

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Daiane Costa de Carvalho

**Correlação entre condicionantes litoestruturais e os
escorregamentos em São Luiz do Paraitinga (SP)**

São Paulo

2020

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Daiane Costa de Carvalho

**Correlação entre condicionantes litoestruturais e os
escorregamentos em São Luiz do Paraitinga (SP)**

Trabalho de Graduação Individual (TGI)
apresentado ao Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas, da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Geografia.

Área de pesquisa: Geomorfologia.
Orientadora: Prof^a Dr^a Bianca Carvalho Vieira.

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

C331c Carvalho, Daiane
Correlação entre condicionantes litoestruturais e os escorregamentos em São Luiz do Paraitinga (SP) / Daiane Carvalho ; orientadora Bianca Vieira. - São Paulo, 2020.
44 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Geomorfologia. 2. Estrutural. 3. Densidade de Fratura. 4. Rio Chapéu. I. Vieira, Bianca, orient.
II. Título.

Daiane Costa de Carvalho

Correlação entre condicionantes litoestruturais e os escorregamentos em São Luiz do Paraitinga (SP)

Trabalho de Graduação Individual (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Bianca Carvalho Vieira (Orientadora)

Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Keyla Alencar da Silva

Departamento de Industria- Universidad Tecnológica Metropolitana

Geóg. José Eduardo Bonini

Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Á minha mãe por todo esforço e trabalho de conseguir me manter praticamente só estudando, ao meu namorado, Wesley, pelo companheirismo, carinho e apoio e ao meu irmão, Murilo, que apesar de ser tão pequeno sempre me motiva a melhorar.

Á minha orientadora, Prof^a Dr^a Bianca Vieira Carvalho, por todo apoio e paciência nesse período do TGI e por se manter acessível aos seus alunos de graduação independente da disciplina que leciona.

Aos meus grandes amigos Maria, Anésio e Êmile por todo companheirismo, suporte e amizade nesses cinco anos de graduação. Quero mantê-los comigo para além da Geografia.

Ao José Bonini, membro do GPmorfo e ao Marcos, coordenador do laboratório de pedologia do Departamento de Geografia – FFLCH-USP, por todo apoio e suporte nesse período do TGI.

Ao Cursinho da FEA-USP pela grande oportunidade dada não só a mim, mas muitas pessoas de classe baixa a entrarem em uma universidade pública. Em especial aos coordenadores e professores, pela dedicação e amizade.

Aos demais amigos da graduação e fora dela também, como minhas grandes amigas da FAU-USP, FEA-USP e ECA-USP, que pudemos compartilhar risos, conhecimentos e muitos momentos bons.

*“Presentemente eu posso me considerar um sujeito de sorte
Porque apesar de muito moço me sinto são e salvo e forte(...)
Ano passado eu morri mas esse ano eu não morro(...)”*

Belchior – Sujeito de sorte

Daiane Costa de Carvalho. Correlação entre condicionantes litoestruturais e os escorregamentos em São Luiz do Paraitinga (SP). Trabalho Individual de Graduação. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo. 2020

Resumo

Movimentos de massa são processos que alteram a paisagem e estão relacionados a fatores morfológicos e geológicos. Desta forma, a pesquisa teve como objetivo entender como os parâmetros litoestruturais influenciam os escorregamentos rasos na bacia do Rio Chapéu, em São Luiz do Paraitinga. O município de São Luiz do Paraitinga foi escolhido devido às fortes chuvas ocorridas entre o final de 2009 e início de 2010 que causaram vários escorregamentos. Na realização da pesquisa foram feitos os seguintes procedimentos: (i) mapeamento das fraturas e (ii) correlação entre estas litoestruturas e a distribuição dos escorregamentos deflagrados em 2009. Enquanto resultados foi constatado que os escorregamentos são submetidos a duas variáveis, densidade e quantidade de fraturas, a depender da discrepância de entre as áreas de concentração de fraturas. A densidade de fraturas tem relevância na ocorrência de escorregamentos, mas não é determinante tendo em vista que as cicatrizes estão concentradas em sua maioria nas áreas em que a densidade é muito baixa.

Palavras-chave: Geomorfologia, Estrutural, Densidade de Fraturas, Rio Chapéu.

Daiane Costa de Carvalho. Correlação entre condicionantes litoestruturais e os escorregamentos em São Luiz do Paraitinga (SP). Trabalho Individual de Graduação. 2020

Abstract

Mass movements are processes that alter the landscape and are related to morphological and geological factors. Therefore, the research aimed to understand how the lithostructural parameters influence shallow landslides in the Chapéu river basin in São Luiz do Paraitinga. The studied area was chosen due to the heavy rains between the end of 2009 and the beginning of 2010 that caused several landslides. The procedures adopted were: (i) fractures mapping and (ii) correlation between these lithostructures and the landslides' distribution in 2009. The results indicated that the landslides are subjected to two variables, density and number of fractures, depending on the discrepancy between fracture concentration areas. The density of fractures was a useful parameter for data analysis because it allows collecting additional information such as the distribution of lineaments given in pixel format.

Keywords: Geomorphology, Estrutural, Fracture density, chapéu River Valley.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de áreas de risco no Sudeste do Brasil. Fonte: IBGE (2018)	14
Figura 2: a) Escorregamento translacional raso em São Luiz do Paraitinga- SP, entre 2009 e 2010. b) Cicatriz de escorregamento em São Luiz do Paraitinga, entre 2009 e 2010. Fonte: GRAMANI, Marcelo Fischer, 2010 (IPT/CTGeo).....	15
Figura 3: a) Esquema de Rastejo. b) Esquema de corrida de detrito. Fonte: IPT (1991)	17
Figura 4: Esquema de Queda de bloco. Fonte: IPT (1991)	18
Figura 5: Esquema de tombamento. Fonte: IPT (1991)	18
Figura 6: Esquema de escorregamento translacional. Fonte: Selby (1993)	19
Figura 7: Esquema de escorregamento rotacional. Fonte: Selby (1993)	19
Figura 8: Falhas de Griffith. Tamanho das setas é proporcional a pressão recebida. Fonte: Selby (1993).....	21
Figura 9: Fraturas presentes no Rio Ivaí. Fonte: Guedes et al (2014).....	24
Figura 10: Anomalias presentes na Bacia do Rio do Pardo. Fonte: Guedes et al (2015)	25
Figura 11: Principais fraturas encontradas na Bacia do Rio Pardo. Fonte: Guedes et al (2015)	26
Figura 12: Fraturas na Bacia do Rio do Pardo. Fonte: Guedes et al (2015).....	27
Figura 13: Mapa de localização da área de estudo, município de São Luiz do Paraitinga-SP. Fonte: HASUI, 2010.....	30
Figura 14: Mapa inventário de Cicatrizes. Fonte: Oliveira et al (2018).....	32
Figura 15: Caixa de diálogo da ferramenta Line Density do SIG Arcgis 10.5	33
Figura 16: Exemplo de preenchimento da caixa de diálogo do software Daisy3	35
Figura 17: Fraturas presentes na bacia do Rio Chapéu	37
Figura 18: a) Diagrama de rosetas referente à variável frequência. b) Diagrama de rosetas referente à variável tamanho	38
Figura 19: Relação entre as classes de fratura e a área em que ocupam na bacia hidrográfica.....	39
Figura 20 - Estrutura de falhas e classe de densidade muito baixa na área de estudo. Fonte: HASUI, 2010.....	40
Figura 21: Mapa de densidade de fraturas na bacia do Rio Chapéu	41
Figura 22: Distribuição do percentual de cicatrizes nas classes de fraturas.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diferentes classificações de deslizamentos (FERNANDES e AMARAL 2003)..... 16

Lista de Siglas

NE – Nordeste

SW – Sudoeste

WNW – Oeste-Noroeste

ESE – Leste-Sudeste

NNW – Norte-Noroeste

SSE – Sul-Sudeste

SE – Sudeste

Sumário

Resumo.....	6
Abstract	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
Lista de Siglas	11
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO	13
2. EMBASAMENTO TEÓRICO.....	15
2.1 Deslizamentos: conceitos e tipologias.....	15
2.2 Fatores condicionantes	19
2.3 Fraturas e Escorregamentos	21
3. ÁREA DE ESTUDO.....	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Mapeamento das fraturas	31
4.2 Relação entre Fraturas e Escorregamentos.....	31
4.3 Diagrama de Rosetas.....	34
5. RESULTADOS e DISCUSSÃO	35
5.1 Mapa de litoestruturas da Bacia do Rio Chapéu	35
5.2 Relação entre litoestrutura e escorregamentos	39
6. CONCLUSÕES.....	42
7. BIBLIOGRAFIA.....	44

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Os deslizamentos são processos naturais contínuos de dinâmica externa, modeladores da paisagem e causam grandes danos ao homem, provocando prejuízos de dezenas de bilhões de dólares por ano (FERNANDES e AMARAL, 2003). Para a sua classificação é levado em consideração o tipo de material, a velocidade, o mecanismo do movimento, as condições de deformação, a geometria do material movimentado e a presença de água (SELBY, 1993).

No Brasil eles são recorrentes devido, sobretudo, às condições climáticas, índices pluviométricos que geralmente ocorrem no período de verão, na região Sul e Sudeste do país (TOMINAGA, 2012) somados aos compartimentos montanhosos de altas declividades, assim, contribuindo para que esses fenômenos sejam comuns no Brasil. Esses processos são potencializados pela ação humana por meio de desmatamento, por exemplo, para a construção de moradias, estradas, atividades de pedreiras e deposição de lixo (FERNANDES e AMARAL, 2003).

De acordo com Brollo e Ferreira (2009), no período de 2000 a 2008, ocorreram 1861 acidentes em São Paulo envolvendo movimentos de massa, sendo 367 escorregamentos, 944 inundações e semelhantes como enchentes e alagamentos, 65 raios, 485 acidentes diversos, dentre eles: chuvas fortes, vendavais e desabamento de muros e casas.

IBGE (2018) fez um monitoramento dos desastres visando diminuir seus efeitos no território brasileiro depois do evento ocorrido em 2011 no estado do Rio de Janeiro em que os escorregamentos e enchentes geraram grandes perdas econômicas e afetaram cerca de 300 mil pessoas na região serrana no estado (IBGE 2018). Isso demonstra a relação existente entre a população residente no Sudeste do país e os escorregamentos (**Figura 1**) com grande concentração no litoral dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo e em alguns pontos do interior de Minas Gerais.

Os fatores geológicos são importantes na evolução da paisagem com grande relevância no condicionamento dos escorregamentos (DANTAS *et al*, 2015). Os autores destacam que os fatores litoestruturais são grandes causadores da evolução da paisagem geomorfológica do vale Rio Paraíba do Sul, região onde está localizada a área de estudo.

Fernandes e Amaral (2003) consideram as fraturas, falhas e as diferentes condições para a formação das foliações como os principais fatores geológicos.

