Os resultados obtidos a partir de um banco de dados voltado para análise de dados espaciais se dão pelo do geoprocessamento dos dados e a conversão destes dados em informação.

Para Bahr & Karlsruhe (1999) o geoprocessamento é visto como um instrumento utilizado para planejamento e controle bem como uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões, ou seja, banco de dados georreferenciados aliados a técnicas aplicadas a atualização e processamento de dados, bem como a visualização dos seus resultados.

Hamada *et al.* 2007 destaca a funcionalidade do geoprocessamento na integração de dados espaciais e não espaciais, sendo utilizado por diversos órgãos e entidades, tanto públicos quanto privados, dos mais diversos segmentos pois o geoprocessamento é intrinsecamente multidisciplinar, dependendo principalmente do foco daqueles que o usam.

Já para Rosa (2013) o termo geoprocessamento pode ser aplicado ao trabalho de diferentes profissionais que tem como instrumento um conjunto de ferramentas tecnológicas destinadas a aquisição e processamento de dados espaciais (Figura 16) assim como estas diferentes atividades se inter-relacionam.

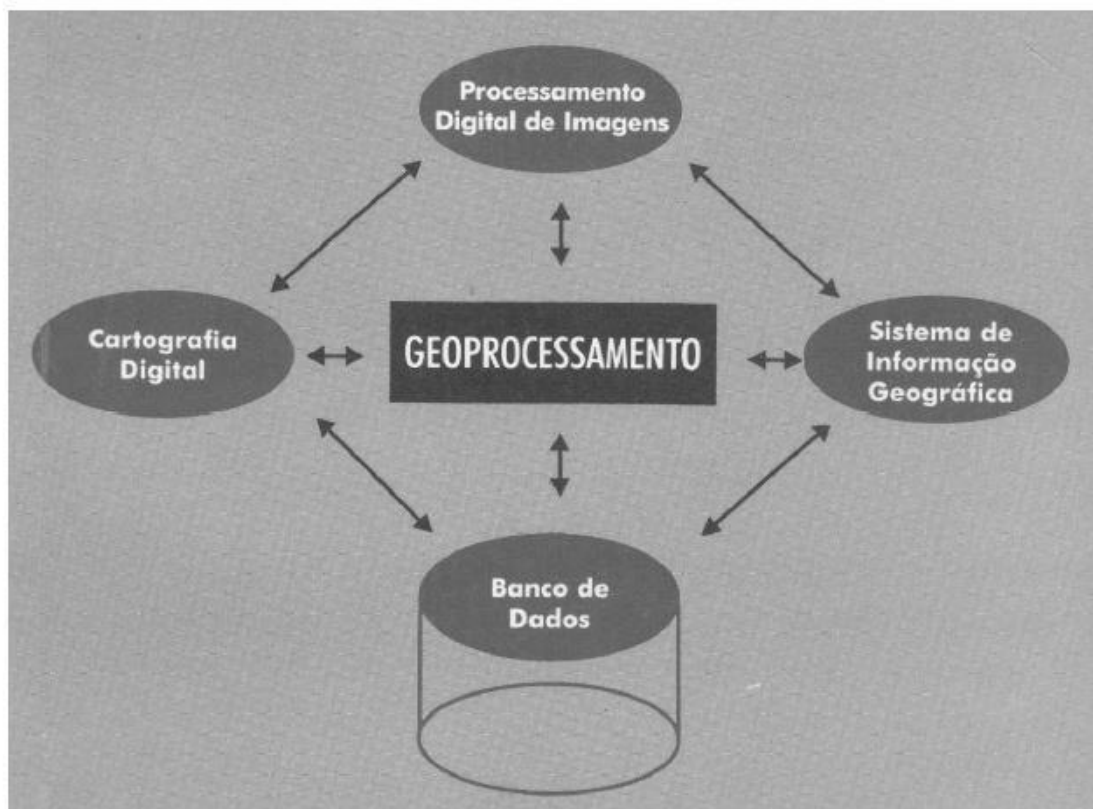


Figura 16: Principais atividades ligadas ao geoprocessamento de acordo com Rosa (2013).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

A fase de aquisição de dados compreende a parte de revisão bibliográfica; pesquisas em anuários e jornais eletrônicos como Gazeta do Povo, Banda B Paraná, G1, Folha de Londrina, dentre outros; solicitação de dados a diferentes entidades como a Defesa Civil, as prefeituras dos municípios alvos do estudo, as concessionárias rodoviárias Arteris Litoral Sul e Ecovia e membros do corpo docente da UFPR que já trabalharam com movimentos de massa e sensoriamento remoto.

A revisão bibliográfica foi constante durante todo o período de execução do projeto, visando coibir erros metodológicos e estabelecer um melhor panorama da área estudada. Dados de pluviometria e movimentos de massa gravitacionais foram solicitados junto a órgãos públicos e privados por meio de ofícios, sendo a solicitação atendida por parte destas entidades.

O sensoriamento remoto estabeleceu as bases para a confecção do banco de dados georeferenciado, para tanto foi utilizado o programa ArcGis 10.8® e o projeto

foi georreferenciado no sistema de coordenadas SIRGAS 2000 Projeção Transversa de Mercator (UTM) 22 S. Em seu propósito de servir ao armazenamento e a análise espacial de dados pluviométricos e de MMGs, foram utilizados os seguintes elementos:

- A Carta Topográfica Matricial CURITIBA (SG-22-X-D) na escala 1:250.000, obtida junto ao Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro (BDGEx) para comparação e validação das curvas de nível de diferentes equidistâncias geradas a partir de imagem SRTM;
- Shapefile de estradas do estado do Paraná do Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná (DER/PR), contendo a malha rodoviária municipal, estadual e federal, para elaboração de figuras e melhor orientação espacial dos dados;
- Shapefile do mapa de solos do Paraná 1:250.000 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) dividido de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006);
- Shapefiles de dados e informações geoespaciais temáticos do Instituto de Água e Terra (IAT), compreendendo dados hidrográficos, geomorfológicos, climáticos e fitogeográficos;
- Shapefiles de limites regionais brasileiros (municipais, estaduais, microrregiões, dentre outros) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para elaboração de mapas e melhor orientação espacial dos dados;
- Relevo sombreado, declividade e SRTM do TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para extração das curvas de nível de 20m, 30m, 50m e 100m de equidistância, além da orientação e análise espacial dos dados;
- Shapefiles de ferrovias, dutovias, hidrovias, dentre outros do Ministério da Infraestrutura (MINFRA) diferentes rotas de acesso a áreas estudada, além de parte do conjunto de infraestruturas que pode ser afetado pelos eventos aqui estudados;
- Conjunto de dados pluviométricos referentes a diversas estações, entidades e períodos (diários, mensais, anuais, dentre outros) disponibilizados online pelo Instituto de Água e Terra (IAT);

- Dados de movimentos de massa gravitacionais e pluviométricos (valores diários) para as cidades de Guaratuba, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul cedidos pela concessionária Arteris Litoral Sul para composição do banco de dados;
- Dados de movimentos de massa gravitacionais para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá constantes no Sistema de Defesa Civil (SISDC) da Defesa Civil;
- Dados de movimentos de massa gravitacionais do Centro de Apoio Científico em Desastres da UFPR (CENACID) para as cidades de Morretes e Antonina disponíveis na própria página da entidade;
- Tabelas de dados de movimentos de massa gravitacionais para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá obtidos através da plataforma SigRisco Paraná, onde são reunidas informações de diversos órgãos como o CEPED/PR e a extinta MINEROPAR;
- Dados de movimentos de massa para as cidades de Guaratuba, Morretes e Paranaguá retirados de diversos meios de comunicação hospedados *online* como Folha de São Paulo, Gazeta do Povo, G1, Bem Paraná, dentre outros;
- *Shapefile* do inventário de cicatrizes de escorregamento e corridas massa produzido por Silveira *et al.* (2014) cedido pelo Prof. Dr. Claudinei Taborda da Silveira do Departamento de Geografia da UFPR.

4.2. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Para esta fase foram utilizados diferentes recursos que compreendem a organização e padronização dos dados que compõem o banco de dados. Os dados de MMGs e estações pluviométricas adquiridos foram organizados em planilhas e tiveram suas informações padronizadas na medida do possível. Também foi feita a padronização do *datum* dos dados obtidos durante a fase anterior, criação de novos shapes, geração de mapas e gráficos, dentre outros.

O *Google Earth Pro*® foi utilizado para definir as coordenadas dos dados de MMGs que possuíam como referência a estrada e a quilometragem em que ocorreram sendo necessário configurar o aplicativo para mostrar as coordenadas no formato UTM. Uma vez que o *Google Earth Pro* não possui a quilometragem das rodovias definida em sua base de pesquisa de endereços foi necessária a localização das

placas que identificavam o quilometro da via através da ferramenta *street view* e a fixação de marcadores (Figura 17).

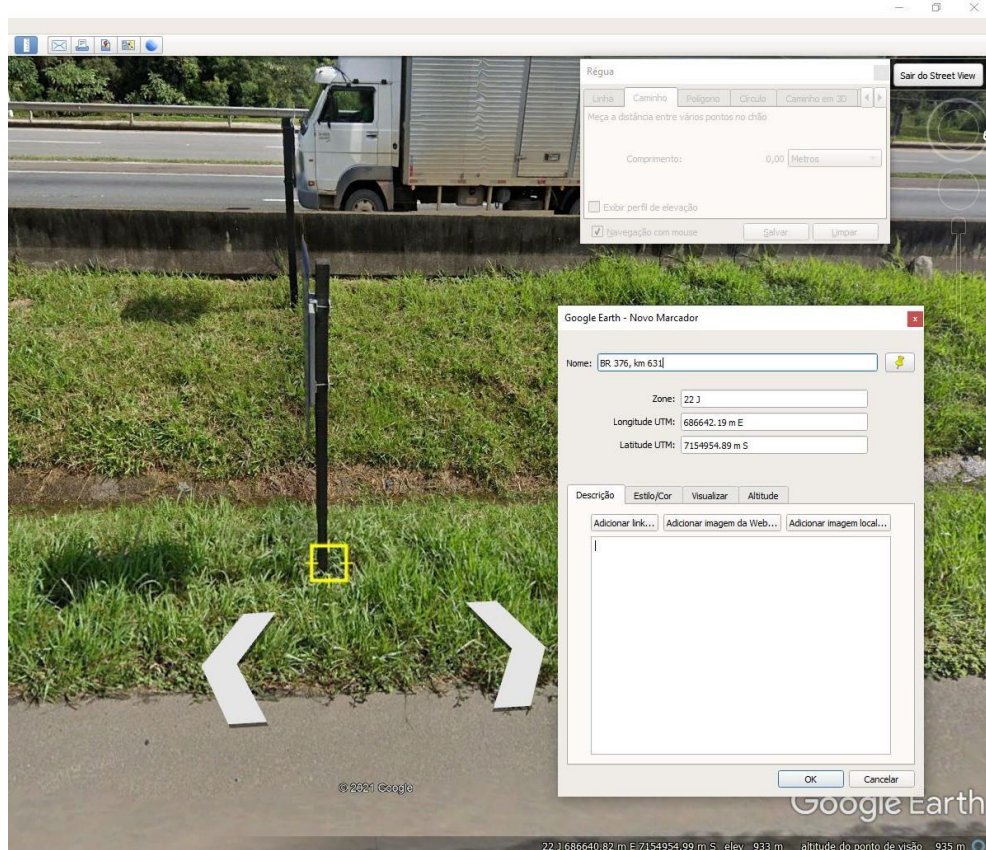


Figura 17: Adição de marcadores no Google Earth Pro para identificação da quilometragem da rodovia.

Após a identificação de diversos marcos quilométricos nas rodovias com ocorrência de MMG, foi utilizada a ferramenta de medição do próprio aplicativo para localizar as coordenadas no ponto correto do deslizamento (Figura 18). Esses dados foram salvos em um arquivo .kmz que será disponibilizado junto ao banco de dados.

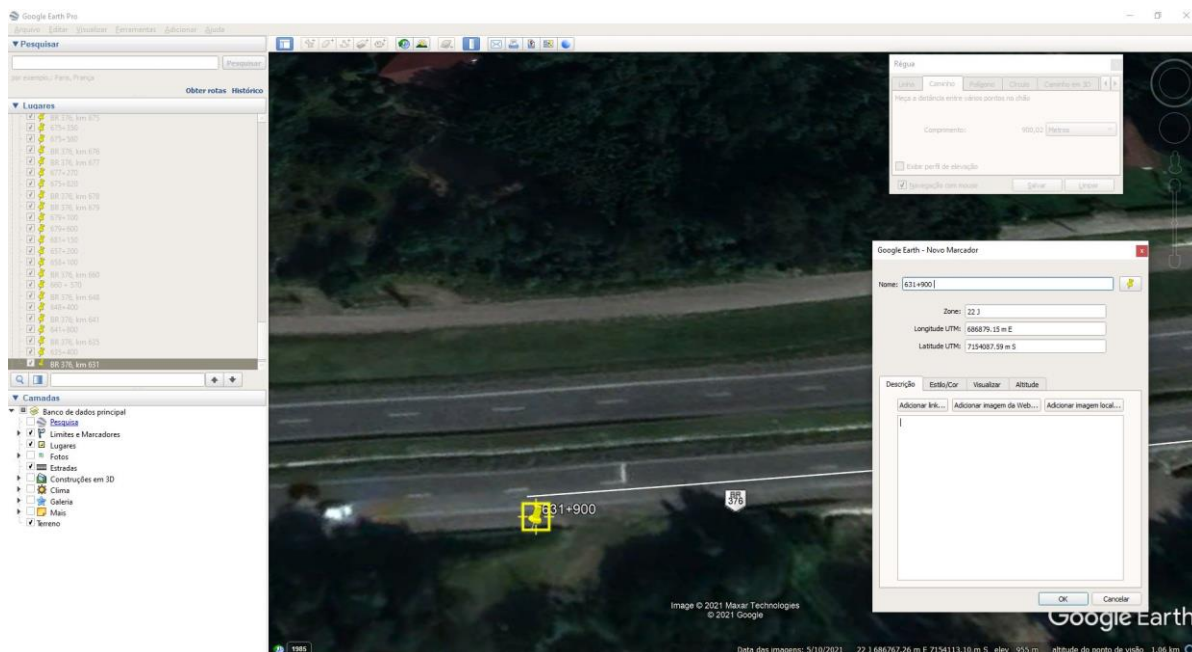


Figura 18: Identificação das coordenadas para o movimento de massa ocorrido no km 631+900 da BR 376. A linha branca observada sobre a BR é resultado da utilização da ferramenta de medição de distancias do próprio Google Earth Pro.

O editor de planilhas *Microsoft Excel*® foi utilizado para organizar os dados pluviométricos e de movimentos de massa. Foram feitas diversas planilhas com diferentes objetivos, como as tabelas “Tabela_Geral_MMGS” e “Tabela_Geral_Estações_Pluviométricas” que concentram o maior número possível de informações relacionadas a estes aspectos. Também foram geradas planilhas específicas para que fossem exportados pontos georreferenciados para o *ArcGIS* bem como para a análises numéricas e produção de gráficos para MMGs, índices pluviométricos e de correlação entre estes dois.

O programa *ArcGIS 10.8*® foi utilizado para a construção do banco de dados, usado para georreferenciar dados, plotagem dos pontos de MMG e dos pluviômetros, e hospedagem de diversos outros recursos com finalidades analíticas. Também foi utilizado para confecção de mapas e outras ilustrações.

A Calculadora Geográfica - DPI/INPE foi utilizada para conversão de coordenadas geográficas em coordenadas UTM com a finalidade de padronizar o sistema de coordenadas tanto dos dados das estações pluviométricas quanto de movimentos de massa.

4.3. MONTAGEM DO BANCO DE DADOS

O banco de dados compreende todos os arquivos citados no tópico anterior, tabelas e *shapes* gerados com a finalidade de análise e modelagem de dados espaciais. Para que os caminhos construídos para este projeto sejam preservados o Banco de dados deve ser salvo na pasta C:\ do computador, ficando com o seguinte endereço C:\Base_de_Dados_MMG_e_Pluviometria_Litoral_do_Parana.

Os dados foram agrupados de acordo com os órgãos ou entidades afim de preservar a autoria destes recursos e facilitar a identificação e atualização do próprio banco de dados no futuro (Figura 19). As tabelas usadas na espacialização e análise dos dados, bem como aquelas que possuem informações complementares foram adicionadas a base de dados visando atualizações futuras.

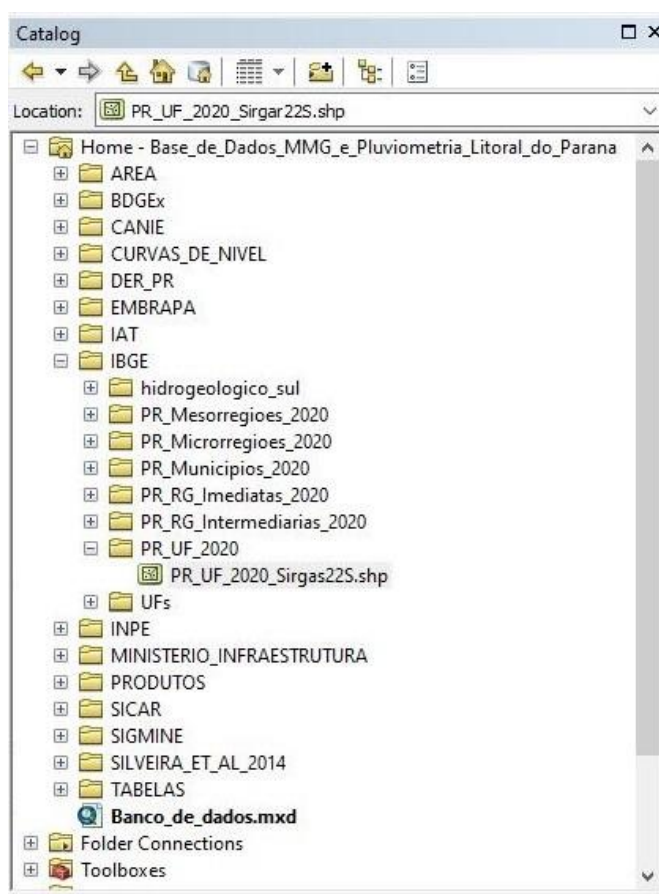


Figura 19: Visualização da organização dos dados a partir do catalog do ArcGIS

Os *shapes* que constituem as bases de visualização dos dados foram, ou deixaram de ser, modificados espacialmente conforme a necessidade. Entende-se que este banco de dados pode ser posteriormente estendido para outras regiões

próximas, portanto a maior parte dos dados se encontra adaptada para visualização a nível estadual, como *shapes* de solo, hidrologia, geomorfologia, dentre outros. Outros recursos, como os *rasters* de relevo sombreado e declividade foram adaptados para visualização nível de área de estudo assim como ativeram alterações no seu *display* para uma melhor visualização (Figura 20).

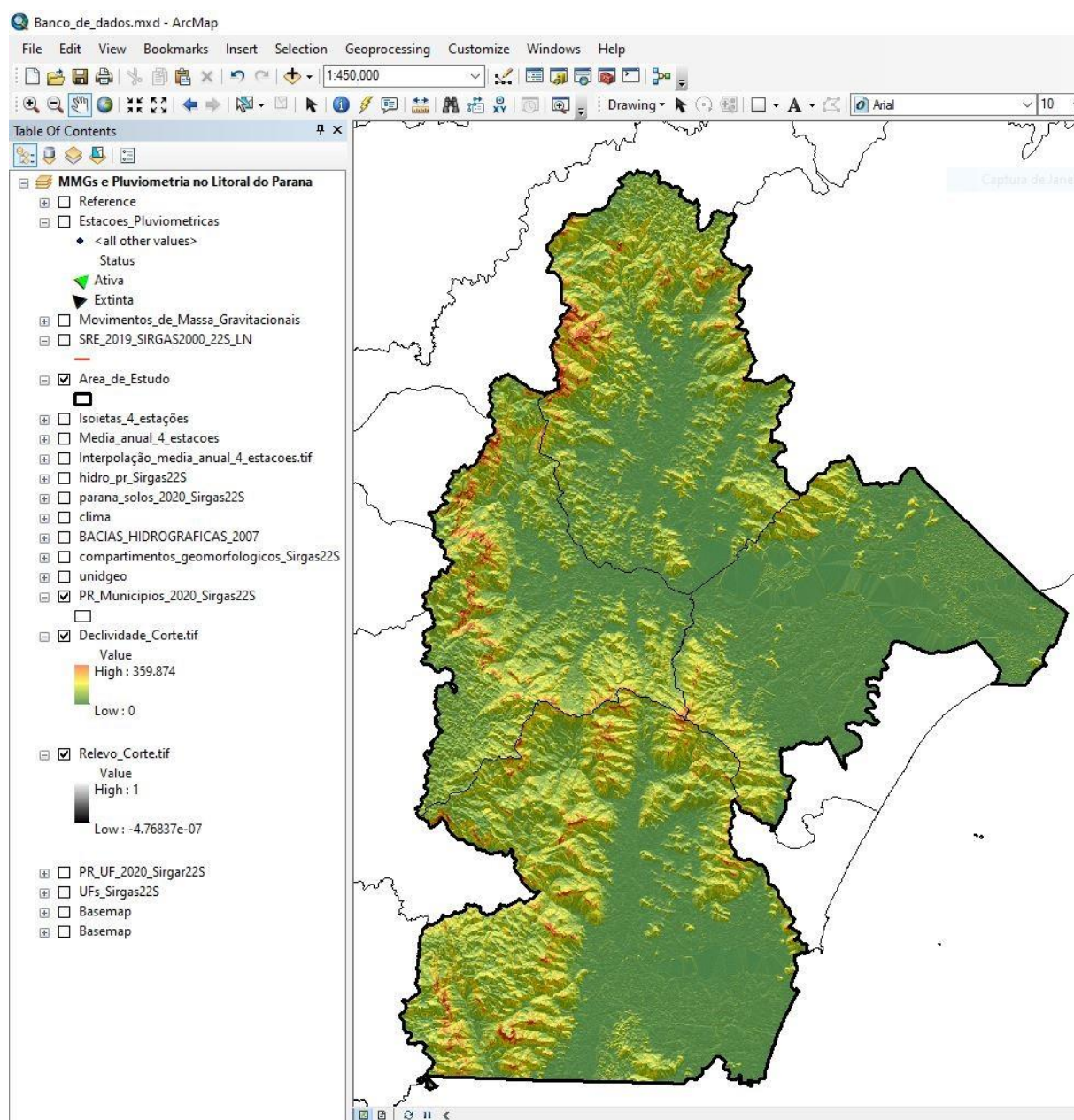


Figura 20: adaptação dos rasters de relevo sombreado e declividade para área de estudo. O raster de declividade foi posto em nível superior ao de relevo sombreado e teve sua transparência ajustada para 40% a fim de melhor visualizar as estruturas da área.

Os dados pluviométricos em si, obtidos junto ao IAT, foram divididos em planilhas de precipitação diária e precipitação mensal para cada estação pluviométrica individual, esses arquivos podem ser acessados pelo usuário na pasta de cada cidade

dentro da pasta TABELAS no banco de dados ou através de *hiperlinks* criados dentro da Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas (Figura 21).

Planilhas Pluviométricas	
Alturas Diárias de Precipitação	Alturas Mensais de Precipitação
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Colonia Cachoeira 2548003.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Colonia Cachoeira 2548003.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Margulhao 2548007.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Margulhao 2548007.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Bairro Alto 2548018.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Bairro Alto 2548018.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Rio do Meio 2548019.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Rio do Meio 2548019.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Antonina 2548022.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Antonina 2548022.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Limoeiro 2548025.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Limoeiro 2548025.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Fazenda Bom Jesus 2548046.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Fazenda Bom Jesus 2548046.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Antonina 2548059.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Antonina 2548059.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Cacatu 2548060.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Cacatu 2548060.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Antonina 2548068.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Antonina 2548068.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Antonina IAPAR 2548070.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Antonina IAPAR 2548070.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Pinguela 2548091.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Pinguela 2548091.xlsx
Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Vila Nova 2548092.xlsx	Antonina\Alturas Mensais de Precipitação Vila Nova 2548092.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação Pedra Branca Araraquara 2548020.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação Pedra Branca Araraquara 2548020.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação Morro Grande 2548035.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação Morro Grande 2548035.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação Cubatao 2548051.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação Cubatao 2548051.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação Guaratuba 2548053.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação Guaratuba 2548053.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação Guaratuba 2548062.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação Guaratuba 2548062.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação UHE Cubatao Canal fuga 2548076.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação UHE Cubatao Canal Fuga 2548076.xlsx
Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação ETE SANEPAR Guaratuba 2548087.xlsx	Guaratuba\Alturas Mensais de Precipitação ETE SANEPAR Guaratuba 2548087.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Morretes 2548000.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Morretes 2548000.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Veu da Noiva 2548002.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Veu da Noiva 2548002.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Sítio Nossa Senhora Lourdes 2548012.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Sítio Nossa Senhora Lourdes 2548012.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Saquarema RFFSA 2548017.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Saquarema RFFSA 2548017.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Prainhas 2548024.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Prainhas 2548024.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Marumbi 2548027.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Marumbi 2548027.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Estacao Experimental 2548038.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Estacao Experimental 2548038.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Sao Joao da Graciosa 2548047.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Sao Joao da Graciosa 2548047.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Pilao de Pedra 2548050.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Pilao de Pedra 2548050.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Morretes SE COPEL 2548075.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Morretes SE COPEL 2548075.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Floresta 2548093.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Floresta 2548093.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Porto de Cima 2548094.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Porto de Cima 2548094.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Marta Sagrado 2548095.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Marta Sagrado 2548095.xlsx
Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Sítio Macete 2548110.xlsx	Morretes\Alturas Mensais de Precipitação Sítio Macete 2548110.xlsx
Paranaguá\Alturas Diárias de Precipitação Paranaguá Rocio 2548005.xlsx	Paranaguá\Alturas Mensais de Precipitação Paranaguá Rocio 2548005.xlsx
Paranaguá\Alturas Diárias de Precipitação Paranaguá 2548010.xlsx	Paranaguá\Alturas Mensais de Precipitação Paranaguá 2548010.xlsx
Paranaguá\Alturas Diárias de Precipitação Alexandra RFFSA 2548016.xlsx	Paranaguá\Alturas Mensais de Precipitação Alexandra RFFSA 2548016.xlsx

Figura 21: Hiperlinks criados dentro da Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas que abrem diretamente os dados diários ou mensais referentes a estação escolhida.

Esta tabela geral, por sua vez, reúne os dados sobre as estações pluviométricas obtidos junto a concessionária rodoviária Arteris Litoral Sul e aos órgãos públicos Instituto de Água e Terra (estadual) e Cemaden (federal), e ao, onde estão sumarizadas as principais características de cada estação e que serve como base para a espacialização dos dados pluviométricos. Também foi ela quem deu origem ao *shapefile* Estacoes_Pluviometricas que por sua vez tem um *hyperlink* com esta tabela permitindo seu acesso ao clicar em qualquer uma das estações pluviométricas especializadas após selecionar o botão *Hyperlink* na barra de ferramenta do *ArcMap* (Figura 22).

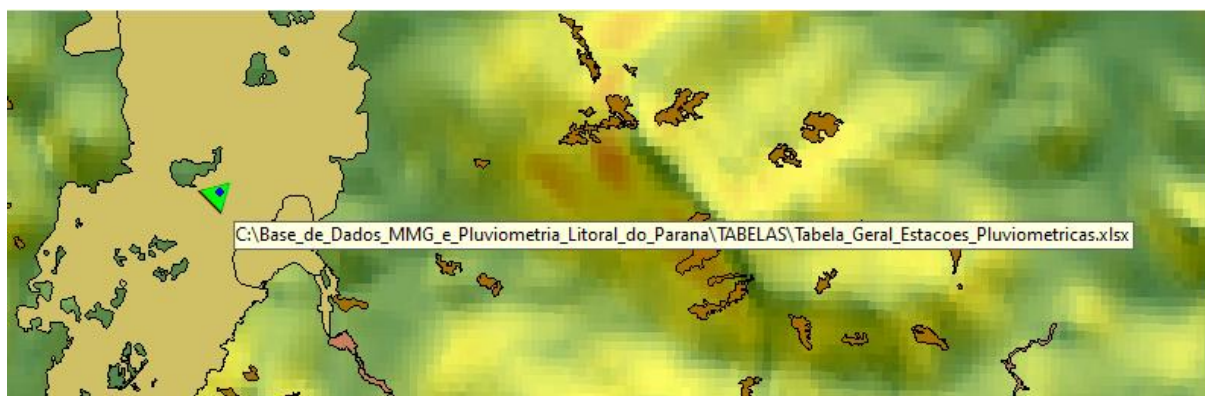


Figura 22: Link para a Tabela_Geral_Estacoes_Pluiometricas. Ao passar o mouse sobre qualquer estação pluviométrica com o botão Hyperlink selecionado o usuário terá a visão ilustrada na figura. Ao clicar a tabela abre automaticamente.