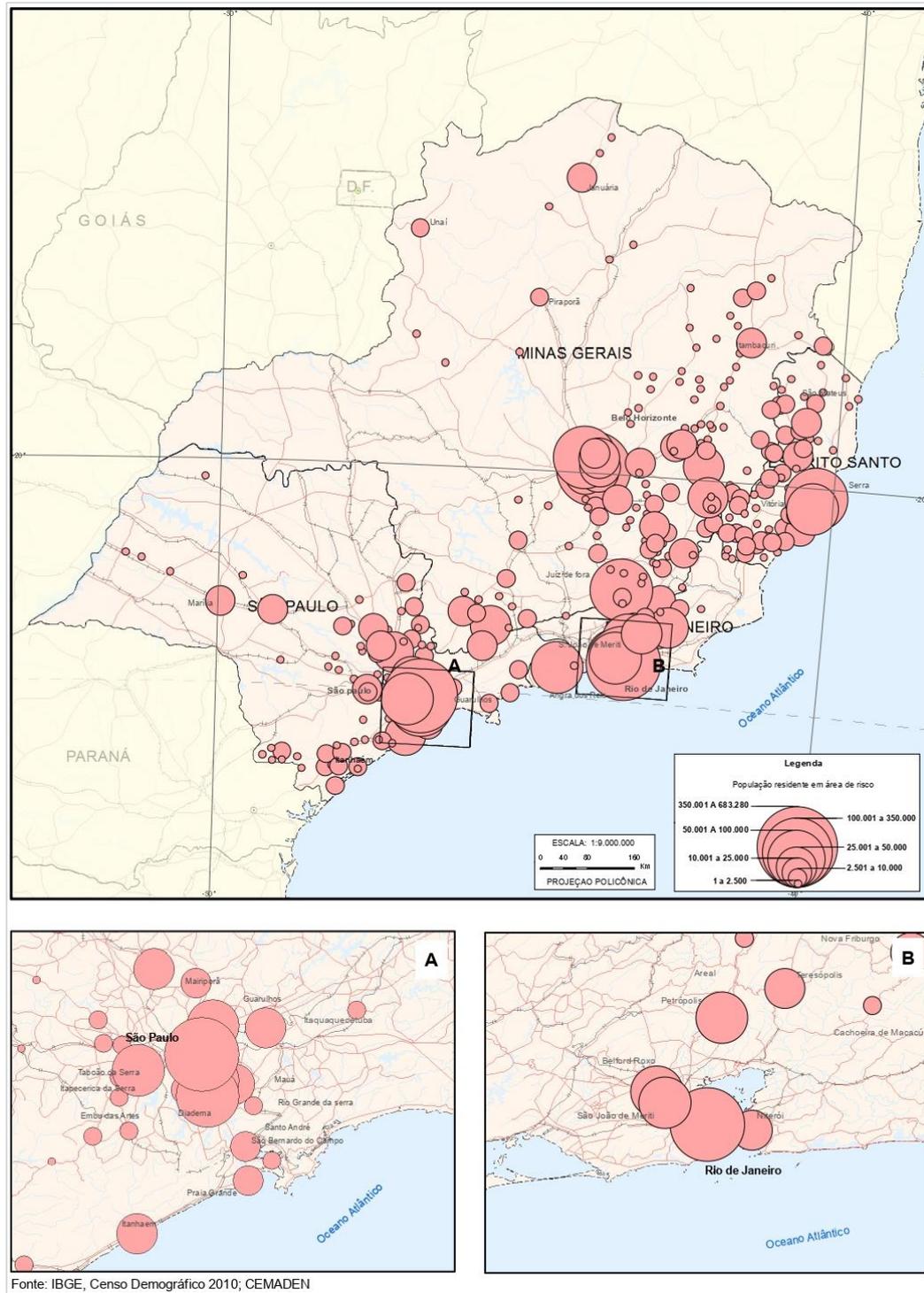


Figura 1: Mapa de áreas de risco no Sudeste do Brasil. Fonte: IBGE (2018)

Em São Luiz do Paraitinga, município localizado na região sudeste, ocorreu um evento no verão, entre final de 2009 e início de 2010, que inundou grande parcela do município, tanto na área urbana quanto na rural, causando diversos escorregamentos (

Figura 2). Ela é considerada uma região propensa a sofrer, no futuro, episódios de mesma magnitude por já ter havido sequência de acontecimentos do gênero anteriormente (BROLLO *et. al* 2010).



Figura 2: a) Escorregamento translacional raso em São Luiz do Paraitinga- SP, entre 2009 e 2010. b) Cicatriz de escorregamento em São Luiz do Paraitinga, entre 2009 e 2010. Fonte: GRAMANI, Marcelo Fischer, 2010 (IPT/CTGeo)

Com base nesses fatores é possível entender a importância de estudar os escorregamentos, sobretudo os fatores condicionantes para que se compreenda cada vez mais esses processos no Brasil. Por isso, o objetivo deste trabalho foi compreender como os parâmetros litoestruturais influenciam os escorregamentos rasos na Bacia Rio Chapéu do município de São Luiz do Paraitinga-SP.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Deslizamentos: conceitos e tipologias

Para Fernandes e Amaral (2003), escorregamentos são processos naturais que alteram a paisagem da superfície terrestre, enquanto para Summerfield (2013), são

movimentos descendentes dos materiais nos taludes sob influência da força gravitacional do próprio material sem a interferência direta da água em movimento, gelo ou ar.

Por outro lado, para Selby (1993) escorregamentos podem ser definidos como o movimento descendente da rocha ou solo sob influência da gravidade e sem ação direta da água, gelo ou ar. Entretanto, a água e o gelo constituem fatores importantes na ocorrência desses fenômenos.

Para a classificação dos tipos de escorregamentos é necessário analisar a velocidade e como se dá o movimento, o material, modo de deformação, geometria e o conteúdo de água em questão (SELBY, 1993). Neste sentido, Fernandes e Amaral (2003) comparam as diferentes classificações desses processos a partir de Freire, Guidicini e Nieble e IPT (**Tabela 1**).

Tabela 1: Diferentes classificações de escorregamentos (FERNANDES e AMARAL 2003)

Freire (1965)	Guidicini e Nieble (1984)	IPT (1991)
Escoamentos	Escoamentos	Rastejos
Escorregamentos	Escorregamentos	Corridas de massa
Subsidências e desabamentos	Subsidências	Escorregamentos
	Forma de transição movimentos complexos	Quedas ou tombamentos

A classificação feita pelo IPT (1991) define rastejo (**Figura 3-a**) como movimentos lentos e que se deslocam poucos centímetros por ano, podendo ocorrer na superfície do solo ou em estratos profundos, resultando na abertura de fissuras no solo e até na rocha.

As corridas de detritos (**Figura 3-b**) estão relacionadas ao deslocamento de material em direção às drenagens causadas por índices pluviométricos fora do comum (IPT, 1991).

Enquanto as quedas (**Figura 4**) ocorrem de modo muito rápido (m/s) e estão associadas a amplitude térmica que ora dilata e ora contrai a rocha, e também pela ocorrência

de discontinuidades como as fraturas ou planos de fraqueza, ambas causando instabilidade desses corpos nas encostas e acarretando a queda. Por fim, os tombamentos (**Figura 5**) são semelhantes as quedas, mas possuem velocidade menor, ocorrendo, geralmente, em taludes de corte em que a alteração em sua geometria acarreta o movimento (IPT, 1991).

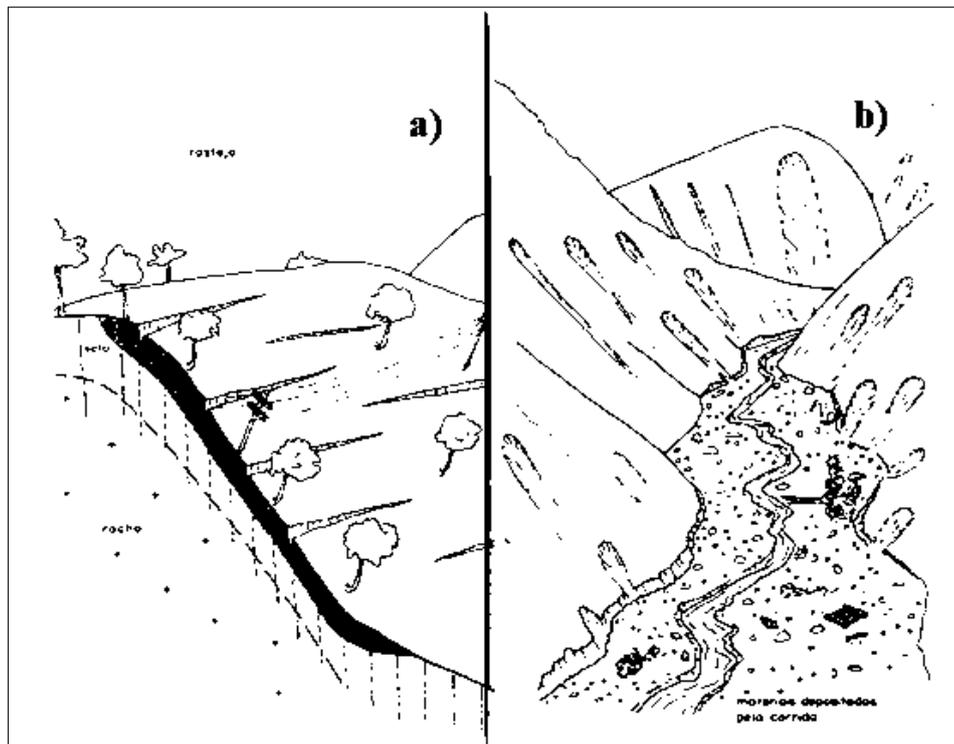


Figura 3: a) Esquema de Rastejo. b) Esquema de corrida de detrito. Fonte: IPT (1991)

De acordo com Selby (1993), as subsidências são rebaixamentos de material resultado da remoção de parcelas líquida, sólida ou gasosa do mesmo. Suas causas estão relacionadas, de modo simplificado, à erosão motivada pela percolação de água subterrânea; por outro lado, os movimentos complexos são constituídos por mais de um movimento, em que se reúnem os processos tratados acima, classificados pelo autor em questão, acompanhado de sucessivos fatores condicionantes. Eles se manifestam a partir de alterações das características morfológicas, das causas ou até do movimento ao longo do tempo.

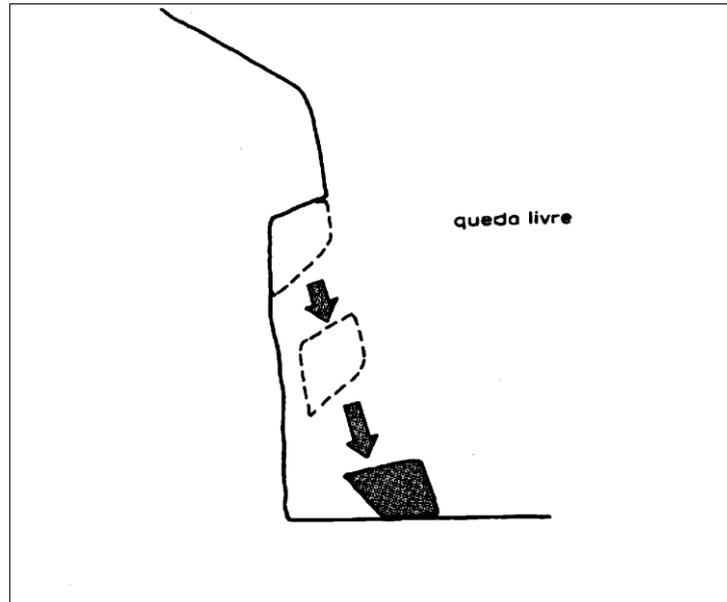


Figura 4: Esquema de Queda de bloco. Fonte: IPT (1991)

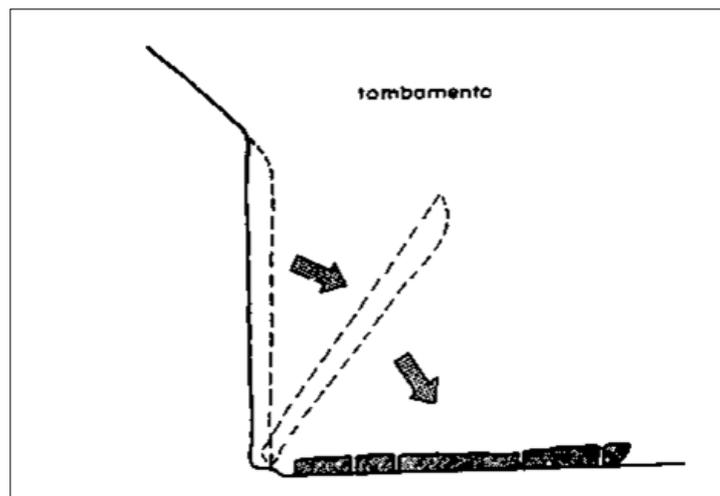


Figura 5: Esquema de tombamento. Fonte: IPT (1991)

Sob a ótica de Guidicini e Nieble (1984), os escorregamentos ocorrem de modo rápido em uma escala de tempo pequena e são subdivididos em rotacionais e translacionais. Os escorregamentos possuem alta velocidade, podendo se deslocar de modo planar, em cunha ou circular (IPT, 1991).

Enquanto Guidicini e Nieble (1984) definem, especificamente, os escorregamentos translacionais (**Figura 6**) como “*movimentos ao longo da superfície plana, em geral, preexistente e condicionada a alguma feição estrutural do substrato. O movimento é de curta duração, velocidade elevada, grande poder de destruição*”. Enquanto os escorregamentos rotacionais (**Figura 7**) são definidos pelos autores como “*Movimentos catastróficos, causados pelo deslizamento súbito do solo residual que recobre a rocha, ao longo de uma superfície qualquer de ruptura, ou ao longo da própria superfície da rocha.*”

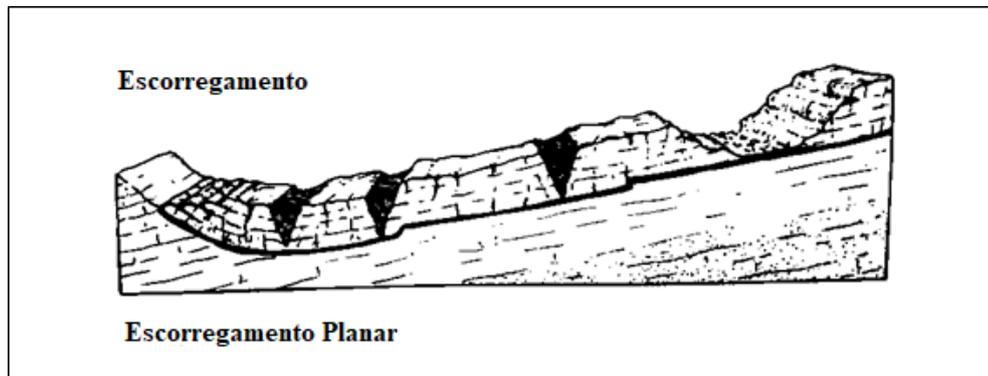


Figura 6: Esquema de escorregamento translacional. Fonte: Selby (1993)

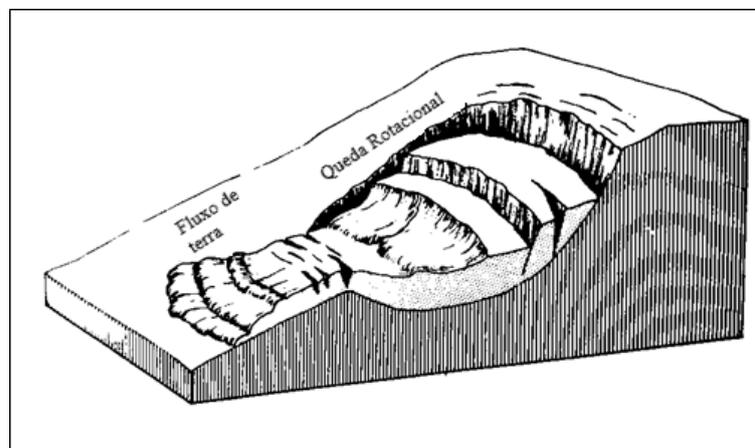


Figura 7: Esquema de escorregamento rotacional. Fonte: Selby (1993)

2.2 Fatores condicionantes

Os fatores condicionadores de escorregamentos estão associados a processos geológicos e geomorfológicos que ocorreram no passado e, na maioria dos casos, ainda

permanecem atuando no local (FERNANDES e AMARAL, 2003). Eles podem ser divididos em agentes predisponentes, correspondente aos processos geológicos, topográficos e ambientais, considerados como naturais decorrentes das propriedades dos materiais, sem envolver a ação do homem (FERNANDES e AMARAL, 2003). Enquanto os agentes efetivos dizem respeito aos fatores que estão ligados diretamente aos deslizamentos como a pluviosidade e ação humana (AUGUSTO FILHO e VIRGILLI 2015). Summerfield (2013) destaca que a maioria dos deslizamentos ocorre por meio da combinação de fatores sem que ocorra isolamento dos mesmos.

Em se tratando de morfologia de encosta, a interferência nos deslizamentos pode ser direta ou indireta (FERNANDES e AMARAL, 2003). A direta possui relação entre a declividade da encosta e os escorregamentos, ou seja, quanto mais íngreme a encosta maior será a frequência desses processos. Enquanto a indireta está ligada à concentração ou dispersão da água, sendo que, os setores côncavos contribuem para o processo de concentração (FERNANDES e AMARAL, 2003).

O intemperismo é um fator importante pois as alterações no solo ou rocha provocadas por esse processo levam a abertura de fraturas tendo em vista que alguns elementos importantes na cimentação são dissolvidos com a ação da água (GUIDICINI e NIEBLE 1984). Os autores chamam esse fenômeno de enfraquecimento das estruturas de resistência que interferem no ângulo de atrito e na coesão dos materiais.

Selby (1993) considera a água um fator importante, pois ela é responsável por processos que diminuem a resistência dos materiais aos deslizamentos, como a diminuição da agregação entre elementos seja solo ou rocha. Quando ela percola sob partículas sólidas é gerado um atrito criado pela atração entre os dois. O fluxo da água pelas partículas desempenha uma força nomeada de pressão de infiltração (**Figura 8**) (SELBY, 1993). Nos casos em que a pressão é suficiente para exercer força acentuada sobre as partículas pode acarretar em deslizamentos. A eficiência dessa pressão de infiltração depende do tamanho das partículas do material em questão. No caso do cascalho grosso a infiltração dificilmente ocorre porque a resistência ao fluxo é pequena. Enquanto o silte e areia fina sofrem pressão de infiltração maior, diferente das argilas que possuem caráter impermeabilizante (SELBY, 1993).

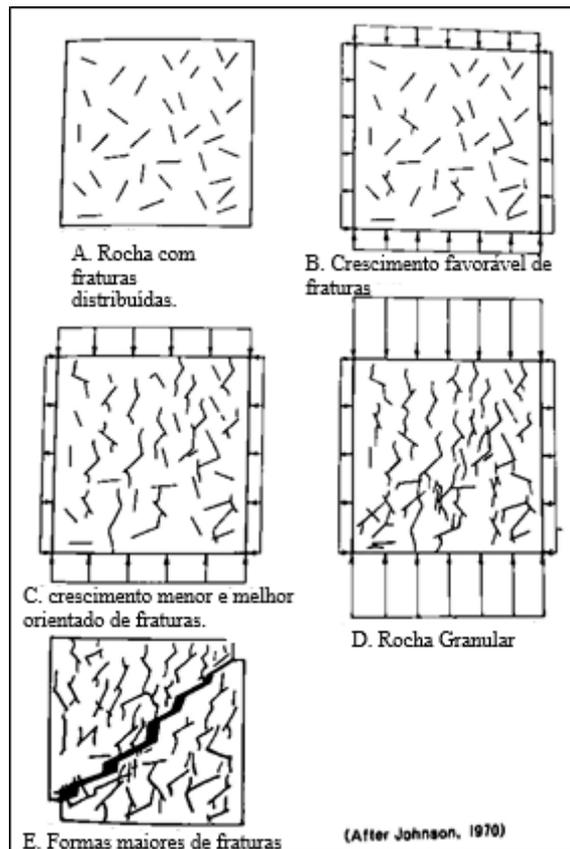


Figura 8: Falhas de Griffith. Tamanho das setas é proporcional a pressão recebida. Fonte: Selby (1993)

2.3 Fraturas e Escorregamentos

Selby (1993) diz que há descontinuidades nas rochas nomeadas de falhas de Griffith em que constituem espaçamentos naturais entre seus constituintes, criados no momento de formação das rochas, essas aberturas podem ser consideradas como áreas de fraqueza (**Figura 8**) propensas a corroborar para a ocorrência de rupturas nos materiais rochosos. Segundo o autor, as rochas possuem características importantes que influenciam na estabilidade das encostas, sendo elas: orientação, espaçamento, natureza do material e elementos de preenchimento. Dessa forma, as rochas possuem essas fissuras que dizem mais sobre a resistência delas do que qualquer outro fator visto de modo isolado (SELBY, 1993).

A **Figura 8**, representa as fraturas em rochas de acordo com as pressões exercidas sobre elas. No esquema A, temos uma distribuição não direcionada dessas descontinuidades sem nenhuma tensão em ação, enquanto as outras (B, C e D) sofrem pressões cada vez

maiores até que haja o rompimento da rocha, representado no esquema E. A partir desse rompimento a rocha se torna muito mais vulnerável a queda de blocos (SELBY, 1993).

Partindo ainda da relevância das fraturas nas rochas, quando o volume delas aumenta em decorrência do material de preenchimento, isso causa desagregação da mesma e abertura de rupturas sem que haja contato rocha-rocha, pelo menos não de modo uniforme (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

Partindo ainda da relevância das fraturas nas rochas, sucessões de dilatações podem provocar degradação e abertura de rupturas, e isso será influenciado pelo material que constitui a rocha, principal regulador e responsável pela resistência a um possível rompimento. Essa resistência é induzida, principalmente, pelo ângulo em que a rocha está encaixada e a coesão dos materiais constituintes (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

Enquanto ao tratarmos de falhas, elas são “descontinuidades importantes na determinação dos deslizamentos, uma vez que alteram a percolação hidrológica subterrânea pois ditam a direção do fluxo de água quando não estão preenchidas por nenhum material, porém quando elas estão preenchidas o escoamento de água é impedido de circular por essas estruturas” (FERNANDES e AMARAL, 2003).

Por outro lado, as fraturas também são consideradas descontinuidades e podem ser definidas como estruturas planas ou sub-planas sob determinada direção que pode ter origem por meio de um esforço externo ou interno. O esforço interno pode ser de ordem térmica ou residual enquanto o externo, pode estar relacionado ao tectonismo. Essas descontinuidades podem ser classificadas em fraturas de cisalhamento; de extensão correspondente a fissuras, juntas e veios; e de contração (FOSSSEN, 2013). Essa pesquisa teve como foco o estudo dessas fraturas e não das grandes falhas.

Existem, também, as fraturas que não têm origem tectônica, chamadas de atectônicas, que possuem o alívio de pressão das rochas como um dos principais fatores para sua ocorrência. Essa dinâmica geralmente é consequência do soerguimento ou erosão de materiais mais próximos da superfície (FERNANDES e AMARAL, 2003). A geometria e a sequência dessas fraturas são condicionadas pela litologia das rochas, portanto, quanto mais

homogêneas as rochas, mais regulares e paralelas as fraturas serão (FERNANDES e AMARAL, 2003).

JUNIOR *et al* (2013, estudaram as atividades Neotectônicas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (SP), por meio de análise das direções e mergulho das fraturas analisadas em campo, plotadas no *software* Openstereo 01.2 corroborando na determinação das isolinhas de concentração, direção preferencial, planos e pólos das fraturas JUNIOR *et al* (2013). Ao longo do rio JUNIOR *et al* (2013), identificaram algumas fraturas e agruparam em três famílias, F, F1 e F2 (**Figura 9**). A última foi a que mais se destacou devido a sua quantidade em relação as outras, com 27 fraturas observadas, sendo que suas direções preferenciais tendem a NE-SW. A família F1 possui direção NW-SE e está localizada, principalmente, nas margens do rio Ivaí obedecendo a mesma orientação das fraturas que se distribuem em um total de 18.

Por fim, a família F foi a menos comum na bacia hidrográfica com apenas 7 fraturas que tendem direção N-S (**Figura 9**). As famílias F1 e F2 se destacam não só pela sua presença em maior quantidade na bacia hidrográfica mas também porque exercem um papel importante na característica de vale encaixado do rio ao determinar seu escoamento tendo em vista que as mesmas atravessam áreas de colina, terraço e planícies. Além disso, foi observado que a margem esquerda do rio Ivaí é soerguida enquanto na margem direita ocorre subsidência.

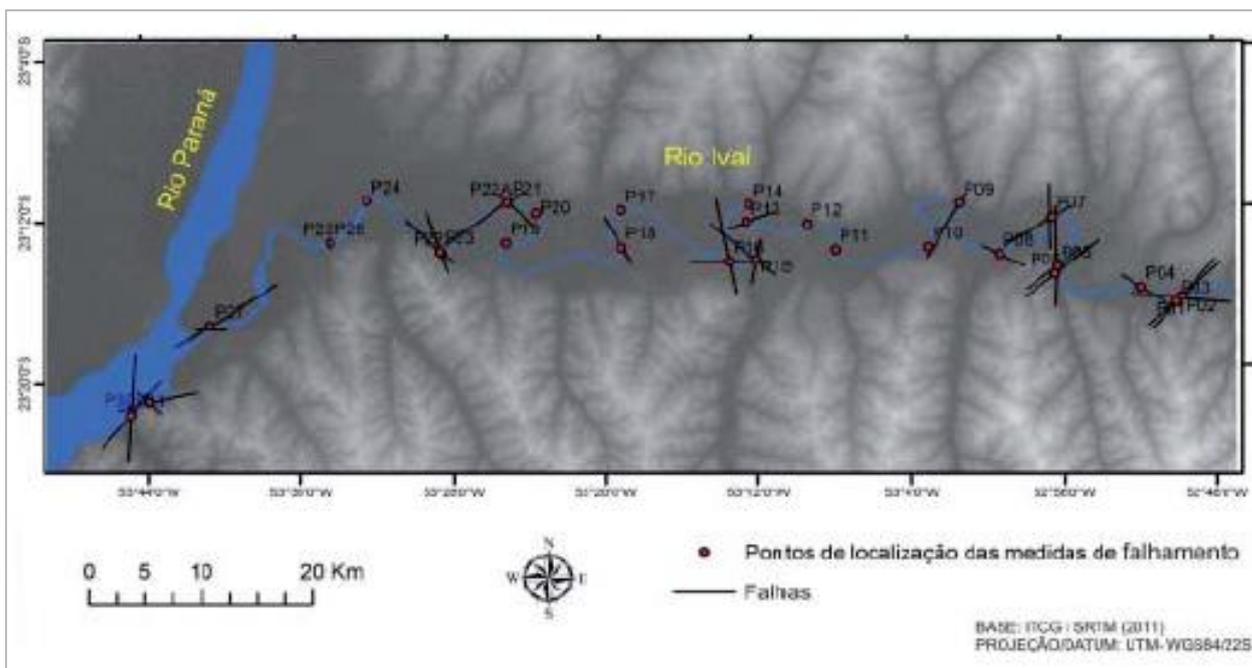


Figura 9: Fraturas presentes no Rio Ivaí. Fonte: Guedes et al (2014)

Guedes (2014) tenta compreender a influência da Neotectônica no relevo do Planalto Ocidental Paulista, mais especificamente a face Sul do Rio Tietê. Para tal, utilizou cartas topográficas em escala 1:50.000¹. Além da carta topográfica, também foram usadas imagens de satélite em escala 1:500.000² e interpretadas a partir do modelo Gradient Shader que permite a representação da topografia em escalas de cinza, sendo que os tons mais claros elucidam a diferença entre as altitudes menores e os mais escuros, as diferenças das altitudes maiores.