Para realização da análise dos dados pluviométricos optou-se por séries históricas completas, com no mínimo 20 anos de dados e que apresentem medições que cheguem até os dias atuais. Quando mais de uma estação possuir 20 anos de dados, será escolhida de maior abrangência temporal e que também cumpra com os outros dois critérios. Foram desconsiderados os anos hidrológicos incompletos, que geralmente se tratam do ano mais antigo e mais recente medidos pela estação. Por exemplo, uma estação que tenha uma série histórica que se estenda de setembro de 1999 até julho de 2021 será considerada com tendo 20 anos e não 22 anos, uma vez que tanto o primeiro quanto o último anos hidrológicos se encontram incompletos.

A partir destes dados também foram gerados os mapas de interpolação para os valores de precipitação média anual, além da extração das isoietas utilizadas no próximo capítulo para caracterização da precipitação.

Assim como ocorreu com os dados pluviométricos, também na pasta TABELAS do banco de dados, existe um arquivo *Excel* nomeado Tabela_Geral_Movimentos_de_Massa_Gravitacionais onde estão reunidos todos os dados sobre movimentos de massa obtidos junto a Arteris Litoral Sul, SigRisco Paraná, CENACID, Defesa Civil e aqueles retirados de jornais e portais de notícias. Cada evento relacionado possui sua fonte designada e no caso dos dados retirados dos jornais e portais também se encontram discriminados o endereço eletrônico da notícia e a data do último acesso da mesma.

Foram incluídos na tabela dados de MMGs que possuíssem informações mínimas de localização e data de ocorrência, mesmo que de forma abrangente, pois

ainda são dados passíveis de serem visualizados dependendo da necessidade e dos parâmetros adotados pelo usuário. Dados de escorregamentos que não possuíam nenhuma informação sobre uma ou ambas as características citadas, foram descartados.

Somado as coordenadas UTM, eventos que ocorreram próximos a ruas e estradas têm referenciados o endereço com número ou quilômetro, sendo também informado se houve interrupção total/parcial da pista ou se não houve interrupção. A localização destes eventos específicos também pode ser visualizada em um arquivo .kmz que se encontra na pasta PRODUTOS do banco de dados. Apesar de haverem datas completas disponíveis para os movimentos de massa (dia/mês/ano), também foram criadas colunas específicas na tabela contendo apenas o mês ou ano de ocorrência dos eventos, com o objetivo de favorecer a visualização de eventos que aconteceram em períodos específicos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as contribuições resultantes da reunião e organização do banco de dados, para além do banco de dados em si. O capítulo se encontra dividido em três tópicos: Aplicação do Banco de Dados; Análise da Precipitação e Análise do Dados de Movimentos de Massa Gravitacionais.

No primeiro tópico será feita uma demonstração da utilização do banco de dados por meio do programa ArcGIS e também serão feitas considerações sobre o uso do banco de dados em outros programas SIG e *Google Earth*. Nos tópicos seguintes, será feita a análise da precipitação dos dados de movimentos de massa na área de estudo utilizando os dados extraídos do banco de dados.

O banco de dados está disponível para acesso público através de uma pasta no *Google Drive* através do link <https://drive.google.com/drive/folders/1jLoiym2fYl6Qop0BfctAgSVo6ULqHCb6?usp=sharing>. Neste link se encontra duas pastas, uma em que se encontram as tabelas confeccionadas e os arquivos de visualização no formato .shp (*shapefile*) e outra em que se encontram as mesmas tabelas, porém com os arquivos de visualização no formato .kmz para poderem ser observados no *Google Earth*.

5.1. APLICAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Para utilização do banco de dados com arquivos .shp é preciso baixar a pasta de arquivos “Base_de_Dados_MMG_e_Pluviometria_Litoral_do_Parana” e salvá-la na pasta C:\ do computador, de modo que o endereço da pasta no explorador de arquivos seja “C:\Base_de_Dados_MMG_e_Pluviometria_Litoral_do_Parana”, isso vai ser necessário para o funcionamento dos hiperlinks associados as camadas de estações pluviométrica e movimentos de massa. Esse passo é opcional para usuários que estejam visualizando os dados .kmz a partir do *Google Earth*, uma vez que não foi possível inserir hiperlink nestes dados.

Um projeto base em ArcGIS já configurado para rodar imediatamente, desde que os arquivos estejam salvos no local certo, acompanha o banco de dados. Porém como nem todos os usuários do banco de dados utilizam este programa SIG necessariamente, são discriminados aqui o passo a passo para configurar o SIG. Os processos aqui referidos tem como base o ArcGIS, outros programas podem ter caminhos diferentes, mas as mesmas configurações podem ser aplicadas.

Após os arquivos estarem salvos no local correto podem ser carregados no programa SIG de preferência do usuário. Assim que for aberto um novo projeto é necessário configurar o caminho base para que os hiperlinks funcionem. No caso do *ArcGIS*, isso pode ser feito acessando “File” > “Map Document Properties” e no campo “Hyperlink base” inserir o caminho “C:\Base_de_Dados_MMG_e_Pluviometria_Litoral_do_Parana\TABELAS” sem as aspas (Figura 23).

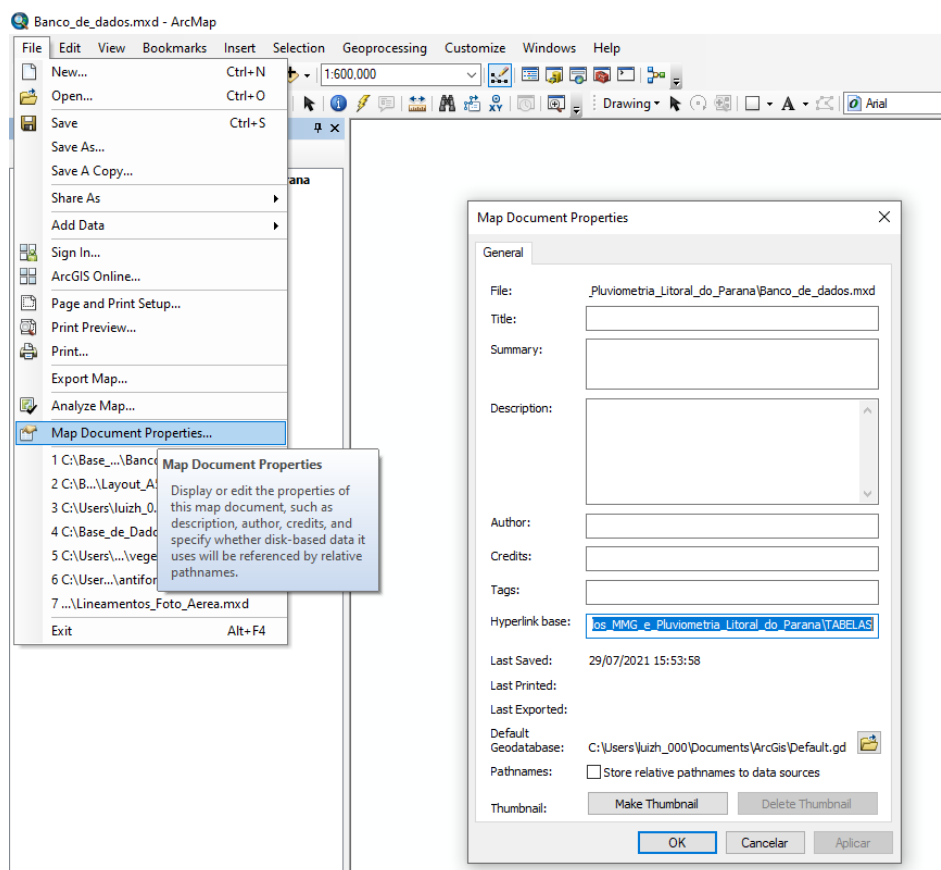


Figura 23: Visualização das instruções para configurar o caminho base para o funcionamento dos hiperlinks.

As diversas camadas disponíveis no banco de dados, sejam elas criadas no âmbito deste projeto ou adquiridas de terceiros, foram projetadas para o *datum* Sirgas 2000 UTM Zone 22 S, para uma visualização correta dos dados geográficos é preciso definir o mesmo sistema de coordenada para o *data frame*.

No ArcGIS ainda é necessário criar uma conexão entre o programa e o banco de dados. Primeiro é necessário abrir o “Catalog” e selecionar “Connect To Folder” (Figura 24), então o usuário deve selecionar a pasta do banco de dados para esta ficar disponível.

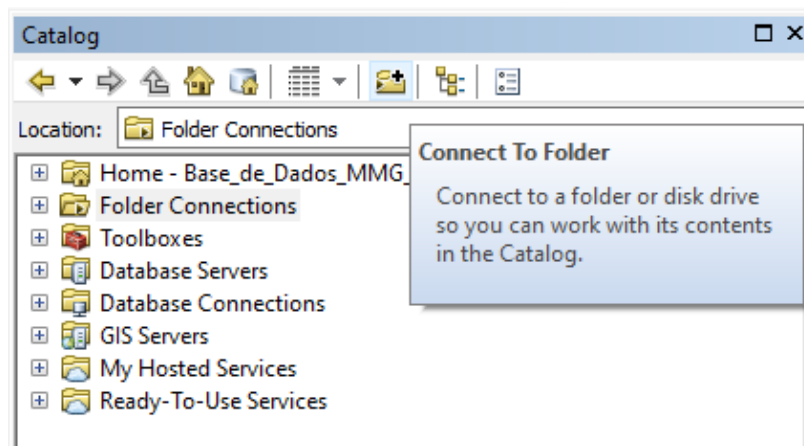


Figura 24: Indicação do botão utilizado para criar uma conexão entre o ArcGIS e o banco de dados salvo no computador.

Será então necessário adicionar as camadas de pontos Estacoes_Pluviometrica e Movimentos_de_Massa_Gravitacionais e nas propriedades das camadas, na aba "Display" habilitar a função de hiperlink e selecionar o campo da tabela de atributos no qual ele está inserido "Link_Tabel" (Figura 25). A partir de então o usuário pode buscar no banco de dados as camadas que lhe são mais interessantes.

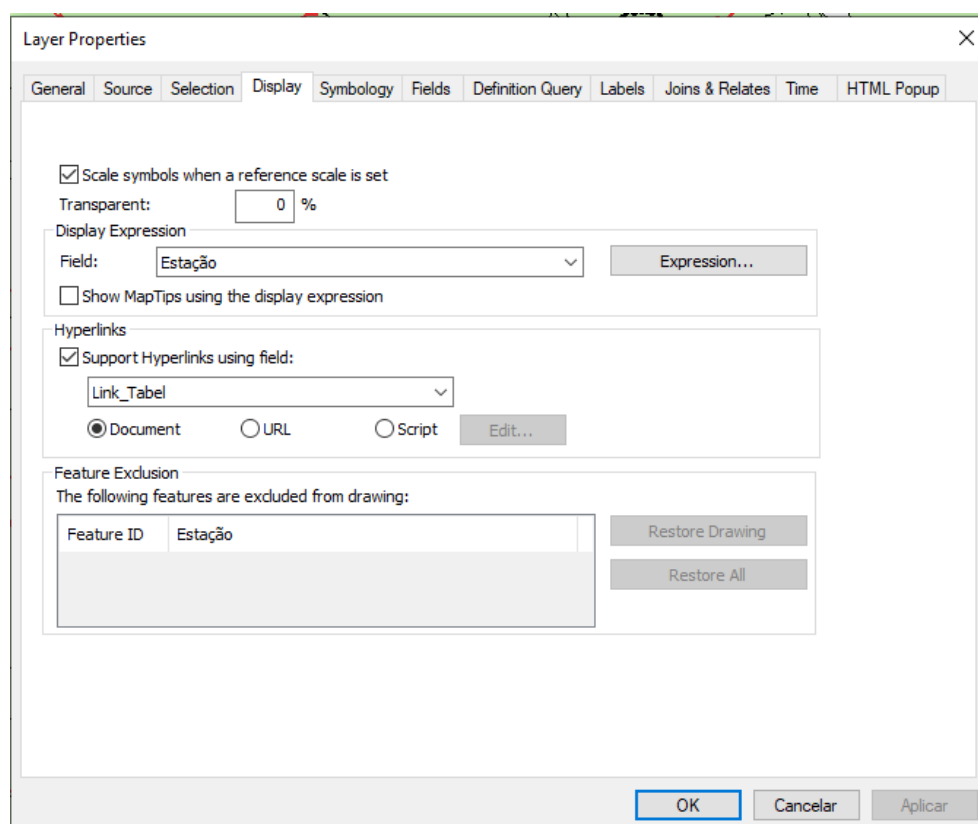


Figura 25: Localização da aba "Display" nas propriedades da camada onde é admitido o uso de hiperlinks na interface do ArcGIS.

Como exemplo, a Figura 26 mostra um mapa da disposição espacial dos dados de estações pluviométricas que constam no banco de dados e que servira de ponto de partida para exemplificar o funcionamento do banco de dados. Será então mostrado o caminho feito para se chegar nos dados utilizados na análise da precipitação por meio do programa ArcGIS.