Em outro estudo, GUEDES *et al* (2015) adotam como método a análise do perfil longitudinal da Bacia do Rio Pardo usando curvímeter e carta topográfica em escala 1:50.000. Com isso, são construídos gráficos altitude x extensão da drenagem resultantes de medições dos segmentos entre as curvas de. Após tal etapa, é traçada a linha de melhor ajuste, assim, podendo ser identificados os trechos anômalos das 38 drenagens analisadas (**Figura 10**).

¹ Editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e pelo Instituto Geológico de São Paulo e georreferenciada no *Software* ArcGis.

² Manipuladas no *Software* Global Mapper

Das 38 drenagens analisadas, o autor observou que 11 delas não evidenciaram nenhum desvio da drenagem em relação a *best fit line*, linha de melhor ajuste e também não mostraram nenhuma anomalia. Entretanto, 7 delas apresentaram perfil retilíneo o que significa que são influenciadas por falhas ou fraturas. Outras 27 drenagens apresentaram grande dominação por tectonismo uma vez que foi identificado abatimento de blocos com grandes chances de estarem relacionadas a falhas normais e *knickpoints*. Dentre elas, 4 das drenagens estão soerguidas, ou seja, acima da linha de melhor ajuste. No geral, a montante de 15 drenagens estão em situação de soerguimento e a jusante em subsidência, apresentando, todas, anomalias de RDEs e *knickpoints*. Dos 260 km de extensão do Rio Pardo o autor observou que 80 km estão soerguidos e 160 km em situação de subsidência.

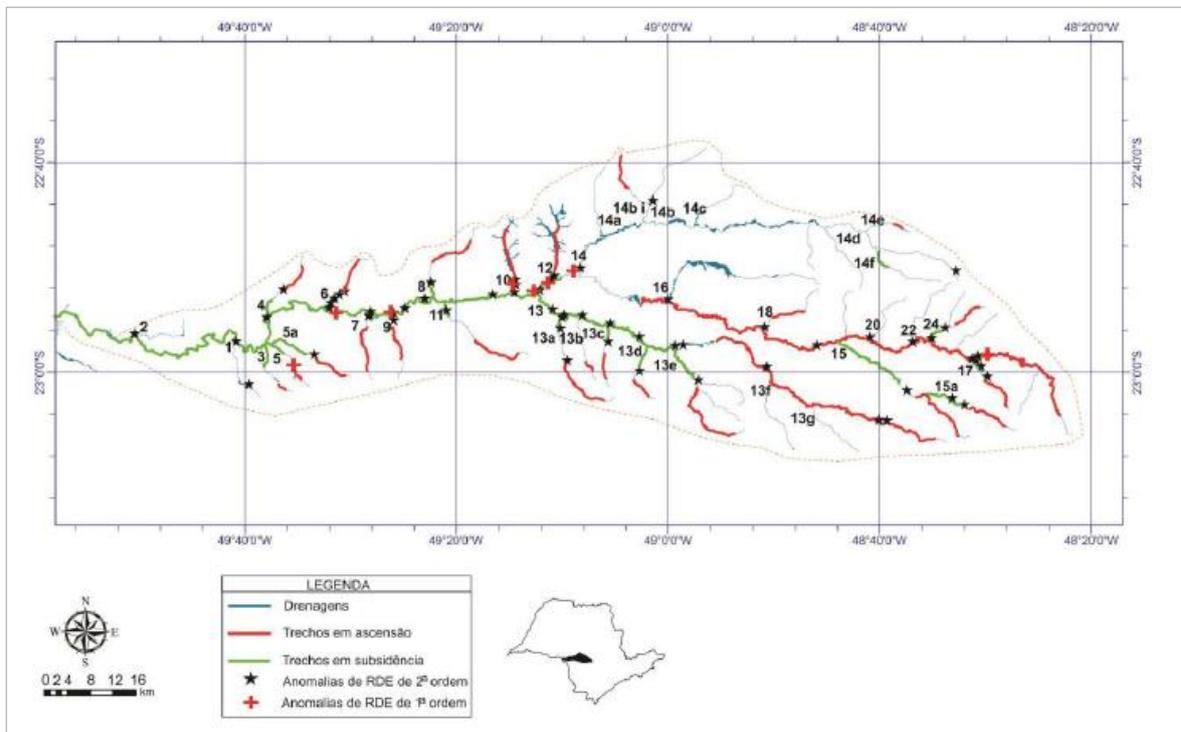


Figura 10: Anomalias presentes na Bacia do Rio do Pardo. Fonte: Guedes et al (2015)

Em relação as direções das falhas e fraturas, Guedes *et al* (2015) constataram que aquelas de direção ESE-WNW (**Figura 11**) são as que mais aparecem em todo o curso do Rio Pardo, em segundo plano tem-se as fraturas de direção NW-SE e E-W e as WSW-ENE que ocorrem na face direita da montante da bacia hidrográfica. As fraturas em menor

proporção, sendo elas N-S, NE-SW e ESSE-WNW, estão presentes de forma dispersa na bacia, centrado no alto vale, nas áreas próximas ao Rio Tietê e na porção central (**Figura 12**). Em relação aos *knickpoints*, estão presentes, sobretudo, na margem esquerda do rio se destacando as fraturas de direção E-W, também presentes na margem esquerda e as NNW que se deslocam para W e se encontram á montante.



Figura 11: Principais fraturas encontradas na Bacia do Rio Pardo. Fonte: Guedes et al (2015)

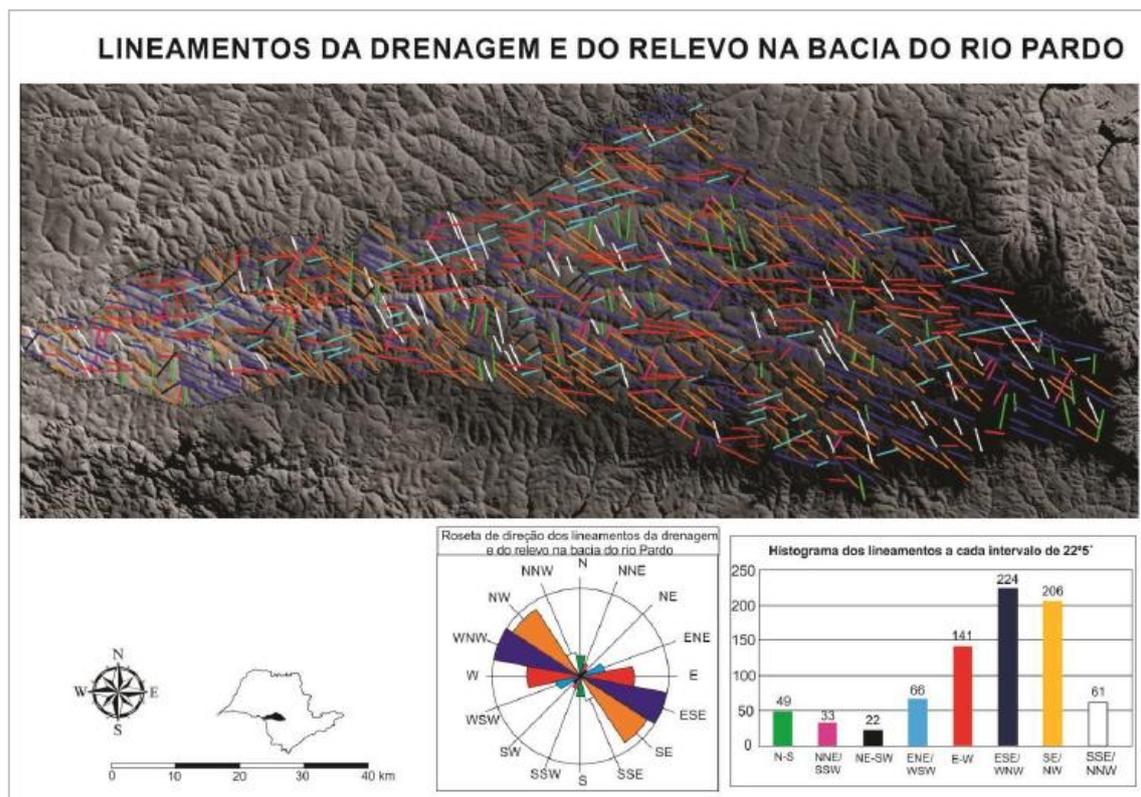


Figura 12: Fraturas na Bacia do Rio do Pardo. Fonte: Guedes et al (2015)

CALISTA *et al* (2019) estudaram as principais condicionantes dos escorregamentos ocorridos em 2017 no Piemonte dos Apepinos de Abruzzo e Castelnuovo, Itália, após evento de nevasca aguda e atividade sísmica. Enquanto metodologia foi utilizado mapeamento geológico e geomorfológico em escala 1:2000, além de análise geoestrutural e fotogeológica da área com auxílio de drone. A resolução das imagens de drone de Ponzano eram de 10 cm, enquanto a de Castelnuovo de 3,5 cm.

A partir do levantamento dos dados, os autores constataram que o escorregamento de Ponzano obtinha uma grande extensão em torno de 1,4km de comprimento, 0,6 de largura e 56ha de área. Caracterizado por pequenos movimentos rotacionais e translacionais na parcela superior e na inferior com a ocorrência de atividade tectônica, afetando, assim, escarpas menores e corroborando para que tais movimentos sejam de ordem complexa. A porção central da escarpa de deslizamento sofreu escorregamentos severos decorrendo de um alto fluxo de abatimento de terra, para isso, contribuiu o fato dessa região ter sofrido por processos vulcânicos, de rachaduras e trincheiras.

Levando em consideração o deslizamento de Castelnuovo, constituído de movimentos complexos entre queda e deslizamentos associados um sistema de fraturas com direção WSW-ENE, considerado como o maior cujo mergulho varia entre 60° a 70° para NE. Outro sistema também relevante possui direção WNN, ESSE e maior mergulho, comparado ao anterior, variando entre 70° e 80° para NW-SE. Ambos os grupos estão dispostos paralelamente as escarpas principais na ocorrência de deslizamentos.

Tais direções são compatíveis com as principais orientações da tectônica presente ao longo da região Norte de Piemonte de Abruzzo, assim, evidenciando que tais fraturas e consequentemente os escorregamentos, não estão correlacionados a aspectos locais, pontuais, associados somente a área de escorregamento das escarpas, mas sim a uma característica em menor escala, presente em Piemonte dos Apeninos de Abruzzo.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (**Figura 13**) está inserida no Cinturão Orogênico do Atlântico, no Planalto de Paraitinga-Paraibuna (ROSS e MOROZ, 1996), situada na bacia hidrográfica do Rio Paraitinga que nasce entre os municípios de Areias e São José do Barreiro no estado de São Paulo (BROLLO *et al* 2010). Em decorrência da atividade tectônica de abertura do Oceano Atlântico no Meso-cenozoico, o Planalto de Paraitinga- Paraibuna, onde está localizado o município de São Luiz do Paraitinga, é composto por vertentes resultante de dobramentos e falhamentos (ROSS e MOROZ, 1997), contribuindo para que a drenagem seja condicionada por essas litologias (GATTO *et al.*, 1983).

Isso produziu uma região caracterizada por vertentes altas e alongadas com presença de topos convexos de altitudes variando entre 800 e 1200m, de 20 a 30% de declividade e vales entalhados decorrentes da densidade de drenagem alta que acompanha as direções litoestruturais de fraturas, falhas e contato litológico (BROLLO *et al* 2010; ROSS e MOROZ, 1997).

A presença de rochas migmatíticas é significativa, além das formações argilosas, areno-argilosa que estão relacionadas aos Cambissolos, Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolos (GATTO *et al* 1983).

Tais características corroboram para a ocorrência de escorregamentos na região, se destacando o evento ocorrido no final de 2009 e início de 2010 em que foram registradas chuvas de 112 mm em 24h o que resultou em diversos escorregamentos, deixando o município de São Luiz do Paraitinga em estado de alerta (BROLLO *et. al* 2010).

Oliveira (2019), ao realizar trabalho de campo no município de São Luiz do Paraitinga constatou que a bacia do Rio Chapéu era uma das regiões mais afetadas por movimentos de massa, uma das possíveis causas é a troca da vegetação nativa por pastagem, plantações de eucalipto e vegetações secundárias que aceleram os processos de formação de sulcos, ravinas, voçorocas e movimentos de massa (GATTO *et al* 1983).

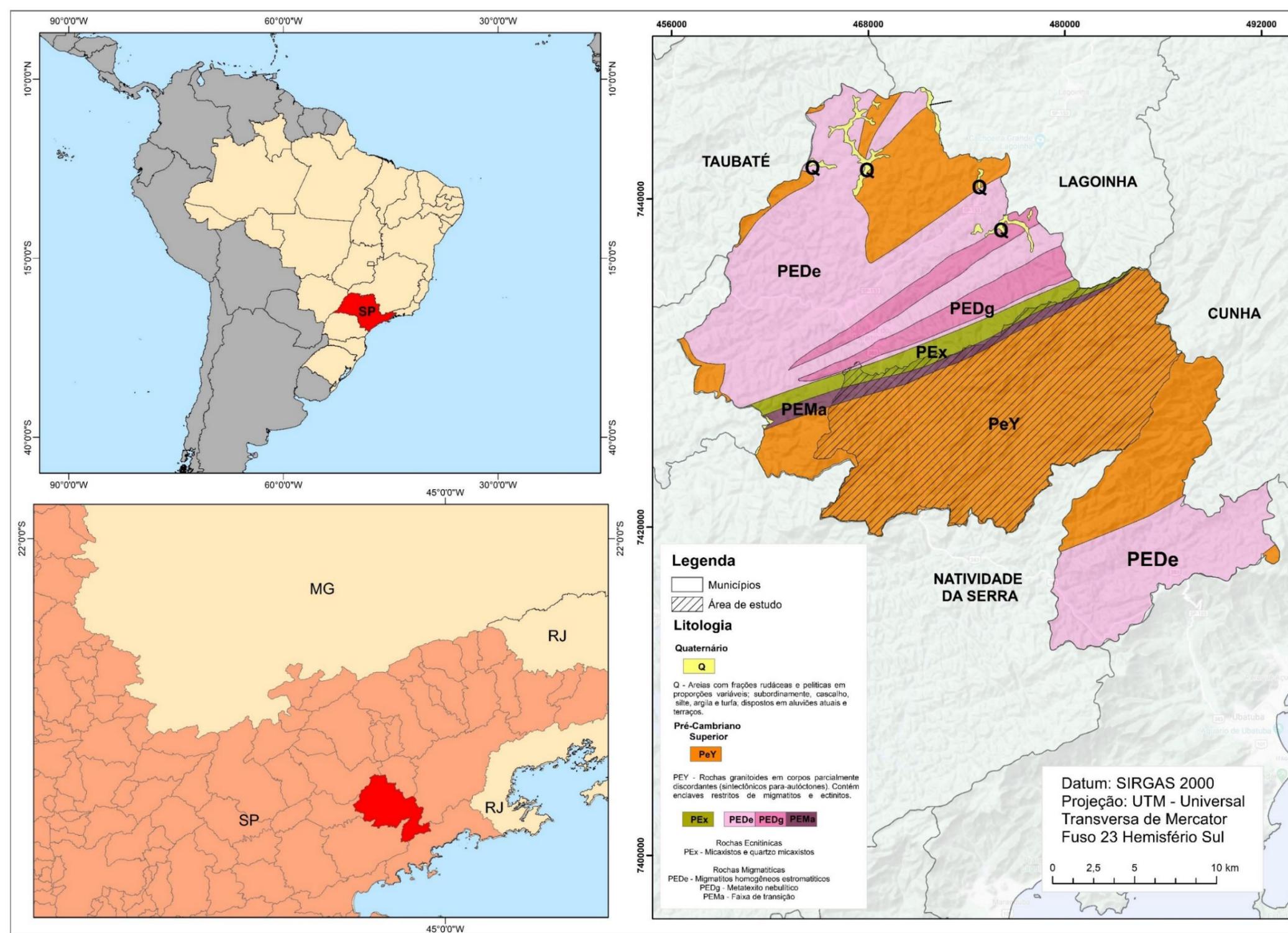


Figura 13: Mapa de localização da área de estudo, município de São Luiz do Paraitinga-SP. Fonte: HASUI (2010).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em duas etapas: (i) mapeamento das fraturas e (ii) avaliação entre densidade de fraturas e a distribuição dos escorregamentos.

4.1 Mapeamento das fraturas

Para o mapeamento dos lineamentos estruturais foi utilizado o shapefile de fraturas gerado a partir de georreferenciamento a partir da Carta Folha SF 23-Y-D Santos disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM em escala 1:250:000 (CPRM, 1999). O shapefile estava presente no banco de dados do grupo de geomorfologia, GPmorfo, do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo – USP.

4.2 Relação entre Fraturas e Escorregamentos

Nesta etapa foi utilizado o mapa de inventário de cicatrizes de escorregamentos elaborado por OLIVEIRA *et al* (2018) (**Figura 14**). Os autores fizeram este mapa a partir de duas etapas que constituiu no georreferenciamento e vetorização das cicatrizes, tomando como base a “Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundações” do município de São Luiz do Paraitinga em escala 1:75 000 elaborado pelo IPT em conjunto com o Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) em 2014. Além de ser feito fotointerpretação a partir de imagens de satélites dos anos de 2010 e 2011 com resolução 1x1m, produzidas pela EMPLASA que resultou no inventário de cicatrizes após serem vetorizadas 325 cicatrizes, sendo que 225 delas estão inseridas na Bacia do Rio Chapéu.

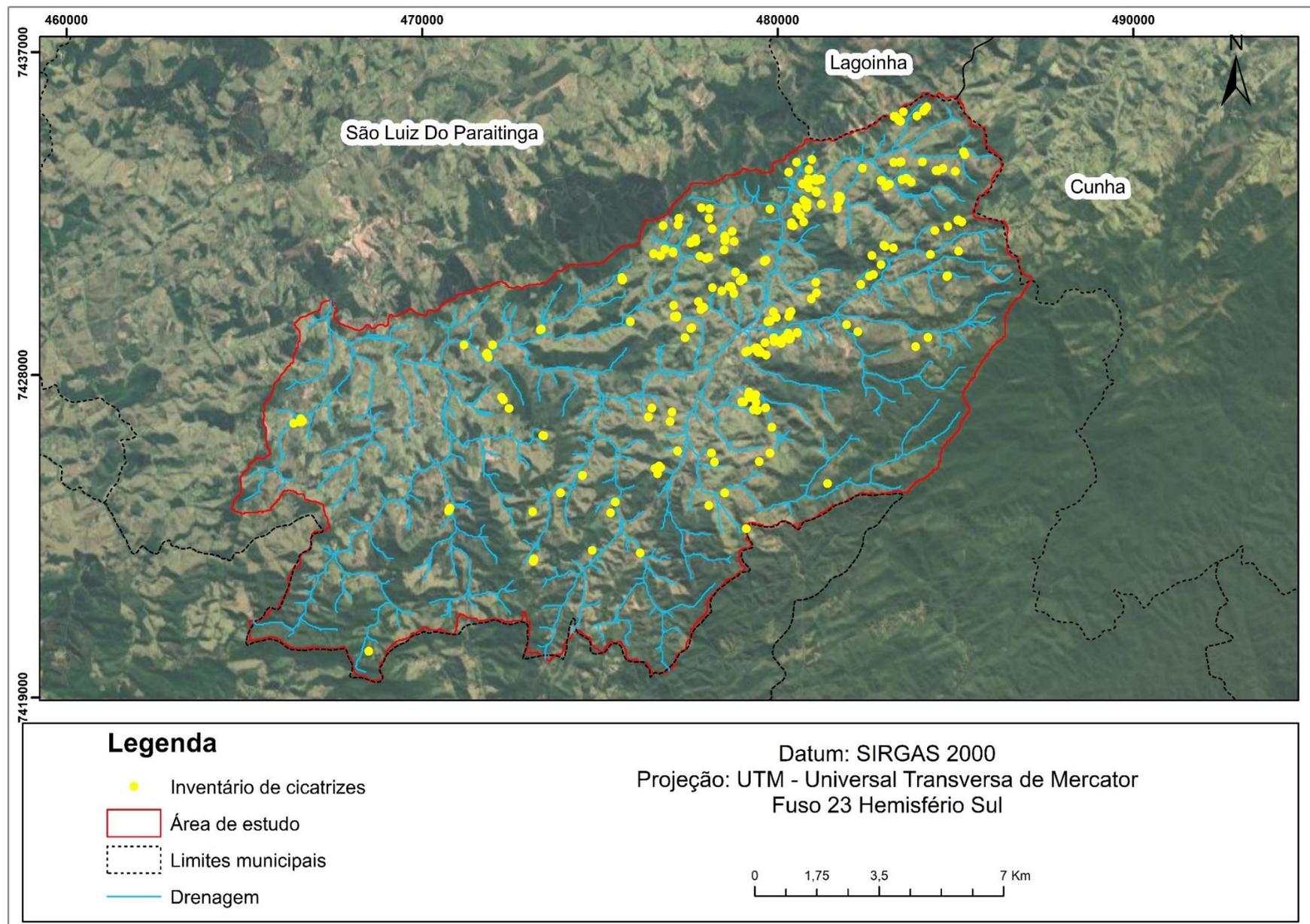


Figura 14: Mapa inventário de Cicatrizes. Fonte: Oliveira et al (2018)

Com a finalidade de elaborar o mapa de densidade de fraturas foi utilizado o *software* Arcgis e a ferramenta *line density*, com base na pesquisa realizada por DIAS (2019) em que se utilizou do mesmo recurso para estudar a suscetibilidade a escorregamentos rasos a partir da avaliação estatística no município de Caraguatatuba-SP. Para uma melhor representação dessa densidade foi adotado o valor 50 para os parâmetros *output cell size* e *search radius*. A adoção desses valores foi baseada nos testes realizados com outros tamanhos de célula e janela móvel que se mostraram inadequados para utilização na Bacia do Rio Chapéu, com exceção do valor 50, adotado nessa pesquisa para São Luiz do Paraitinga, bacia do Rio Chapéu (**Figura 15**).

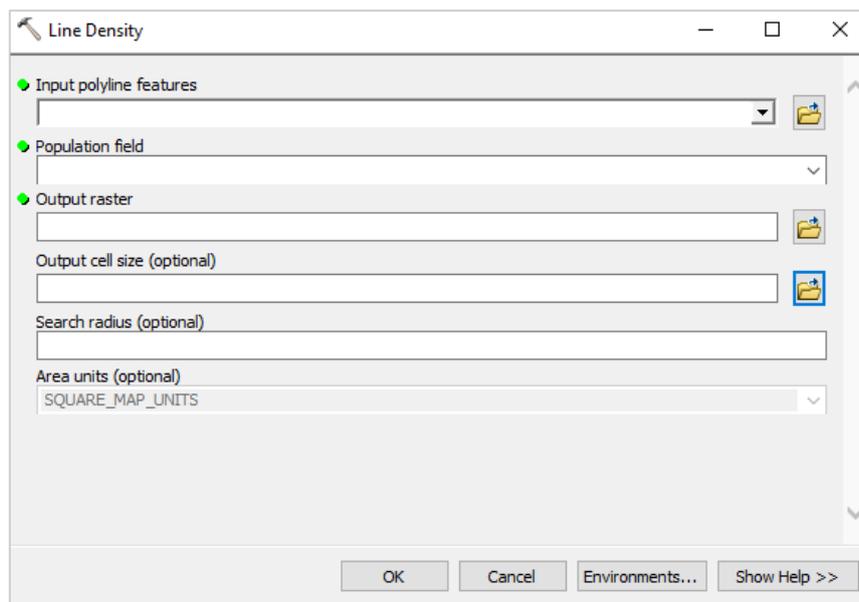


Figura 15. Caixa de diálogo da ferramenta *Line Density* do SIG Arcgis 10.5

Após a etapa da caixa de diálogo da ferramenta *line density*, foi realizado recorte do raster gerado com o uso da ferramenta *extract by mask*, assim definindo a densidade de fraturas no contorno da área de estudo. Em seguida foi criada uma coluna com o número 1 na tabela de atributos do *software* Arcgis para que as áreas de ocorrência e não ocorrência de escorregamentos sejam diferenciadas.