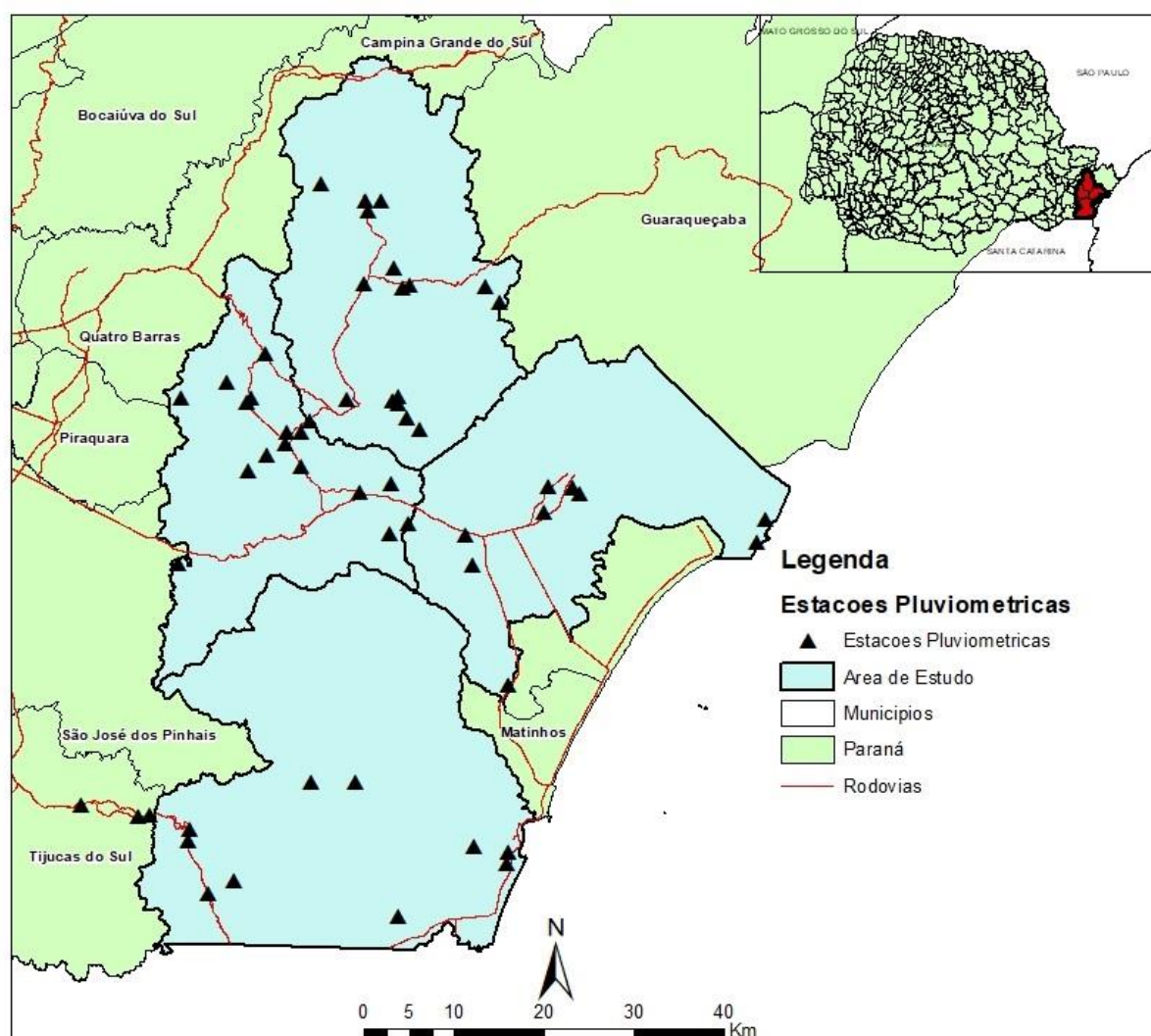


Figura 26: Mapa da distribuição das estações pluviométricas na área de estudo.

Para realização da análise da precipitação com base nos critérios estabelecidos no capítulo de Materiais e Métodos, primeiro foi utilizada a ferramenta de seleção do SIG na camada “Estacoes_Pluviometricas” para identificar quais estações estão em funcionamento na área de estudo (Figura 27), sendo que o sistema reportou 32 estações ativas.

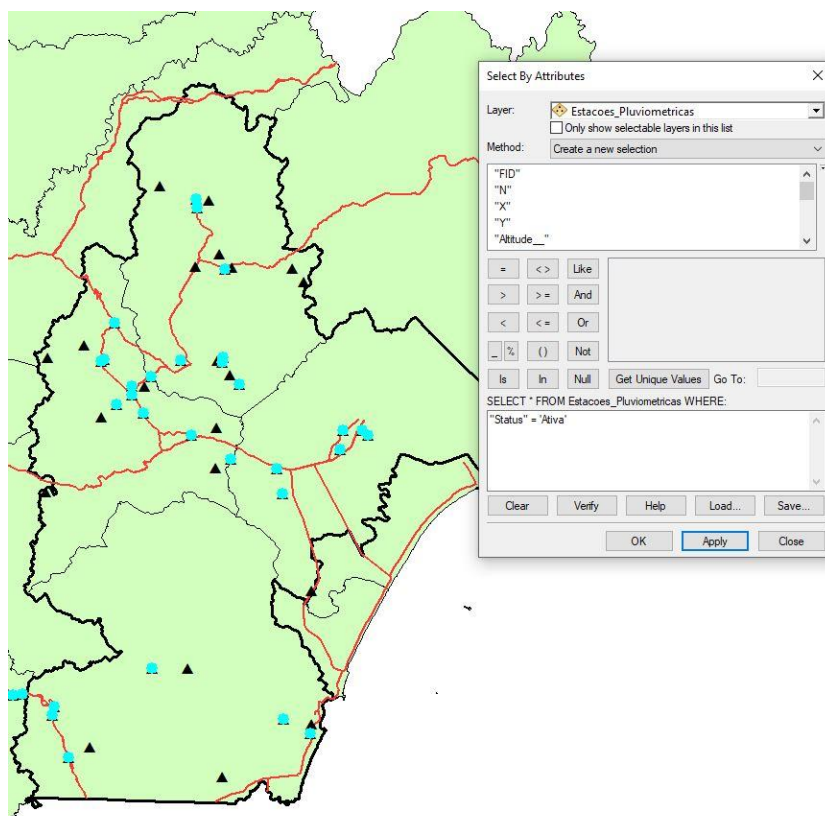


Figura 27: Estações pluviométrica apontadas como ativas após uso da ferramenta de seleção no SIG.

Os dados das estações reportadas foram então observados na tabela de atributos da camada com a intenção de identificar quais daquelas estações atendiam aos critérios estabelecidos (Figura 28). A tabela de atributos da camada armazena diversas informações de cada estação individual, tais como: coordenadas (X, Y e, quando disponível a informação, Z), código, nome, status de atividades, data de instalação, data de extinção, município em que está localizada e a entidade a qual a estação pertence.

FID	Shape *	N	X	Y	Altitude	Código	Estação	Status	Instalaç	Extinção	Município	Entidade_R
0	Point	1	726605.04401	7207294.611252	80	2548003	COLONIA CACHOEIRA	Ativa	01/05/1946	<Null>	Antonina	ANA
9	Point	10	724555.82487	7185165.10154	74	2548068	ANTONINA	Ativa	07/06/1974	<Null>	Antonina	AGUASPARANA
11	Point	12	726838.901374	7206213.289525	10	2548091	PINGUELA	Ativa	20/11/2012	<Null>	Antonina	AGUASPARANA
12	Point	13	730668.205221	7197652.144087	20	2548092	VILA NOVA	Ativa	01/04/2009	<Null>	Antonina	COPEL
16	Point	17	738619.462792	7135631.531461	20	2548053	GUARATUBA	Ativa	04/06/1974	<Null>	Guaratuba	AGUASPARANA
18	Point	19	720496.32758	7142720.631871	10	2548076	UHE CUBATÃO - CANAL FUGA	Ativa	17/07/1996	<Null>	Guaratuba	AGUASPARANA
19	Point	20	742343.117934	7133654.460616	5	2548087	ETE SANEPAR - GUARATUBA	Ativa	12/01/2007	<Null>	Guaratuba	AGUASPARANA
20	Point	21	717816.510988	7181551.655868	8	2548000	MORRETES	Ativa	01/08/1938	<Null>	Morretes	ANA
26	Point	27	719404.190999	7177831.828774	59	2548038	ESTAÇÃO EXPERIMENTAL	Ativa	01/11/1965	<Null>	Morretes	JAPAR
27	Point	28	715413.160363	7190240.129342	88	2548047	SÃO JOÃO DA GRACIOSA	Ativa	06/06/1974	<Null>	Morretes	AGUASPARANA
30	Point	31	731390.487341	7171441.883031	50	2548093	FLORESTA	Ativa	20/04/2011	<Null>	Morretes	AGUASPARANA
31	Point	32	713880.575157	7185308.864845	10	2548094	PORTO DE CIMA	Ativa	01/12/2011	<Null>	Morretes	AGUASPARANA
32	Point	33	726030.869734	7174858.50441	14	2548095	MARTA - SAGRADO	Ativa	16/04/2013	<Null>	Morretes	COPEL
33	Point	34	720465.351014	7182893.514019	15	2548110	SITIO MACETE	Ativa	04/12/2015	<Null>	Morretes	AGUASPARANA
35	Point	36	749534.938401	7175455.946661	5	2548010	PARANAGUÁ	Ativa	01/01/1910	<Null>	Paranaguá	INMET
36	Point	37	737734.342939	7170129.596977	10	2548016	ALEXANDRA (RFFSA)	Ativa	01/03/1939	<Null>	Paranaguá	RFFSA
38	Point	40	738512.27903	7166790.696293	32	2548049	COLONIA SANTA CRUZ	Ativa	06/06/1974	<Null>	Paranaguá	AGUASPARANA
42	Point	43	695006.01	7140227.38	841	0	KM 652+900	Ativa	<Null>	<Null>		ARTERISLITORALSUL
43	Point	44	701312.92	7138981.85	817	0	KM 660+570	Ativa	<Null>	<Null>		ARTERISLITORALSUL
44	Point	45	702698	7139050	788	0	KM 662+000	Ativa	<Null>	<Null>		ARTERISLITORALSUL
45	Point	46	707057.44	7137402.03	550	0	KM 667+900	Ativa	<Null>	<Null>		ARTERISLITORALSUL
46	Point	47	706863.75	7136216.59	484	0	KM 669+300	Ativa	<Null>	<Null>		ARTERISLITORALSUL
47	Point	48	709067	7130355.9	192	0	KM 676+800	Ativa	01/01/2015	<Null>	Guaratuba	ARTERISLITORALSUL
48	Point	49	730313.381006	7185571.301377	0	0	Centro	Ativa	<Null>	<Null>	Antonina	CEMADEN
49	Point	50	732563.9167	7181875.212427	0	0	Rua Professora Otília Ferrarini	Ativa	<Null>	<Null>	Antonina	CEMADEN
50	Point	51	730199.460608	7184797.489924	0	0	Jardim Maria Luiza	Ativa	<Null>	<Null>	Antonina	CEMADEN
51	Point	52	713498.413504	7184962.991366	0	0	Parque Breckenfeld	Ativa	<Null>	<Null>	Morretes	CEMADEN
52	Point	53	717750.137697	7180351.211307	0	0	Vila dos Ferroviários	Ativa	<Null>	<Null>	Morretes	CEMADEN
53	Point	54	715616.93391	7179055.982006	0	0	América de Baixo	Ativa	<Null>	<Null>	Morretes	CEMADEN
54	Point	55	746482.232313	7172759.239893	0	0	Vila do Povo	Ativa	<Null>	<Null>	Paranaguá	CEMADEN
55	Point	56	750341.532947	7174793.389382	0	0	Ponta do Cajú	Ativa	<Null>	<Null>	Paranaguá	CEMADEN
56	Point	57	746935.54168	7175521.83133	0	0	Padre Jackson	Ativa	<Null>	<Null>	Paranaguá	CEMADEN

Figura 28: Tabela de atributos da camada Estacoes_Pluviometricas onde são identificadas as estações selecionadas.

Foi então observada a coluna “instalação” na tabela para identificar quais estações possuem as séries históricas mais longas. A princípio foram selecionadas 10 estações: Paranaguá, Morretes, Alexandra, Colônia Cachoeira, Estação Experimental, Guaratuba, São João da Graciosa, Colônia Santa Cruz, Antonina e UHE Cubatão – Canal Fuga. Neste ponto foi acessada a Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas, através do hiperlink atribuído a todas as estações pluviométricas projetadas espacialmente SIG.

Caso o usuário esteja visualizando os dados .kmz no *Google Earth* o hiperlink não estará disponível, mas a tabela também pode ser acessada pelo explorador de arquivos do computador, a Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas se encontra na pasta TABELAS no banco de dados, caso o usuário tenha optado por salvar os dados na pasta C:\, a tabela abrirá automaticamente ao colar este endereço “C:\Base_de_Dados_MMG_e_Pluviometria_Litoral_do_Parana\TABELAS\Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas.xlsx” na barra de endereço do explorador de arquivos.

Na Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas se encontram os hiperlinks para as tabelas de dados pluviométricos diários e mensais de cada estação (Figura 29). Foram então conferidos os dados pluviométricos das 10 estações previamente selecionadas para decidir quais poderiam ser utilizadas.

Coordenadas	Altitude (m)	Código	Estação	Status	Instalação	Extinção	Município	Outras Informações	Planilhas
7207295	80,0	2548003	COLÔNIA CACHOEIRA	Ativa	01/05/1946		Antonina		Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Colônia Cachoeira 2548003.xlsx
7185165	74,0	2548068							Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Antonina 2548068.xlsx
7206213	10,0	2548091							Antonina\Alturas Diárias de Precipitação Vila Nova 2548091.xlsx
7197652	20,0	2548092							Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação Guaratuba 2548092.xlsx
7133632	20,0	2548053							Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação UHE Cubatão Canal Fuga 2548053.xlsx
7142721	10,0	2548076							Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação UHE Cubatão Canal Fuga 2548076.xlsx
7133654	5,0	2548067							Guaratuba\Alturas Diárias de Precipitação ETE SANEPAR Guaratuba 2548067.xlsx
7181552	8,0	2548000							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Morretes 2548000.xlsx
7177832	59,0	2548038							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Estação Experimental 2548038.xlsx
7190240	88,0	2548047							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação São João da Graçiosa 2548047.xlsx
7171442	50,0	2548093							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Floresta 2548093.xlsx
7185309	10,0	2548094							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Porto de Cima 2548094.xlsx
7174859	14,0	2548095							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação Santa Sagrada 2548095.xlsx
7182894	15,0	2548110							Morretes\Alturas Diárias de Precipitação São João da Graçiosa 2548110.xlsx
7175456	5,0	2548010							Paranaguá\Alturas Diárias de Precipitação Paranaguá 2548010.xlsx
7170130	5,0	2548016							Paranaguá\Alturas Diárias de Precipitação Alexandra RFFSA 2548016.xlsx
7166791	32,0	2548049							Paranaguá\Alturas Diárias de Precipitação Colônia Santa Cruz 2548049.xlsx

Alturas diárias de precipitação (mm)												
Estação: COLÔNIA CACHOEIRA		Código: 2548003	Instalação: 01/05/1946		Extinção:		Município: Antonina		Altitude: 80,00 m		Latitude: 25° 13' 59"	
Tipo: P		Bacia: Litórea	Sub-bacia: 1		Longitude: 49° 48' 00"							
DA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SET	OCT	NOV	DEZ
11	-	-	-	-	-	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	19,8	0,0
14	-	-	-	-	-	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	-	-	-	-	-	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	-	-	-	-	-	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	-	-	-	-	-	0,0	0,0	5,2	11,4	6,3	0,0	17,8
18	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	24,6	2,3
19	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	6,3
20	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	4,0	
21	11	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
22	10	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0
23	13	-	-	-	-	0,0	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2
24	14	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0
25	18	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8
26	16	-	-	-	-	0,0	20,8	0,0	25,5	6,8	0,0	0,0
27	17	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	4,8	12,2	0,0	0,0
28	18	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Figura 29: Tabela dos valores de precipitação diária para estação Colônia Cachoeira, aberta através de hiperlink na Tabela_Geral_Estacoes_Pluviometricas.

Por fim escolhidas as estações pluviométricas Antonina (07/06/1974 – hoje), São João da Graciosa (06/06/1974 – hoje) e Colônia Santa Cruz (06/06/1974 – hoje) para ilustrar a precipitação das cidades de Antonina, Morretes e Paranaguá respectivamente, todas com séries de 45 anos e a estação Uhe Cubatão – Canal Fuga (17/07/1996 – hoje) para o município de Guaratuba, com série histórica de 23 anos.

Além dos motivos já citados, também foi considerado o fato de estas estações escolhidas para representar as cidades Antonina, Morretes e Paranaguá serem “irmãs”, pois pertencerem a uma única entidade (Águas Paraná) e foram instaladas com apenas um dia de diferença, possuindo séries históricas de igual tamanho. No caso de Guaratuba, apesar de a cidade possuir uma estação “irmã” daquelas utilizadas nas outras cidades, a série histórica da mesma possui uma lacuna de informação entre o final do ano de 1992 e o começo do ano de 1999, inviabilizando seu uso.

Os gráficos e tabelas gerados para as análises feitas no próximo tópico foram feitos no *Excel*, diretamente nas tabelas que possuem os valores de precipitação diária e mensal das estações selecionadas.

5.2. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO

A local de ocorrência de um evento pluviométrico se dá com base na espacialização da estação que mediu este determinado evento, ou seja, um dado pluviométrico está sempre ancorado a estação que fez sua leitura e quaisquer análises de dados subsequente deve partir deste princípio. Por este motivo são especializados os dados das estações pluviométricas e não da precipitação em si, estes só apresentam dimensão espacial pela interpolação dos dados de diferentes estações.

Foram encontrados dados de um total de 54 estações pluviométricas na área de estudo, dentre estas 29 se encontram ativas e 25 foram extintas (Gráfico 1). Ainda de acordo com os dados cadastrais a estação PARANAGUÁ (2548010), da cidade de Paranaguá, possui a maior série histórica, inaugurada em 01/01/1910 sendo que a estação continua ativa (111 anos), enquanto a estação GUARATUBA (2548062), da cidade de Guaratuba, apresenta a série mais curta, sendo inaugurada em 01/10/1948 e extinta em 30/06/1952 (3 anos, 8 meses).

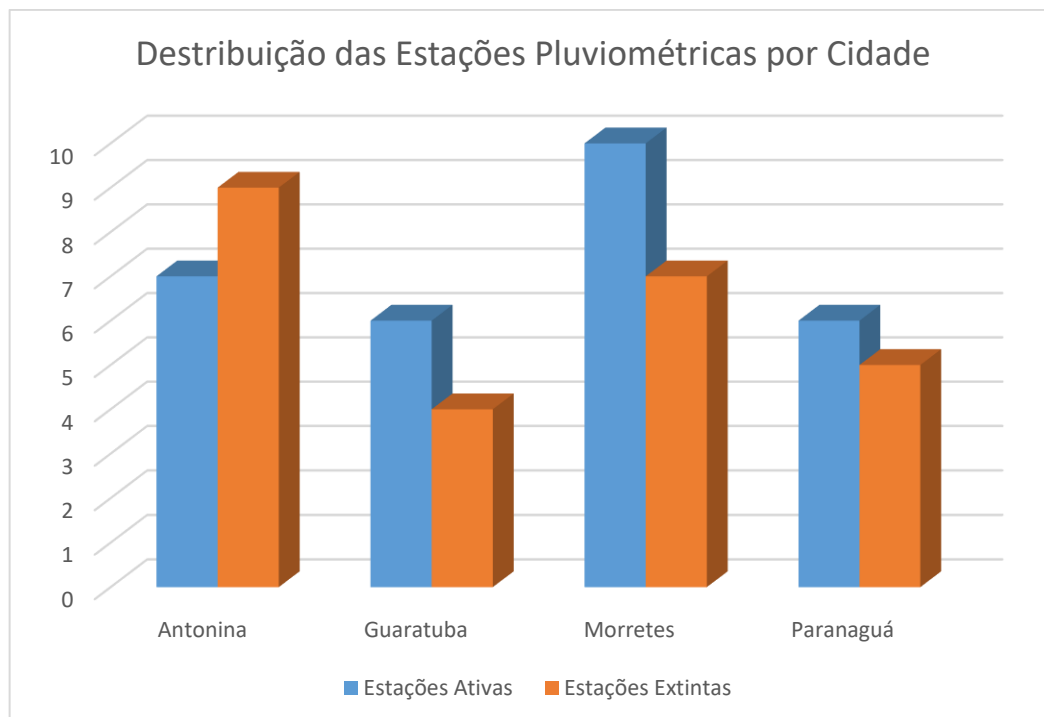


Gráfico 1: Distribuição das estações pluviométricas por cidade da área de estudo.

A partir das estações definidas no tópico anterior foram construídos histogramas para uma melhora análise dos dados da área. Os principais dados obtidos se encontram resumidos na Tabela 2.

Tabela 2: Compilação dos principais parâmetros pluviométricos obtidos para área de estudo.

Cidade	Antonina	Guaratuba	Morretes	Paranaguá
Nome da Estação	Antonina	UHE Cubatão - Canal Fuga	São João da Graciosa	Colônia Santa Cruz
Código	2548068	2548076	2548047	2548049
Série Pluviométrica (Anos)	45 anos	24 anos	45 anos	45 anos
Média pluviométrica anual	2036.1mm	1971.56mm	2682.74mm	2077.13mm
Maior média pluviométrica registrada (anual)	2976.9mm (1998)	3150.3mm (1998)	3467.6mm (1990)	2992.6mm (2008)
Menor média pluviométrica registrada (anual)	1417.3mm (1978)	1405.4mm (2006)	1830.5mm (1978)	1401.2mm (1992)
Meses com maiores médias pluviométricas (cresc.)	Jan Fev Mar Dez	Jan Fev Mar Dez	Jan Fev Mar Dez	Jan Fev Mar Dez
Anos com maiores médias pluviométricas (cresc.)	1998 1983 2011	1998 2008 2015	1990 1983 2010	2008 2010 2015
Média de dias de chuva (anual)	180	169	183	141
Anos com menos dias de chuva (dias/ano)	123 (2020)	177 (2012)	114 (1991)	89 (1992)
Ano com mais dias de chuva (dias/ano)	227 (1996)	217 (2015)	244 (1983)	195 (2008)

Avaliando os dados de precipitação média anuais (Gráficos 2, 3, 4, e 5), nota-se uma grande variabilidade nos valores, a diferença entre o ano de maior e menor média para as cidades da área de estudo varia de 1560mm a 1745mm. Os maiores

valores de precipitação média anual obtidos para Antonina, Guaratuba Morretes e Paranaguá foram 2976.9mm, 3150.3mm, 3467.6mm e 2992.6mm respectivamente, já os menores foram de 1417.3mm, 1405.4mm, 1830.5mm, 1401.2mm.

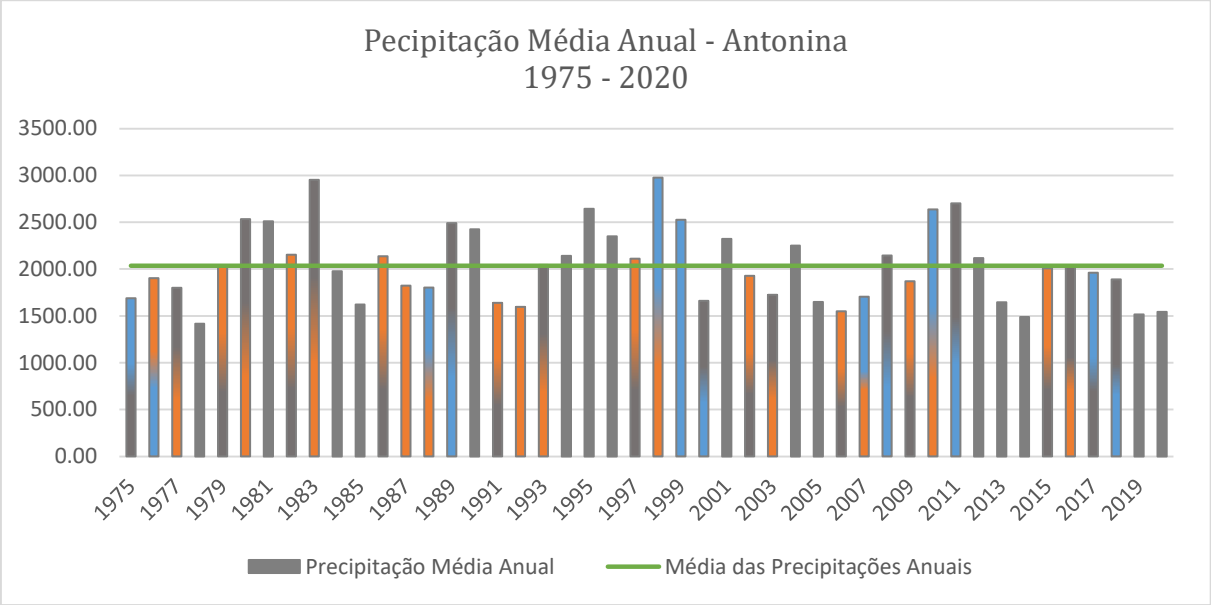


Gráfico 2: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Antonina.

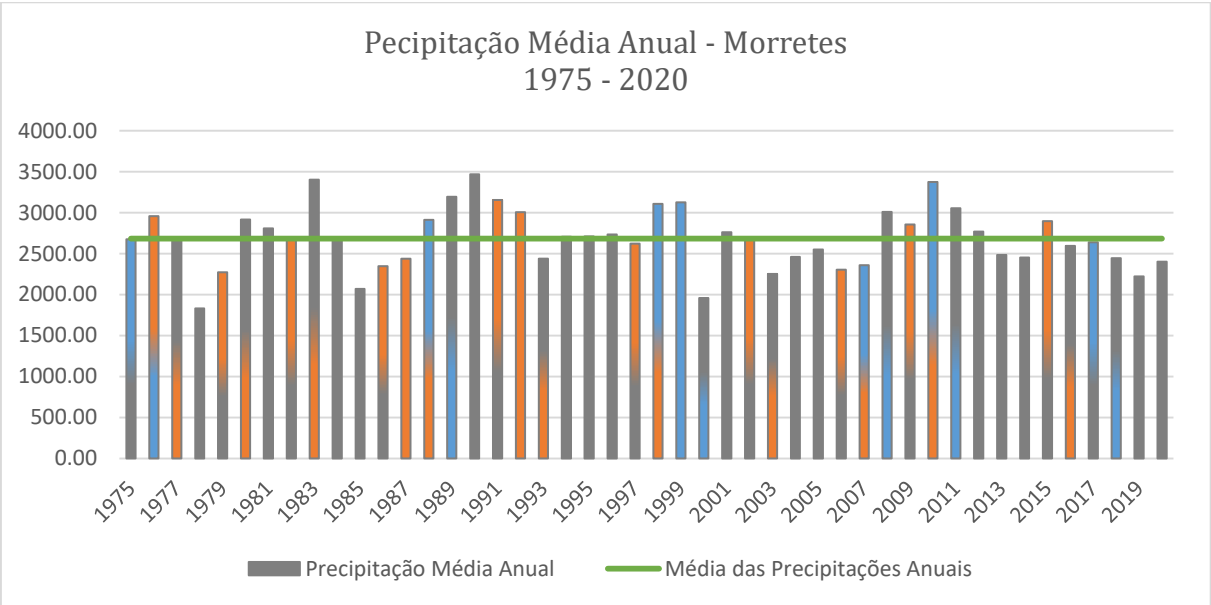


Gráfico 3: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Morretes.

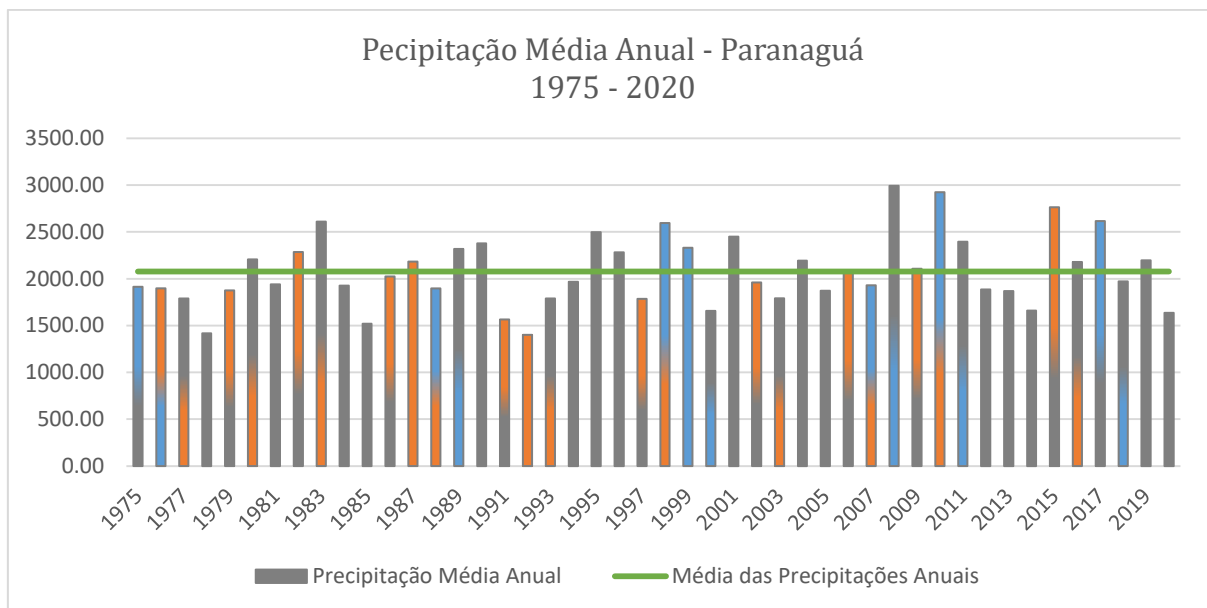


Gráfico 4: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Paranaguá.