Buscando uma melhor interpretação do mapa densidade de cicatrizes, as classes de densidade foram divididas em cinco categorias (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Para isso foi considerado a espacialização adquirida por esses padrões, e além disso, foi adotado o método de Quebras Naturais de Jenks. Assim, eles podem ser distribuídos da melhor forma a partir dos dados gerados uma vez que esse método maximiza a diferença entre as classes e também a homogeneidade interna entre as classes. Após tal etapa foi realizada a transformação do vetor inventário de cicatrizes em raster por meio da ferramenta *point to raster*, tendo em vista que a densidade de cicatrizes se encontrava nesse mesmo formato.

Por fim, para relacionar o raster densidade de fraturas e o de inventário de cicatrizes foi feita a sobreposição dos mesmos utilizando a ferramenta *Extract by mask*.

Cabe ressaltar que algumas pequenas áreas não foram contabilizadas na análise da densidade de fraturas pois em tais regiões não foi possível gerar uma célula de raio 50 por questão de espaço insuficiente nas delimitações da bacia do Rio Chapéu.

4.3 Diagrama de Rosetas

A elaboração dos diagramas de roseta tomou como base o estudo realizado por Salvin (1999).

Nessa etapa foi utilizado o software Arcgis para converter o *shapefile* das fraturas em extensão DXF, compatível ao software AutoCAD, e posteriormente importado no software Daisy3, versão 5.38-20 que calcula a linha de melhor ajuste tendo como parâmetro o modelo de distribuição estatística gaussiano.

Na última etapa, já no software Daisy, foi considerado uma quantidade de 3 ciclos (**Figura 16**), tanto para o diagrama baseado na frequência, quanto no tamanho, para que as análises pudessem ser feitas de modo mais confiante. A quantidade desse número de ciclos foi escolhida a partir dos diagramas gerados e que melhor representam as principais falhas da bacia hidrográfica.

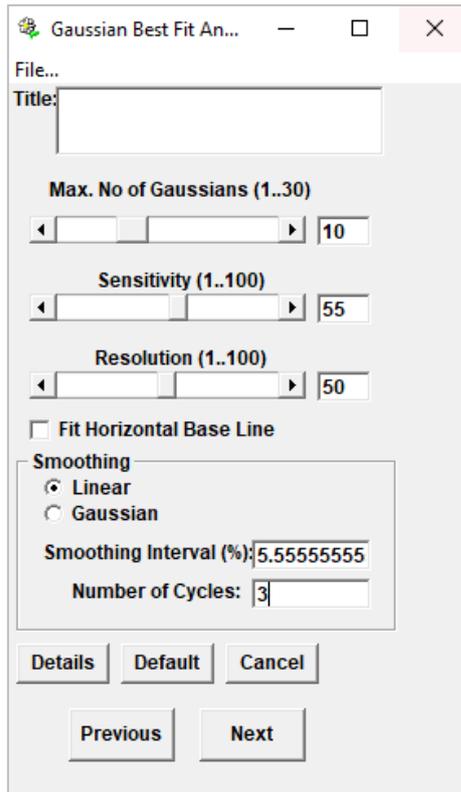


Figura 16: Exemplo de preenchimento da caixa de diálogo do software Daisy3

5. RESULTADOS e DISCUSSÃO

5.1 Mapa de litoestruturas da Bacia do Rio Chapéu

Com a utilização do Software Dayse3 foi possível identificar 1675 fraturas e partir disso, analisar as suas principais direções (**Figuras 18-a e 18-b**). Entretanto, há um total de 1677 fraturas, que foram identificados no software ArcGIS (**Figura 17**), porém essa diferença se mostra insignificante tendo em vista que foram ocultados somente duas na elaboração das rosetas de frequência e tamanho, o que não comprometeu os resultados obtidos.

Duas rosetas de um total de três se sobressaem, aquela com maior frequência possui ângulo azimutal de 60.90° e direção NE-SW, a segunda apresenta -65.01° de ângulo azimutal e direção WNW-ESE. Isso significa que, grande parte das fraturas estão direcionadas a NE-SW e a um ângulo de 65.90° , enquanto uma quantidade menor, porém não menos importante, está direcionada a WNW-ESE e ângulo de -65.01° . A roseta com menor frequência possui

ângulo azimutal de -15.36° e direção NNW-SSE, significando que uma pequena quantidade de fraturas está disposta nessa orientação.

É importante ressaltar o desvio padrão, representado no diagrama de rosetas por *sd* (*standard deviation*), de cada frequência, pois ele é o responsável por determinar a precisão desses índices. As roseta com as maiores frequências possuem um desvio padrão de 16.22° e 18.79° , demonstrando que tais dados podem ser considerados confiáveis, pois as fraturas que fogem das angulações e direções de 60.90° NE-SW e -65.01° WNW-ESE alteram, em média, 17.50° . Apesar desse valor ser elevado, ele é menor comparado ao das outras rosetas.

A roseta de menor frequência possui desvio padrão maior em comparação as anteriores, apresentando angulação de 28.24° , ou seja, algumas fraturas enquadradas nessa categoria se deslocam, aproximadamente, esse valor em relação ao ângulo e direção padrões de -15.36 NNW-SSE.

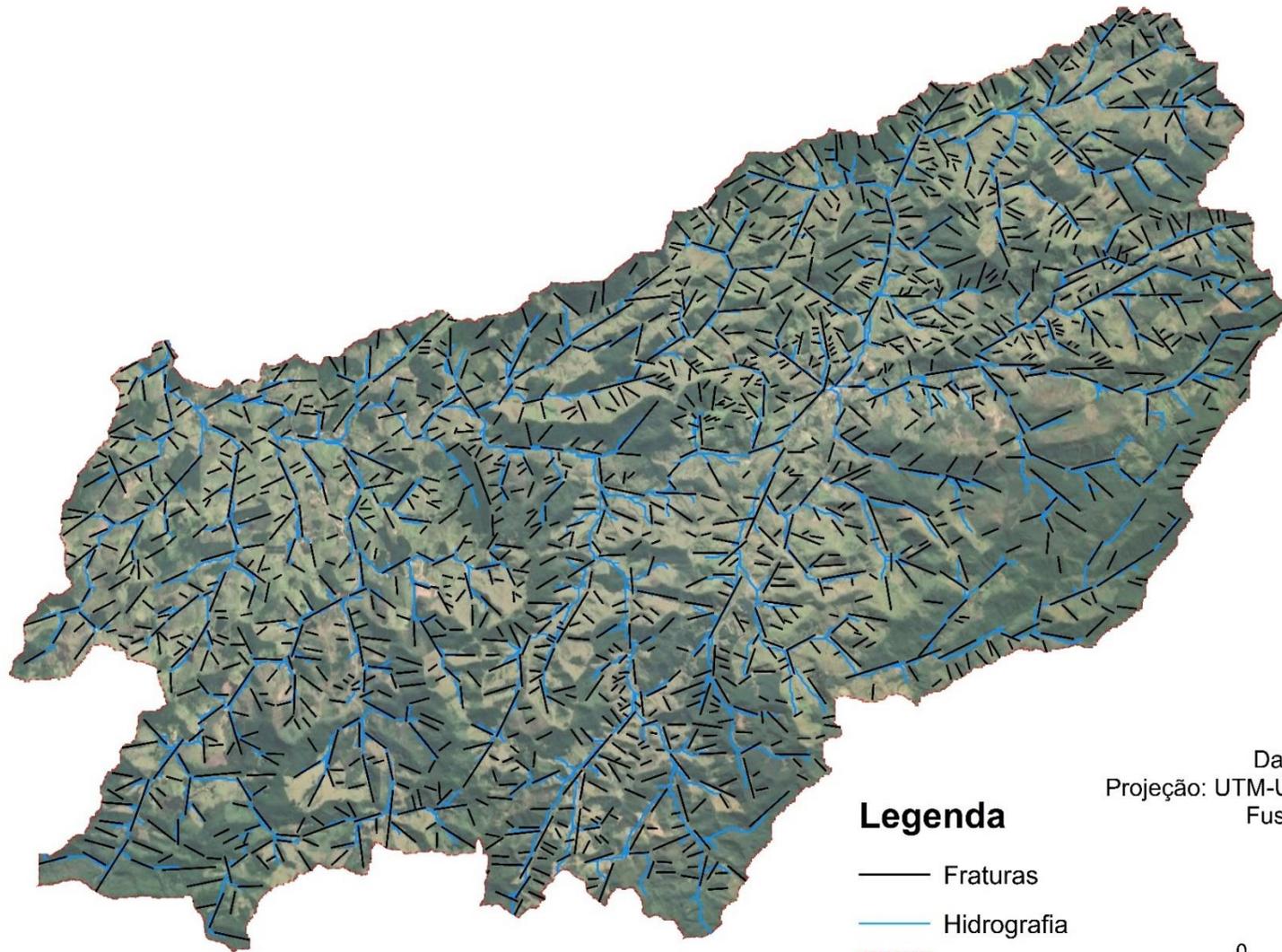
No que diz respeito ao tamanho das fraturas, tem-se apenas duas únicas rosetas. A roseta que representa as maiores possui angulação de 58.99° e direção NE-SW, enquanto a que representa as menores dispõe -47.29° e direção NW-SE. Os desvios padrões dessas rosetas são, respectivamente, de 23.16° e 26.85° , em média 25.00° . Isso significa que, os fraturas enquadradas nessas orientações podem variar seus ângulos azimutais, em média, 25.00° , portanto algumas delas estão deslocadas em relação às angulações azimutais e direções padrão.

Analisando os diagramas de rosetas baseados na frequência associado ao tamanho, tem-se que as fraturas com as maiores frequências são, também, as maiores. Entretanto, as fraturas mais frequentes e ao mesmo tempo maiores com direção NE-SW possuem uma pequena diferença em relação ao ângulo azimutal se comparados de forma distinta em seus diagramas.

O diagrama de frequência apresenta 60.90° e o de tamanho, 58.99° , portanto uma diferença de 1.91° , que pode ser desprezada e considerado que as fraturas de maior frequência e tamanho são exatamente as mesmas. Por outro lado, as fraturas em segunda posição relacionado tanto à frequência quanto ao tamanho, com direções, respectivamente, de WNW-ESE e NW-SE, apresentam uma diferença maior ao comparar seus diagramas de

modo independente. As fraturas do diagrama de frequência possuem ângulo de -65.01° enquanto as fraturas do diagrama de extensão possuem ângulo de -47.29° , sendo a diferença entre elas de 17.72° .

Delineamentos estruturais na Bacia do Rio Chapéu - SP



Legenda

- Fraturas
- Hidrografia
- Área de Estudo

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM-Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 Hemisfério Sul

1:100.000

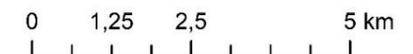


Figura 17: Fraturas presentes na bacia do Rio Chapéu

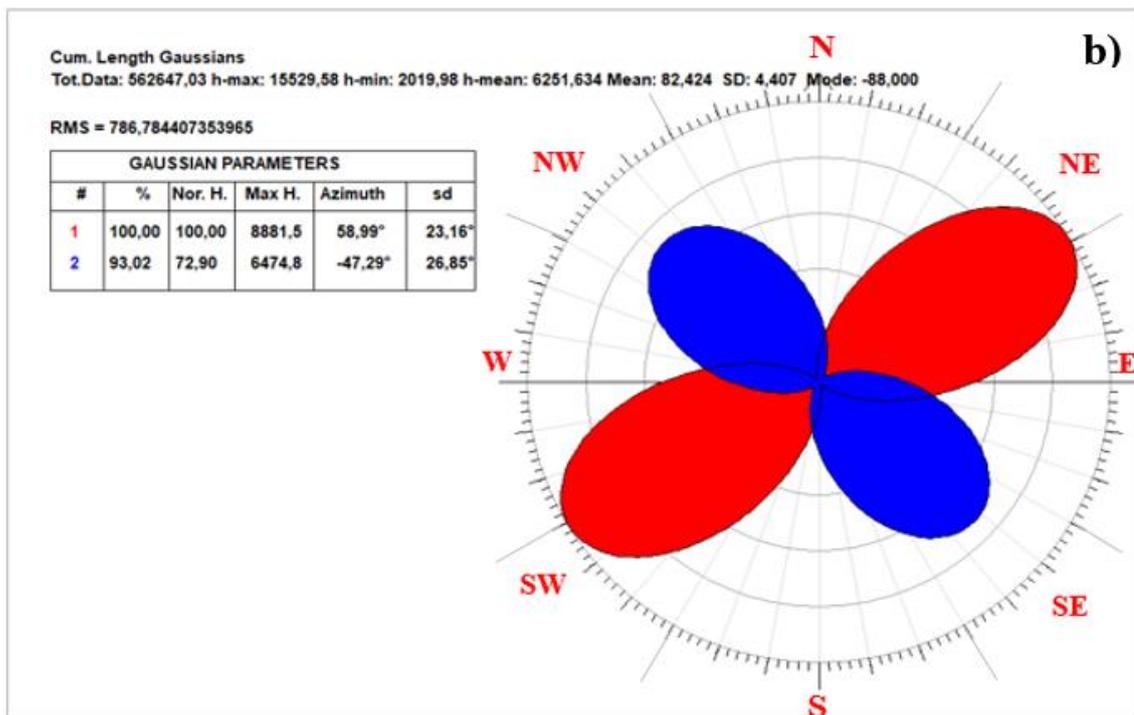
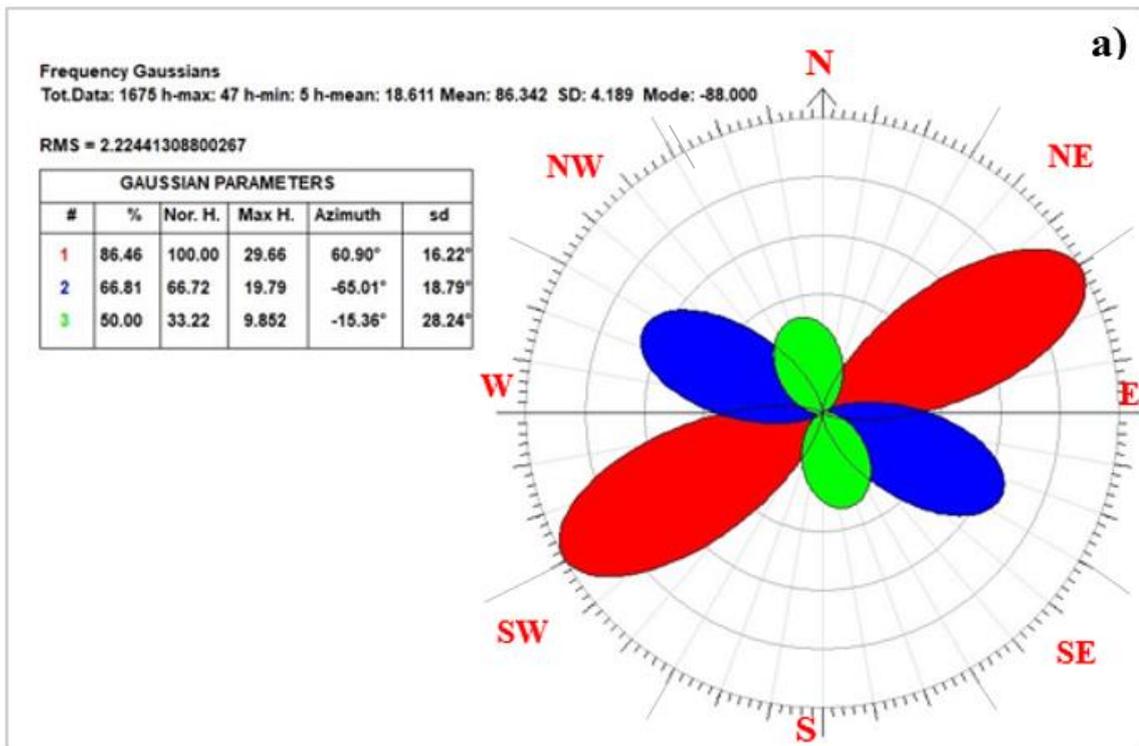


Figura 18: a) Diagrama de rosetas referente à variável frequência. b) Diagrama de rosetas referente à variável tamanho

5.2 Relação entre litoestrutura e escorregamentos

A partir do mapa de densidade de fraturas (**Figura 21**) foi possível identificar a área das diferentes classes de fraturas. Predomina-se áreas de densidade de fraturas muito baixa, com maior densidade de fraturas em regiões localizadas.

As secundárias são compostas pelas classes de densidade baixa (6,937%) e média (8,567%). A que ocupa menor área na bacia hidrográfica é a classe de densidade muito alta (0,447%) (**Figura 19**).

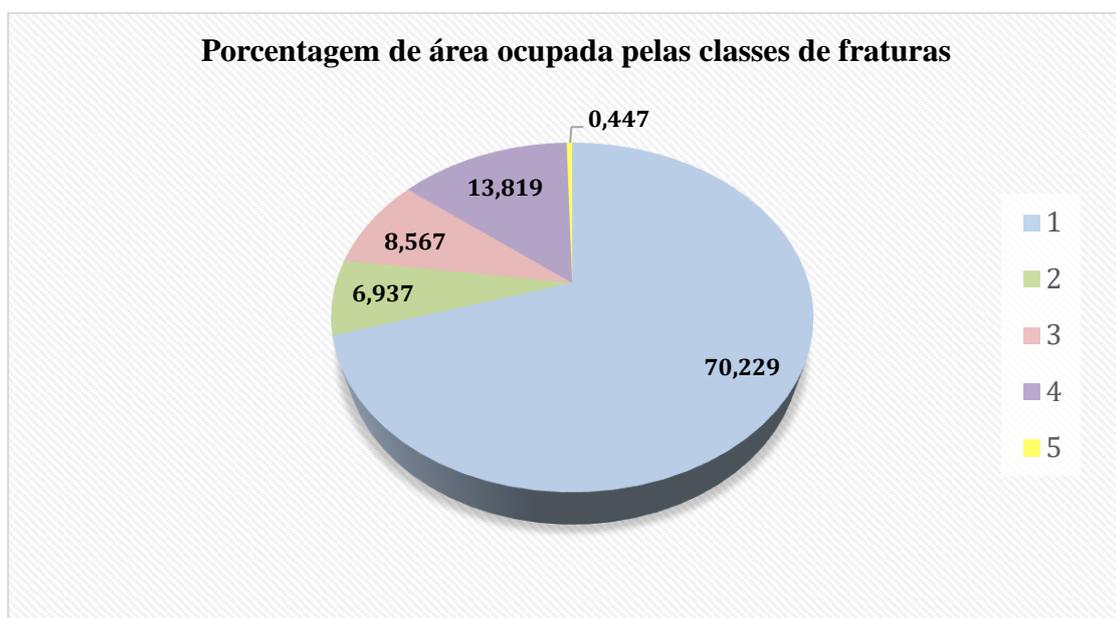


Figura 19: Relação entre as classes de fratura e a área em que ocupam na bacia hidrográfica

Pode-se afirmar que as classes de fraturas correspondentes às 4 primeiras classes (muito baixa, baixa, média e alta) estão dispersas pela bacia hidrográfica, porém a classe de fratura de densidade muito alta, se concentram, sobretudo, no centro-leste. Essa concentração da classe de densidade de fratura muito alta pode estar relacionado com a presença de conjunto de falhas na região centro-oeste da bacia do Rio Chapéu (**Figura 20**).

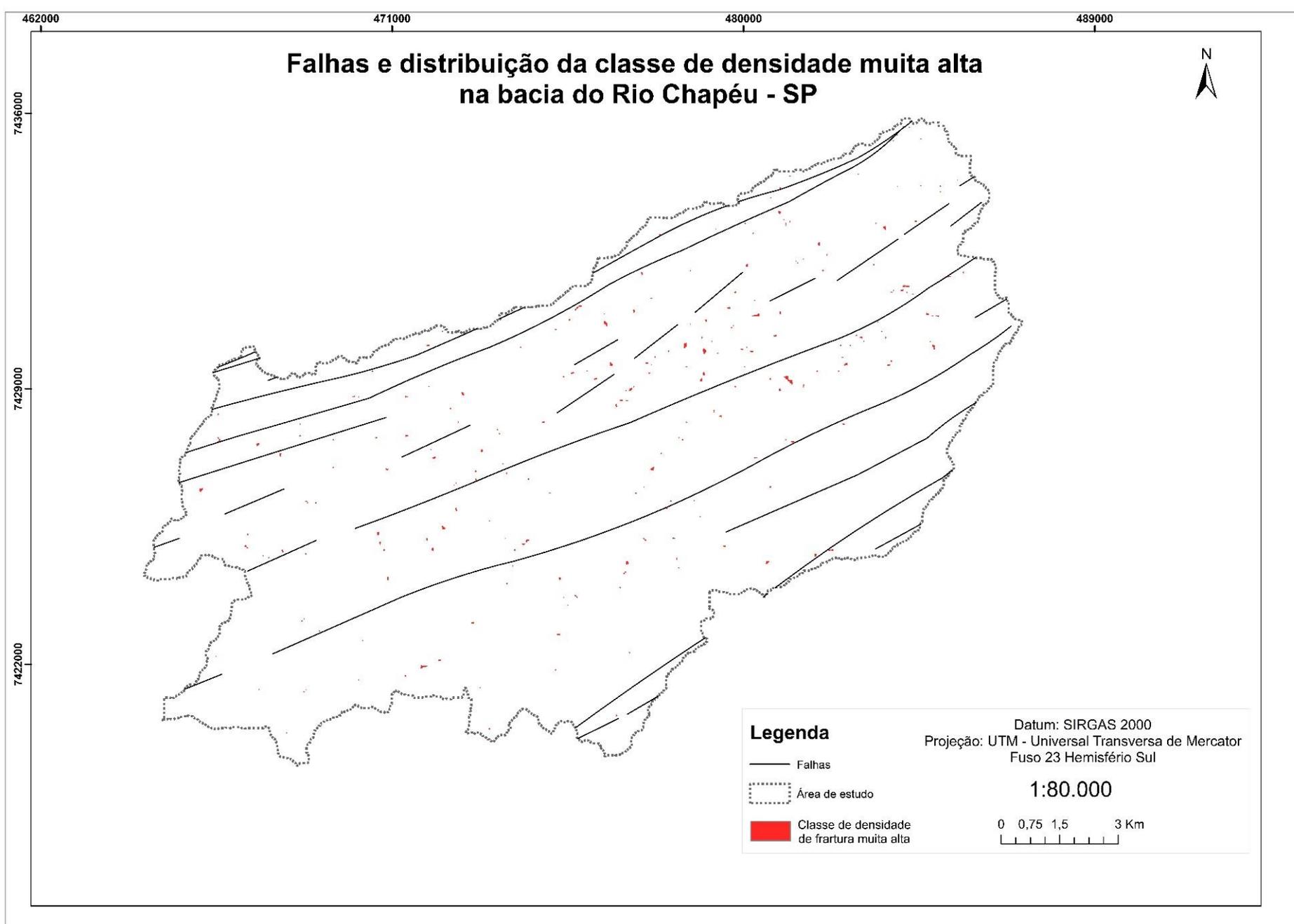


Figura 20 - Estrutura de falhas e classe de densidade muito baixa na área de estudo. Fonte: HASUI, 2010