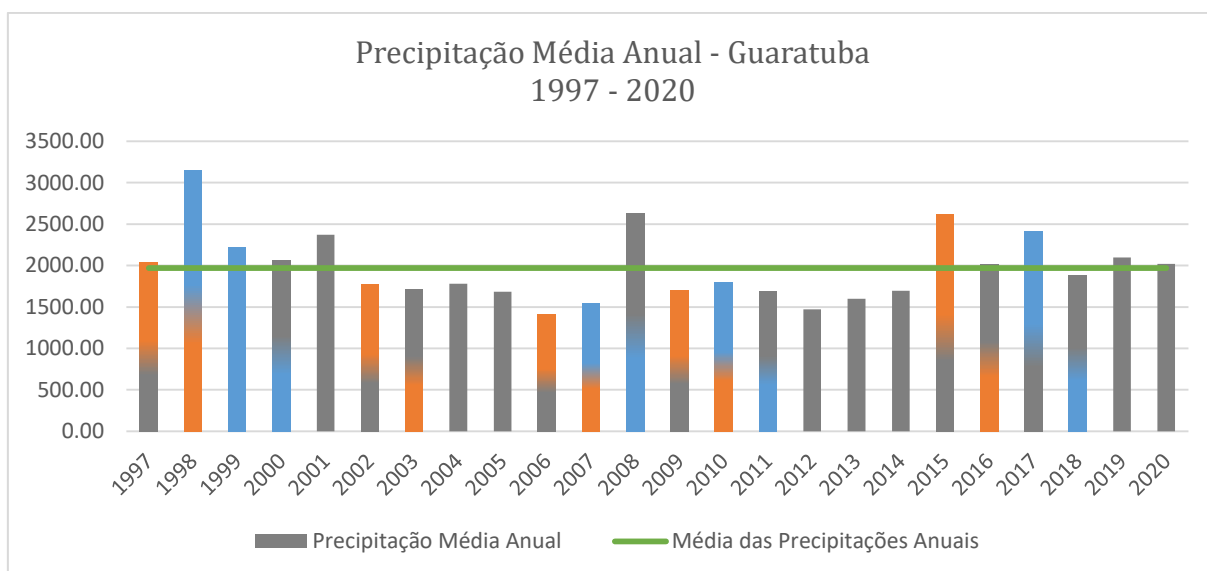


Gráfico 5: Distribuição da precipitação média anual para a cidade de Guaratuba.

Nos gráficos de precipitação média anual as barras foram coloridas de acordo com a ocorrência dos fenômenos *La Niña* e *El Niño* relatadas na página do INPE (2021). Os eventos são calculados considerando o período de agosto de um ano a julho do outro, de modo que no gráfico foi convencionado que a base da barra equivale ao começo para facilitar o entendimento do sistema de cores. Isso implica em as cores que representam a ocorrência do fenômeno começarem e terminarem na metade de cada barra. Após análise dos gráficos não foi observada nenhuma relação direta clara de que a ocorrência dos fenômenos tenha alguma ligação com anos que possuem chuvas muito acima ou muito abaixo da média.

Já analisando as cidades individualmente verificou-se que as quatro cidades alvo apresentam histogramas muito semelhantes, mesmo considerando a distância entre as estações utilizadas e o fato de Guaratuba possuir uma série histórica mais curta analisada. Em todas as cidades os maiores volumes de chuva concentrados no período do verão com dezembro, março, fevereiro e janeiro como meses de maior precipitação respectivamente (Gráficos 6, 7, 8 e 9). Já os e os menores valores ocorrem no período do inverno, tendo maio, julho, junho e agosto os meses de menor precipitação respectivamente.

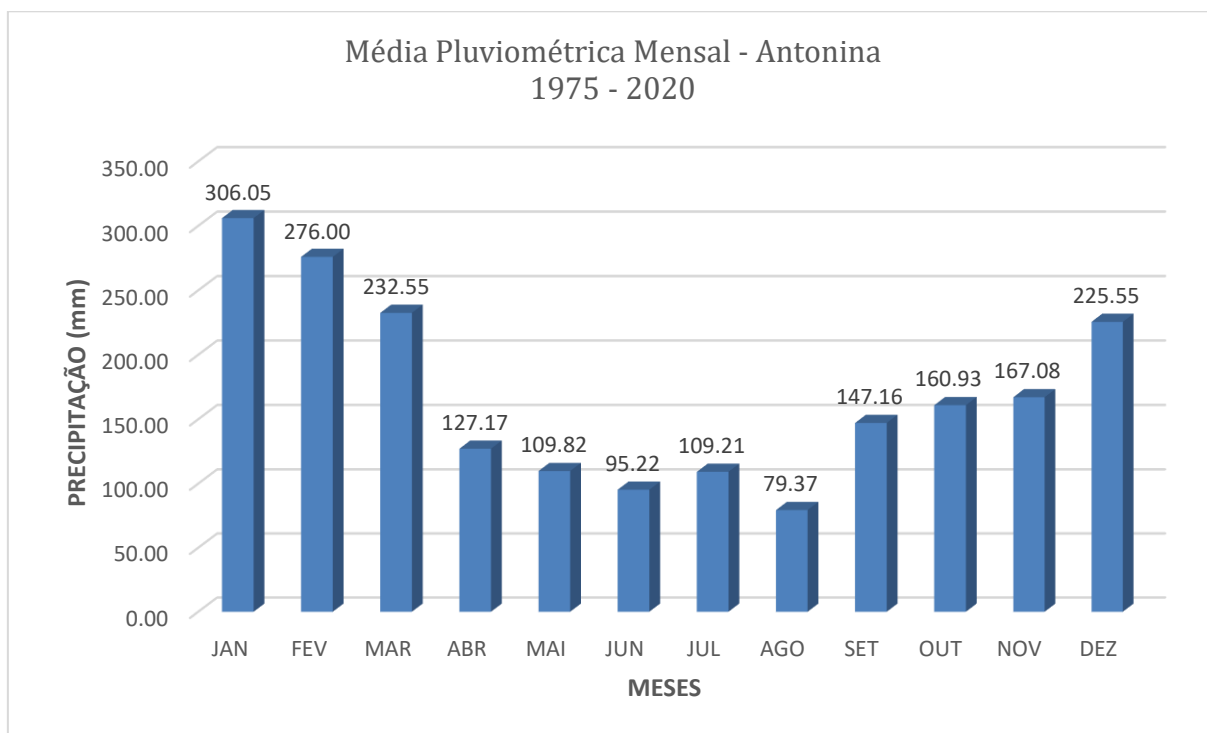


Gráfico 6: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Antonina.

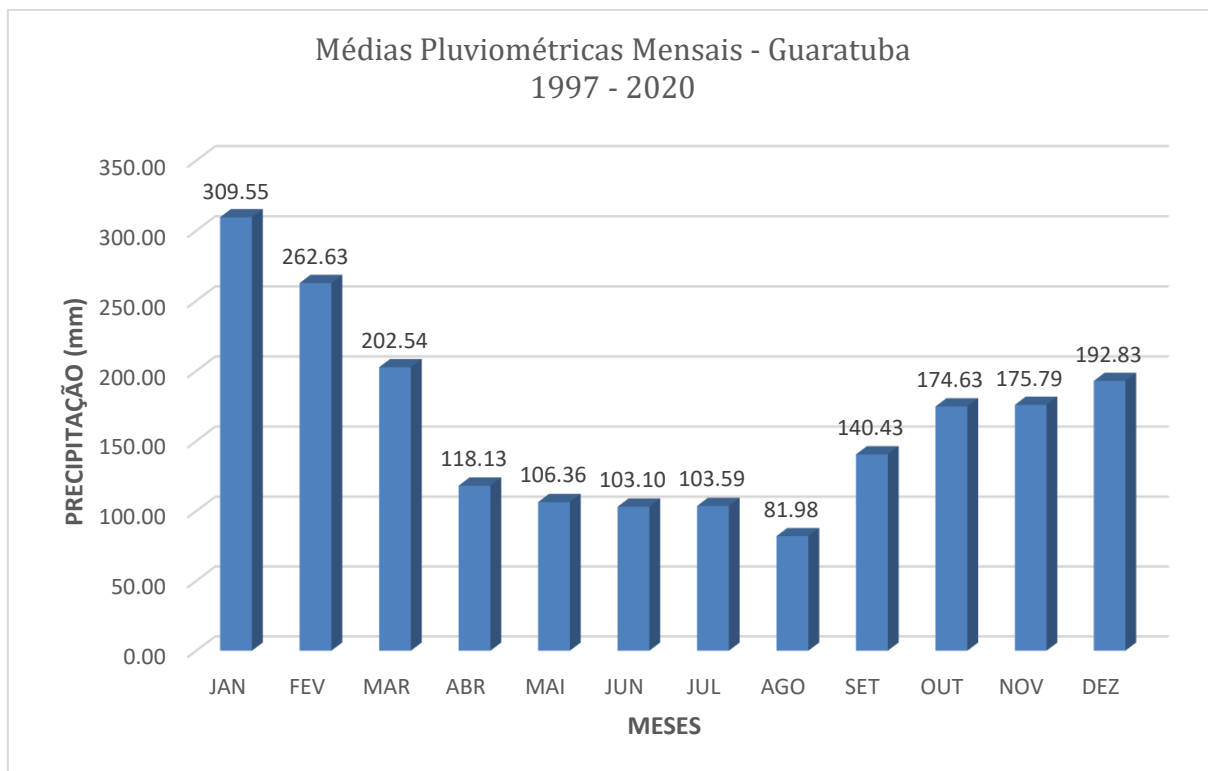


Gráfico 7: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Morretes.

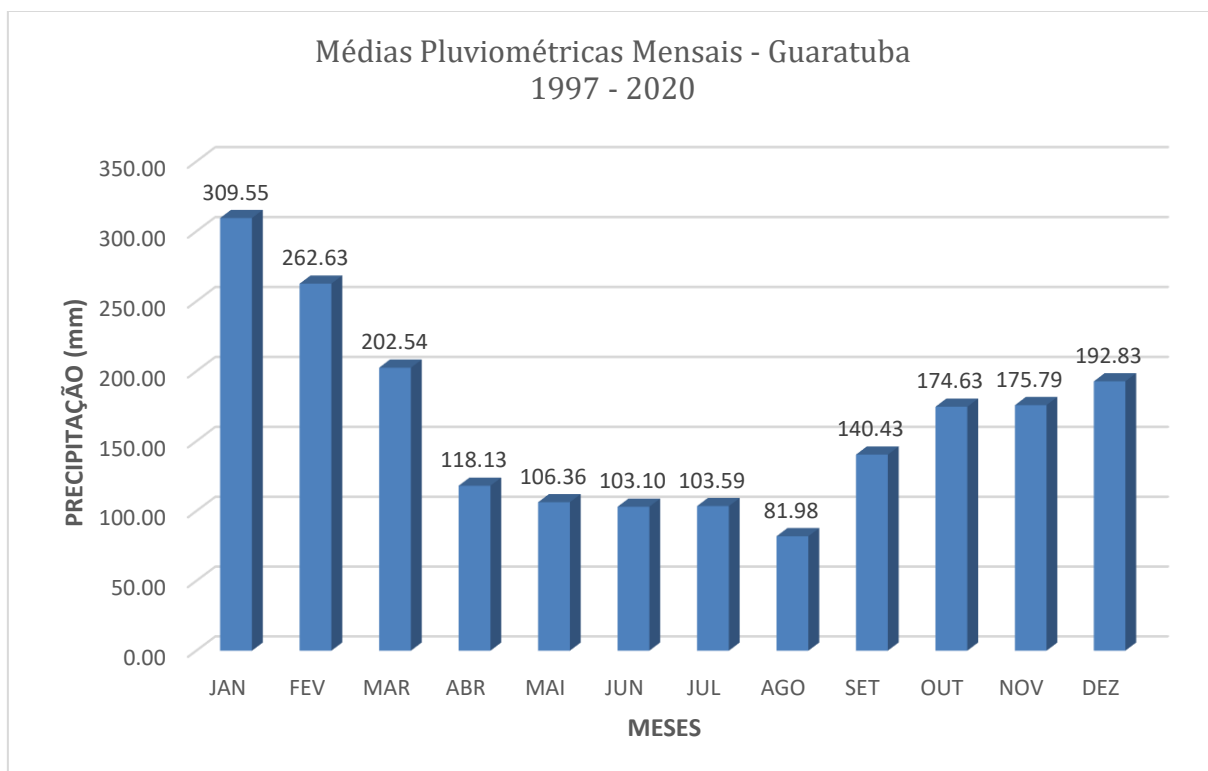


Gráfico 8: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Guaratuba.

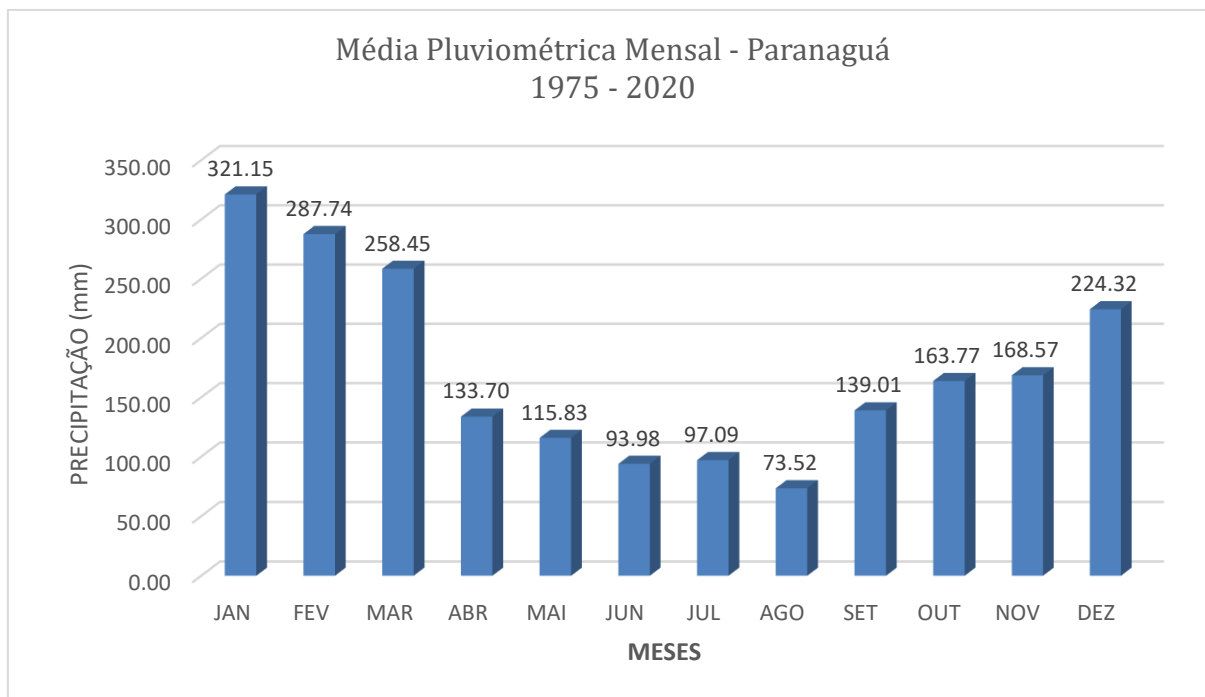


Gráfico 9: Distribuição da precipitação média mensal para a cidade de Paranaguá.

Os valores obtidos através dos gráficos são muito semelhantes aqueles obtidos para o capítulo de Fisiografia, a maior discrepância foi a precipitação anual da cidade de Morretes. Quanto aos dados relativos a distribuição mensal, nota-se uma inversão entre o terceiro e quarto mês mais chuvosos para as cidades de Antonina e Morretes com relação ao que foi obtido para o capítulo de fisiografia.

Com relação aos dias de chuva por ano, a média das cidades varia de 141 a 183 e são coincidentes com os valores obtidos para as médias pluviométricas anuais. As cidades que possuem maiores médias também possuem mais dias de chuva por ano. Quanto aos anos que menos dias de chuva, não foi possível identificar uma correlação próxima, sendo este o único ponto em que os dados da série histórica mais curta de Guaratuba ficaram discrepantes do todo, pois todas as outras cidades apresentam uma diferença superior a 100 dias entre os anos com mais e menos dias de chuva enquanto Guaratuba apresenta uma diferença de apenas 40 dias.

5.3. ANÁLISE DOS DADOS DE MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS

De acordo com a Tabela_Geral_Movimentos_de_Massa_Gravitacionais disponível no banco de dados, foram identificados 2763 escorregamentos individuais na área de estudo no período entre 1995 e 2021 (Figura 30). Deste total, 2619 são resultado de apenas um evento ocorrido entre 11 e 13 de março de 2011 que resultou

em movimentos de massa generalizados por toda a Serra do Mar paranaense. A maior parte destes movimentos foram mapeados via sensoriamento remoto.

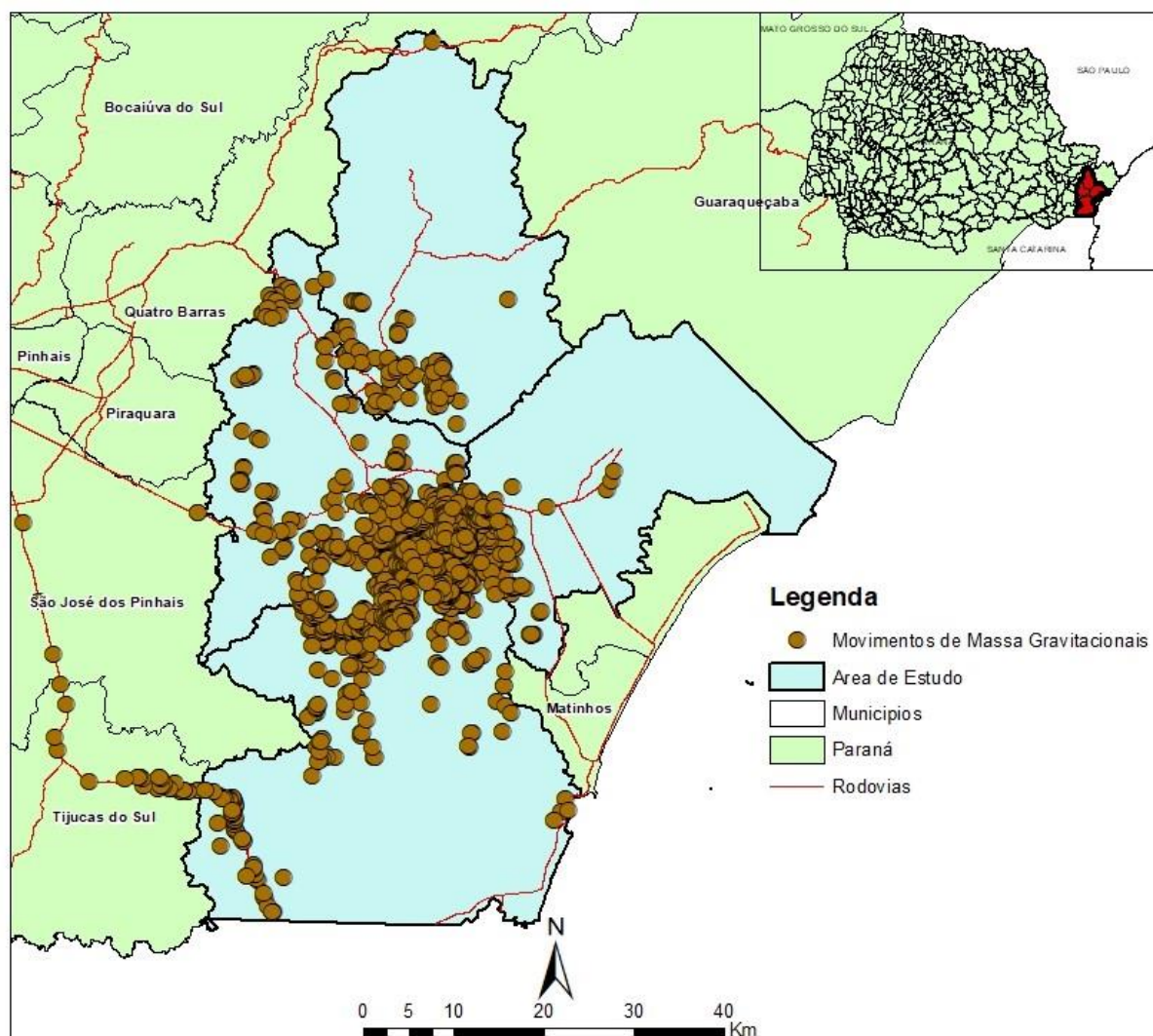


Figura 30: Distribuição espacial dos dados de deslizamento para área de estudo e proximidades.

Com a utilização das ferramentas de seleção do ArcGIS, foi possível relacionar quantos MMGs ocorreram por cidade. Considerando o número total de escorregamentos individuais, a cidade de Guaratuba é a mais afetada dentre as estudadas, representando 35,83% do total de deslizamentos (Gráfico 10), seguem-se então Paranaguá (31,13%), Morretes (26,42%) e Antonina (6,62%).

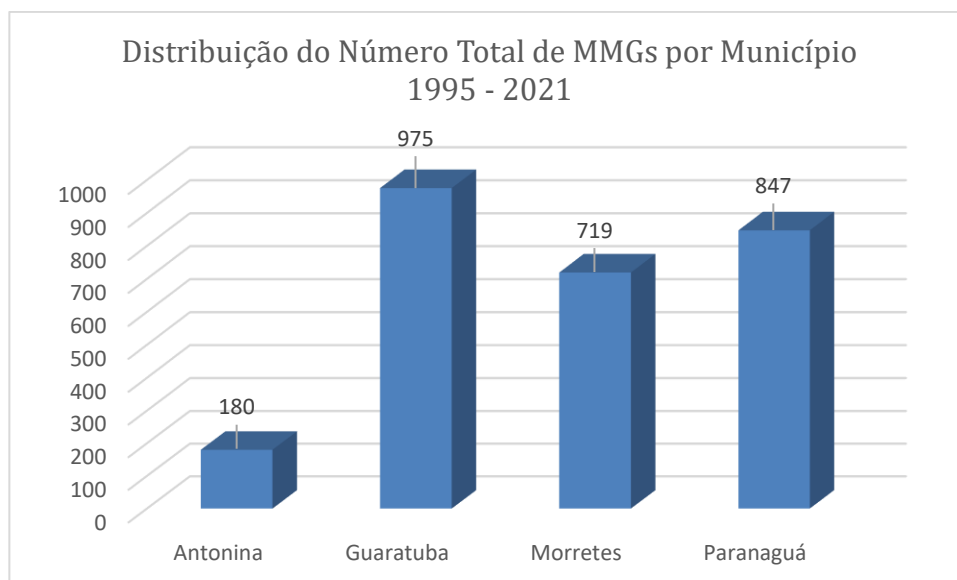


Gráfico 10: Distribuição dos MMGs por cidade da área de estudo.

Dentre os dados de movimentos de massa cedidos pela Arteris Litoral Sul e minerados em jornais constatou-se que alguns, após terem sua localização espacializada e/ou corrigida, na verdade estavam fora da área de estudo. Devido ao número reduzido de eventos registrados para além de 03/2011, optou-se por manter estes dados no banco de dado, entretanto, os mesmos não foram considerados nas análises feitas neste subcapítulo e nos próximos.

Ao analisar os 116 escorregamentos individuais restante foi identificado que estes se distribuem longo de 63 dias, implicado na ocorrência de múltiplos deslizamentos no mesmo dia. Sendo assim, cada dia foi considerado como sendo um evento de deslizamento e cada evento pode representar a ocorrência de um ou múltiplos deslizamentos. A exceção são os dias 11, 12 e 13 de março de 2011 que devido à enorme quantidade de registros e a impossibilidade de separá-los entre os três dias, foram considerados como apenas um evento. Nessas condições foram considerados um total de 61 eventos de deslizamentos em toda área de estudo.

Também devido as distorções provocadas nos dados por eventos massivos, como o de março de 2011, as análises foram feitas com base do número de eventos ocorridos, ou seja, independentemente da quantidade de deslizamentos ocorrido em um único dia, estes foram considerados como sendo um único evento.

O gráfico que relaciona a quantidade de MMGs com o mês de suas ocorrências contempla uma série de aproximadamente 25 anos. Os meses com maior quantidade

de registro de deslizamentos, em ordem crescente, são janeiro, março e fevereiro (Gráfico 11), demonstrando um padrão muito parecido com os gráficos das médias pluviométricas mensais da área, que possuem como meses de maior incidência pluviométrica março, fevereiro e janeiro.

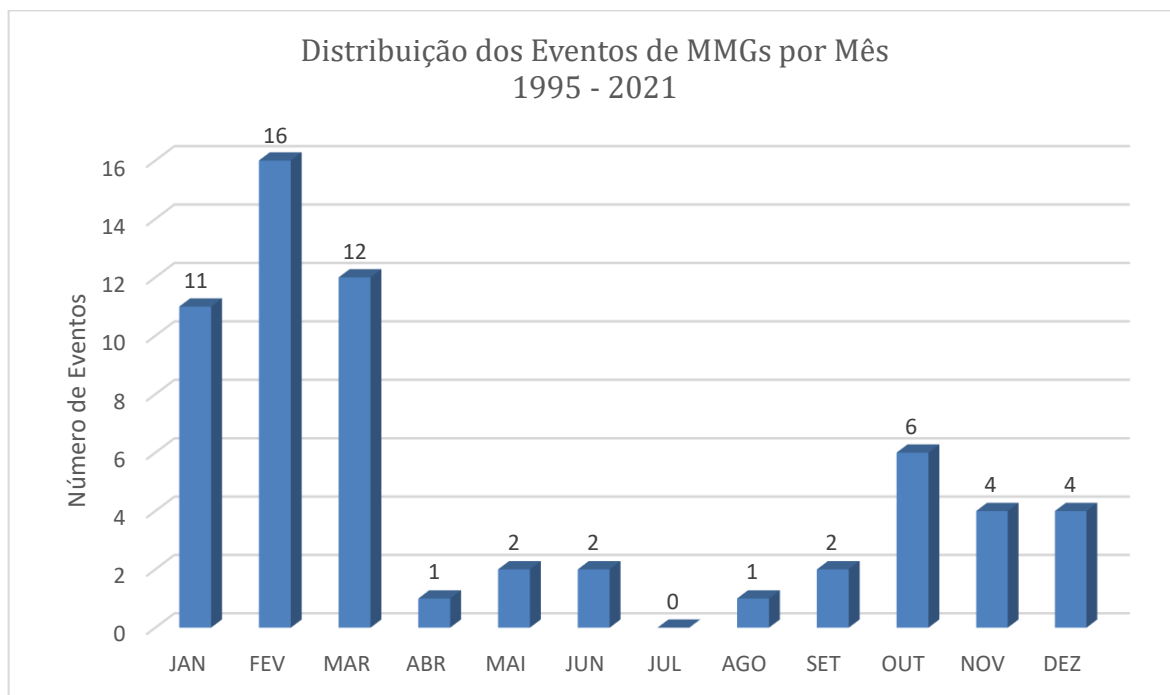


Gráfico 11: Distribuição dos MMGs da área de estudo de acordo com o mês de ocorrência.

Ainda podemos extrair do **gráfico gato de Ipanema** que 86,89% dos movimentos de massa ocorrem entre outubro e março, coincidentes com o período de primavera e verão no hemisfério sul, havendo um crescente de eventos da primavera (22,95%) para o verão (63,93%), onde a precipitação é maior. Esses dados indicam uma grande influência da precipitação na deflagração destes eventos, como já observado por outros autores em diversas partes do país.

O histograma que apresenta a distribuição de MMGs por anos abrange o mesmo período que o anterior (~25 anos). Estudando o Gráfico 12 pode-se concluir que os anos de maior incidência de MMGs são 2021 (considerando os dados disponíveis até julho), 2008/2015 e 2017. Podem ser observados também alguns anos em que não houveram registros de deslizamento nessa série, porém não há uma resposta exata para isso. Dentre as possibilidades talvez a mais plausível seja a subnotificação, visto que não foram encontrados registros anteriores a 1995 e que, como pode ser observado nos gráficos de precipitação média anual no tópico anterior,

o final dos anos 90 apresentam alguns dos maiores índices pluviométricos registrados para área, fazendo parecer pouco plausível a ausência de quaisquer eventos nesse período.