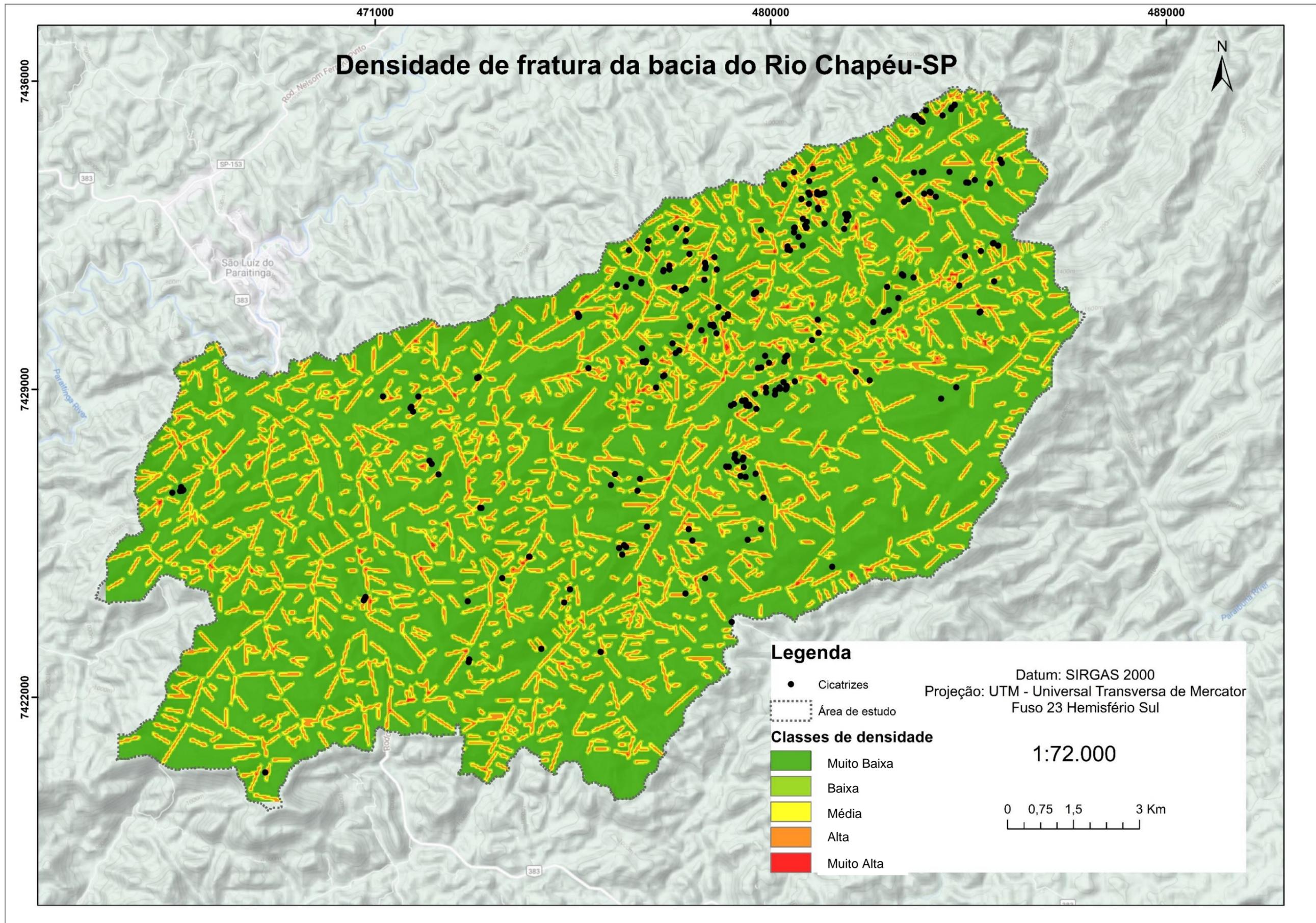


Figura 21: Mapa de densidade de fraturas na bacia do Rio Chapéu

Em perspectiva das cicatrizes, mais da metade (65,77%) está concentrada na classe de densidade muito baixa. Em segundo plano, se destacam as classes de densidade alta (16%), média (9,33%) e baixa (7,55%). Por fim, a menor porcentagem de cicatrizes está inserida na classe de densidade muito baixa, que ocupa menos de 0,5% da bacia do Rio Chapéu (**Figura 22**).

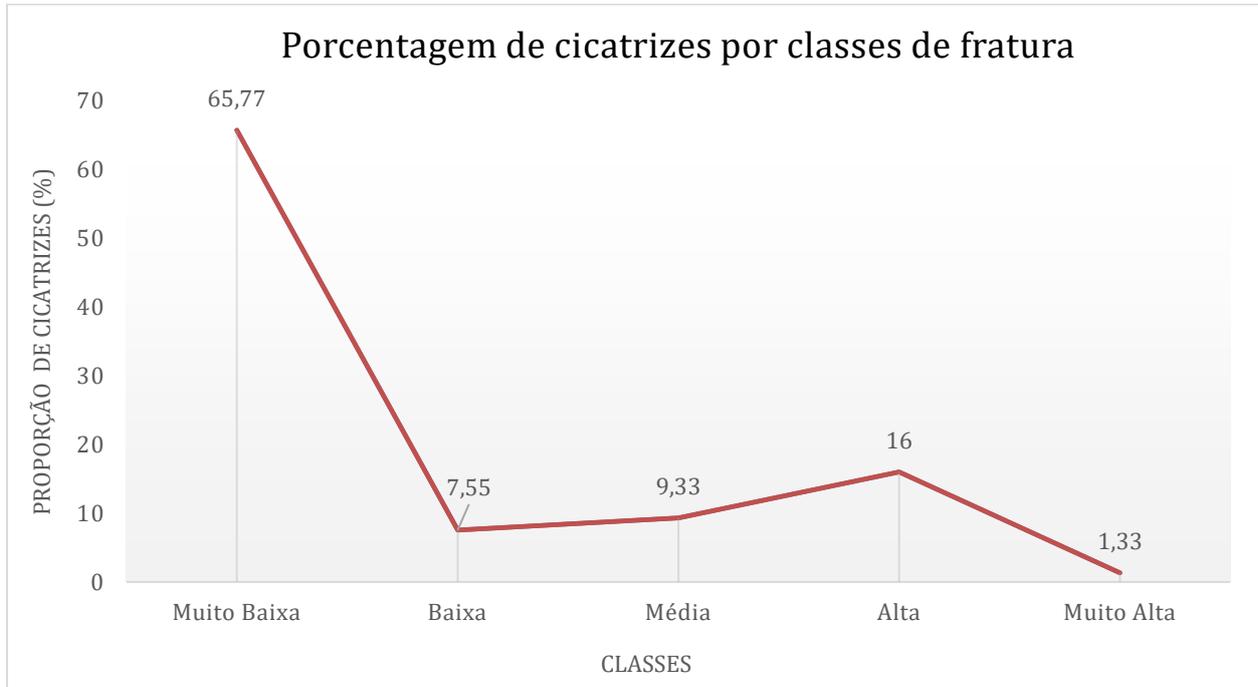


Figura 22: Distribuição do percentual de cicatrizes nas classes de fraturas

A partir do que foi apresentado acima, pode-se inferir que a densidade de fraturas tem relevância na ocorrência de escorregamentos, mas não é determinante tendo em vista que as cicatrizes estão concentradas em sua maioria nas áreas em que a densidade é muito baixa.

6. CONCLUSÕES

- Ao utilizar o método de análise das fraturas foi possível alcançar objetivo da pesquisa, que tinha como foco compreender como elas influenciam na suscetibilidade de escorregamentos.
- A ferramenta *line density* serviu de bom parâmetro para análise dos dados pois possibilitou o desenvolvimento do objetivo da pesquisa. Além disso, foi um método que forneceu percepção da área de estudo satisfatória, tendo em vista que não foi possível realização de trabalho de campo para averiguação dos processos *in situ*.

- As fraturas pertencentes as rosetas com segunda maior frequência e tamanho não podem ser consideradas as mesmas, pois houve uma junção das rosetas de menor frequência no diagrama de tamanho.
- Para trabalhos futuras recomenda-se a análise comparativa entre a extensão das fraturas e as classes nas quais elas pertencem, afim de identificar se nas áreas mais suscetíveis, o tamanho das fraturas é um fator relevante.

7. BIBLIOGRAFIA

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILLI, J. C. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A. M. S E BRITO, S. N. A. (EDS) (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2015. p. 243 – 269.

BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K.; PENTEADO, D.R.; AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R.; GUEDES, A.C.M. (2010). **Desastres Naturais e Ricos em São Luiz do Paraitinga (SP)**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

BROLLO, M.J.; FERREIRA, C.J. (2009). **Indicadores de desastres naturais no Estado de São Paulo**. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, XI, Águas de São Pedro, SP, 14 a 17/10/2009, Sociedade Brasileira de Geologia.

CALISTA, M.; MICCADEI, E.; PIACENTINI, T; SCIARRA, N. (2019). **Morphostructural, Meteorological and Seismic Factors Controlling Landslides In Weak Rocks: the case studies of Catelnuovo and Ponzano (North East Abruzzo, Central Italy)**. Revista Geociencias.

DANTAS, M. E.; BRANDÃO, R.L.; FERRASSOLI, M.A.; SHINZATO, E.; SANTANA, M.S. (2015). **Condicionantes litoestruturais e morfopedológicos na determinação de suscetibilidade a movimentos de massa, transecto Barra do Pirai-Ipiabas, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul/RJ**. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental.

DIAS, H. (2019). **Modelagem da suscetibilidade a escorregamentos rasos com base em análises estatísticas**. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S/A (EMPLASA). **Projeto Mapeia São Paulo**. Ortofotos de 2010 e 2011. SP.

FERNANDES, N. F. e AMARAL, C.P. (2003). **Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia e Meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 123- 181.

FOSSSEN, H. **Geologia Estrutural**. 1ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GATTO, L. C. S.; RAMOS, V. L. S.; NUNES, B. T. A.; MAMEDE, L.; GÓES, M. H. B.; MAURO, C. A.; ALVARENGA, S. M.; FRANCO, E. M. S.; QUIRICO, A. F.; NEVES, L. B. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL - Levantamento dos Recursos Naturais. Folhas SF23/24 Rio de Janeiro/Vitória, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Volume 32. ed. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia Secretaria Geral, 1983. p. 305–385.

GUEDES, I. (2014). **Análise morfotectônica do Planalto Ocidental Paulista, ao Sul do Rio Tietê: indicadores de deformações neotectônicas na fisiografia da paisagem**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

GUEDES, I. C.; MORALES, N.; ETCHEBEHERE, M. L.C.; SAAD, A.R. (2015). **Indicações de deformações neotectônicas na bacia do rio pardo-sp através de análises de parâmetros fluviomorfométricos e de imagens SRTM**. Revista Geociências, v. 34, n. 3, p.364-380.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1984). **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2a edição ed. São Paulo: Editora Blucher.

HASUI, Y. **A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional**. *Geociências*, V. 29. N. 2, p. 141-169, 2010.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População em área de risco no Brasil**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacaoareasderisco/>. Acesso em: 29/11/2019.

IG-SMA - Instituto Geológico – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. (2008). Mapeamento de áreas de risco associadas a escorregamentos e inundações em São Luiz de Paraitinga. São Paulo. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo: Instituto Geológico, **Relatório Técnico**.3-4p.

IPT (1991). **Ocupação de encostas**. Publicação IPT N°.1831.

JENKS, G. F. (1977). **Optimal data classification for choropleth maps**. Geography Department Occasional Paper, 22

JUNIOR, M.D.S; SANTOS, M.L.; SALAMUNI, E.; STEVAUX, J.C.; MORALES, N. (2013). **Análise morfotectônica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR, curso inferior**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 14, n° 2, p.213-220.

OLIVEIRA, M.R.; VIEIRA, B.C.; ROSS, J.L.S. (2018). **Suscetibilidade Morfológica e Geológica aos Escorregamentos no Planalto de Paraitinga-Paraibuna (SP)**. Revista do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, SP.

OLIVEIRA, M. R. (2019). **Análise de parâmetros morfológicos e litoestruturais e sua relação com escorregamentos no Planalto Paraitinga – Paraibuna – SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, SP.

ROSS, J.L.S.; MOROZ. I.C. (1997). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Departamento de Geografia (FFLCH-USP). Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada-IPT/FAPESP. Escala 1:500.000.

SALVIN F., BILLI A., WISE D.U. (1999). **Strike-slip fault propagation cleavage in carbonate rocks: the Mattinata fault zone, Southern Apennines, Italy**. Journal of Structural Geology. Vol. 21, p. 1731-1749 ISSN: 0191-8141.

SELBY, M. J. (1993) **Hillslope Materials and Processes**. Oxford University Press, Oxford, p.451.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. (1999). **Integração Geológica da Folha Santos SF.23-Y- D. Estado de São Paulo**. São Paulo.

SUMMERFIELD, M. J. **Global Geomorphology**. New York: Routledge, 2013.

TOMINAGA, K.L. (2012). **Escorregamentos**. In: Desastres Naturais: conhecer para prevenir. Org. TOMINAGA, K.L.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente e Governo do Estado de São Paulo.