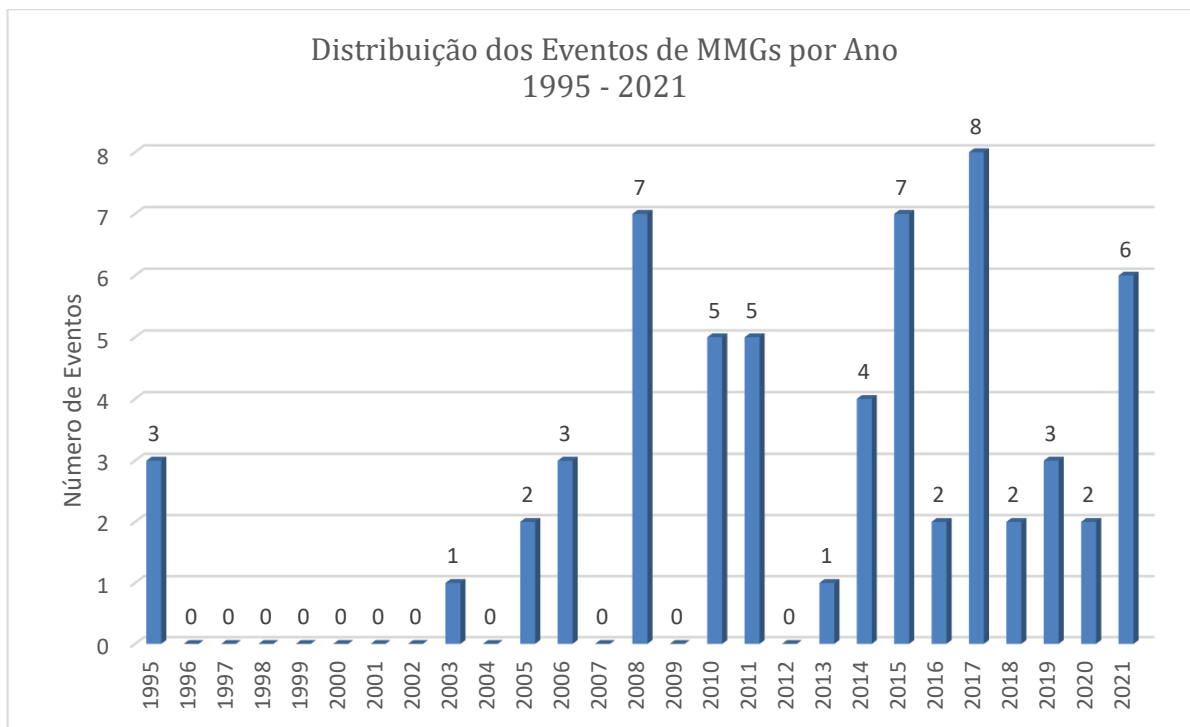


Gráfico 12: Distribuição dos MMGs da área de estudo de acordo com o ano de ocorrência.

A existência de diversas fontes de dados com seus próprios protocolos de registro a classificação dos eventos torna complexa a tarefa de unificar os registros de dados. Neste trabalho algumas características dos dados foram passíveis de padronização (ex: coordenadas dos pontos de ocorrência) e lacunas preenchidas (ex: definição da cidade em que certos eventos ocorreram), entretanto, algumas características ainda são heterogêneas. Uma das principais informações afetadas por essa heterogeneidade nos registros é a classificação dos movimentos de massa e, uma vez que a maior parte dos registros não é acompanhada de fotos ou descrições detalhadas dos eventos, torna-se inviável a integração e análise dos dados nesse aspecto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante este trabalho foram reunidos dados de mais de 2700 movimentos de massa individuais ocorridos dentro da área de estudo. Estes dados foram retirados de 23 fontes diferentes, com destaque para os dados do SigRisco Paraná, da Arteris

Litoral Sul e da extinta MINEROPAR que compõe a maior parte dos registros catalogados. Ainda dentre estes dados foi possível identificar um total de 61 eventos distribuídos ao longo do período que vai de 1995 a julho de 2021. Os dados ainda apontam a predominância dos eventos nos primeiros três meses do ano em consonância com os dados de precipitação. Também foi observada uma maior incidência destes na cidade de Guaratuba, seguido por Paranaguá, Morretes e Antonina.

Quanto aos dados pluviométricos, foram reunidos dados de precipitação de 56 estação pluviométricas, sendo 54 na área de estudo, e dentre estas 29 estações ativas e 25 estações extintas. Com relação as séries históricas referentes as estações da área podem ser encontradas diferentes abrangências temporais, em diferentes cidades, que variam de cerca de 4 anos a 111 anos. Os diagramas de precipitação média mensal indicam um volume maior de chuvas nos primeiros 3 meses do ano e em termos gerais tanto os dados mensais quanto anuais de precipitação apresentam valores semelhantes aos obtidos para o capítulo de Fisiografia, com pouca variação.

Entende-se que o trabalho atingiu seu principal objetivo, de banco de dados georreferenciado de movimentos de massa gravitacionais para as cidades de Antonina, Guaratuba, Morretes e Paranaguá. Um indicativo disso é a diversidade de fontes que compõe o banco de dados (principalmente de movimentos de massa) sem que ocorra a sobreposição de mesmos dados advindos de diferentes fontes. Outra evidência se encontra nas análises feitas a partir do banco de dados e com base na relação espacial e temporal entre os elementos que o constituem.

Entretanto, reconhece-se as limitações do estudo. Diversas entidades as quais foram solicitados dados, como a Ecovia e algumas prefeituras do litoral não cederam dados ou sequer responderam as tentativas de contato, o que também implica na existência de mais fontes de dados a serem exploradas. Outro fator determinante foi a pandemia do SARS-CoV-2. Devido aos protocolos de segurança as atividades tiveram de ser desenvolvidas de modo completamente remoto. As restrições a movimentação e permanência de pessoas em locais públicos alteraram calendários e cronograma, além de limitar contatos interpessoais para discussão de dados e ideias que sempre se fazem muito úteis no desenvolvimento de projetos. Essas restrições

também levaram a própria limitação das ferramentas utilizadas na construção deste trabalho, que poderiam ter sido mais diversas.

Sugere-se então que os seguintes pontos sejam abordados em futuras pesquisas:

- A atualização e expansão do banco de dados já existente com base em fontes de dados ainda não exploradas;
- Ampliação da área de abrangência do banco de dados incluindo cidades próximas como Guaraqueçaba, Matinhos e Pontal do Paraná;
- Utilização de novas ferramentas e estruturas de aplicação direta para outras plataformas GIS, como o QGIS, afim de facilitar e democratizar o acesso a informação;
- Utilização do banco de dado em projetos que visem estudar as relações espaciais entre movimentos de massa gravitacionais e pluviosidade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA F.F.M, HASUI Y., BRITO NEVES B.B., FUCK R.A. 1981. *Brazilian structural provinces: an introduction*. Ear. Sci. Rev., 17: p.1-29.
- ANA (Agencia Nacional de Águas). 2010. *Revista Bacias Hidrográficas do Paraná*, Série Histórica SEMA, Curitiba, 140p.
- BAHR H.P., KARLSRUHE. GIS Introduction. In: Bahr H.P. E VOGTLE T. (eds.), 1999. *GIS for Environmental Monitoring*. Germany, p.1-9
- BASEI, M. A. S.; MACREATH, L.; SIGA JR., O. 1998. *The Santa Catarina granulite Complex of southern Brazil: a review*. Gondwana Research, v.1, n.3/4, p.383-391.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JR., O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. 1992. *Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC)*. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.22, n.2, p.212-227
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (Ed.) 2008. *Mapa de solos Estado do Paraná: legenda atualizada*. Embrapa Solos: Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Colombo, PR. 74 p. 1 mapa escala 1: 600.000; formato A0.
- BRAND, E.W. & PREMCHITT, JERASAK & PHILLIPSON, H.B., 1984. *Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong*. Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto, 1984. 276-284.
- BUSCH, A.; AMORIM, S. A., 2011. *Tragédia da Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011: Procurando Respostas*; ENAP Casoteca da Gestão Pública: Brasília, BRAZIL. 20P.
- CÂMARA, GILBERTO. 1995. *Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos*. São José dos Campos : INPE, 264p. (Tese de Doutorado).
- CÂMARA, G., DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; MONTEIRO, A.V.M., 2004. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Análise espacial e geoprocessamento. (eds).. Brasília, EMBRAPA.

- CAMPANHA G. A. C.; 2002. *O papel do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes na configuração da porção meridional da Faixa Ribeira*. Full Professors Thesis, Institute of Geosciences—University of São Paulo, 104p.
- CANUTI, P., FOCARDI, P. & GARZONIO, C.A, 1985. *Corrélation Entre Chutes De Pluie Et Glissements De Terrain*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology 32, 49–54. <https://doi.org/10.1007/BF02594765>
- CASTRO, J. M. G., 2006. *Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 138p.
- CLIMATE DATA. 2021. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>>. Acesso em: 09 jun. 2021.
- CONSORCIO ARAUCÁRIA, 2019. *Relatório Técnico De Mapeamento – Base Integrada*. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. Paraná, Curitiba, 157p.
- CURY, F.C.; KAULFUSS, G.A.; SIGA JR., O.; BASEI, M.A.S.; HARARA, O.M.; SATO, K., 2002. *Idades U-Pb (Zircões) de 1.75 Ga em granitóides alcalinos deformados dos núcleos Betara e Tigre: Evidências de regimes extensionais do Estateriano na Faixa Apiaí*. Revista do Instituto de Geociências - USP, São Paulo, v. 2, p. 95-108
- CURY, LEONARDO FADEL. 2009. *Geologia do Terreno Paranaguá*. Tese (Doutorado em Geotectônica) - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.44.2009.tde-06072009-113335
- DATE, C.J., 1991. *Introdução a Sistemas de Banco de Dados*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991. 674 p
- D’Orsi, R. N., 2011. *Correlação entre pluviometria e escorregamentos no trecho da Serra dos órgãos da rodovia federal BR-116 RJ (Rio – Teresópolis)*. Tese de doutorado em Ciências e Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 287 p.

- ELMASRI, R., & NAVATHE, S. B., 2005. *Sistemas de banco de dados*. São Paulo: Addison-Wesley. 724p.
- FERREIRA K. S. M.; SESTREM L. P.; ACEVEDO A. M. G.; KORMANN A. C. M.; FARO V. P., 2018. *Instrumentação geotécnica como ferramenta de gestão de riscos rodoviários: um estudo de caso no trecho de serra do mar da BR 376/PR*. Revista Técnico-Científica do Crea-PR - ISSN 2358-5420 – Ed. Especial, Crea-PR, 14p.
- GAZETA DO POVO, 2011. *A tragédia vista de cima*. Gazeta do Povo, Curitiba, 28 de mar. de 2011. Seção Vida e Cidadania. Disponível em <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/a-tragedia-vista-de-cima-ek0rhee95ornilxkeuag1jym/>>. Acessado em 27 de julho de 2021, 20:48.
- GUALDA, GUILHERME & VLACH, SILVIO., 2007. *The Serra da Graciosa A-type granites and syenites, southern Brazil. Part 1: Regional setting and geological characterization*. Anais Da Academia Brasileira De Ciencias - AN ACAD BRASIL CIENC. 79. 10.1590/S0001-37652007000300006.
- GUIDICINI, G. e IWASA, O.Y., 1976, *Ensaio de Correlação entre Pluviometria e Deslizamentos em Meio Tropical Úmido*. In: Simpósio Landslides and other Mass Moviment da IAEG, 1977, Praga, Publicação 1080 IPT.
- HAMADA, EMÍLIA; GONÇALVES, RENATA RIBEIRO DO VALLE, 2007. *Introdução ao Geoprocessamento: princípios básicos e aplicação*. Jaguariúna-SP. Embrapa Meio Ambiente
- HASUI Y., CARNEIRO C.D.R., ALMEIDA F.F.M.DE, BARTORELLI A. eds. 2012. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 900p. (Livro).
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; TASSINARI, 2008. *Colombo Celso Gaeta; et al. Correlation of neoproterozoic terranes between the Ribeira belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions*. In: West Gondwana: pre-cenozoic correlations across the South Atlantic region[S.l: s.n.], p. 211-237.
- IBGE, 1995 *Hipsometria e bacias hidrográficas do Brasil*. Rio de Janeiro.

IBGE, 2010. *População no último censo*., Censo Demográfico 2010.

IBGE, 2011. *Densidade demográfica*: IBGE, Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira. Rio de Janeiro.

IBGE, 2019. *Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil: Primeira aproximação. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 54p. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101684>>.

IBGE, 2020. *População estimada*., Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2020.

IBGE, 2021. *Área Territorial: Área territorial brasileira 2020*. Rio de Janeiro:.,

MILANI, EDISON. 2004. *Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná*. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli, a., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (org). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flavio Marques de Almeida*. São Paulo. 265-279.

MINEROPAR, 2006, *Serviço Geológico do Paraná: Atlas geomorfológico do Paraná (cartas reduzidas e notas explicativas)*, 63p.

PAREDES, E. A. 1994. *Sistema de Informação Geográfica: (geopro-cessamento) princípios e aplicações*. São Paulo: Érica Ltda. 690p

PINHEIRO R. J. B.; SOARES J. M. D., 2004. *Condicionantes geológicas-geotécnicas de movimentos de massa na encosta da Serra Geral – RS*. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.4, p.59-68.

ROB P, CORONEL C., 2011. *Sistemas de banco de dados: projeto, implementação e administração*. São Paulo: Cengage Learning; 744 p.

ROSA, R., 2013. *Introdução ao Geoprocessamento*. Uberlândia, IG/UFU, 142p.

- SANTOS, LEONARDO & OKA-FIORI, CHISATO & CANALI, NALDY & FIORI, ALBERTO & SILVEIRA, CLAUDINEI & FRANÇA DA SILVA, JULIO & ROSS, JURANDYR. 2006. *Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná*. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 7. 10.20502/rbg.v7i2.74.
- SIGA JR. O., BASEI M.A.S., REIS NETO J.M., MACHIAVELLI A., HARARA O.M. 1995. *O Complexo Atuba: um cinturão Paleoproterozóico intensamente retrabalhado no Neoproterozóico*. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*, 26:69-98
- SILVA, N. L., 2015. *Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG*. Dissertação Mestrado em Engenharia Geotécnica - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 114 f.
- SILVA, N. L. de L., 2018. *Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG*. Dissertação de Mestrado – 86 Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. 2014.
- SILVA, L. S., 2018. *Análise de Curva de Correlação entre Pluviosidade e Movimentos de Massa nas Encostas de João Pessoa (PB)*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 71p.
- SILVEIRA C.; FIORI A.; SCHILIPACK P.; DIAS S., 2014. Mapeamento preliminar da suscetibilidade natural a movimentos de massa da serra do mar paranaense apoiado na análise digital do relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v.15, n.1, (Jan-Mar) p.3-22.
- SOARES, E. P., 2006. *Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas*. Dissertação de Mestrado em Ciências e Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio e Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 145 p.
- TATIZANA, C., OGURA, A.T., CERRI, L.E.S. e ROCHA, M.C.M., 1987a, “Análise de Correlação entre Chuvas e Deslizamentos – Serra do Mar – Município de

Cubatão “In: *Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia*, v. 2 , pp. 225-236, São Paulo , Out.

VICTORINO, M. M., 2015. *Influência da chuva nas poropressões e estabilidade dos taludes rodoviários de um trecho da BR 376 na Serra do Mar paranaense*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de concentração em Geotecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 126p.