

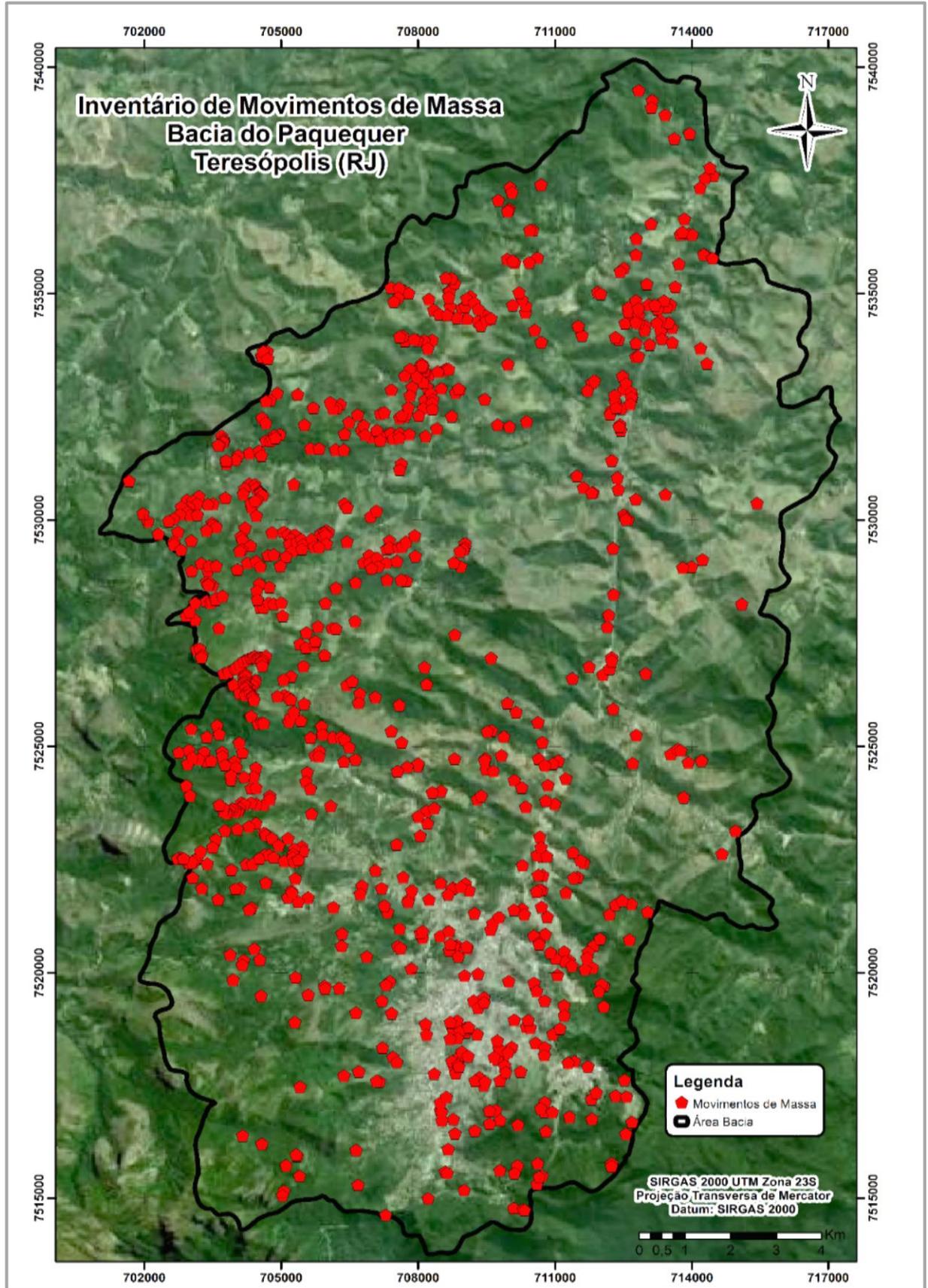
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Mapa de Inventário

Os pontos de movimentos de massa obtidos a partir das imagens de satélite GeoEye, disponibilizadas pelo Google Earth (2011) logo após o Megadesastre, foram agrupados com o cadastro de movimentos fornecidos pelo DRM (2014) e com os pontos mapeados por Dourado (2006) sendo juntos, contabilizados 914 pontos. Estes dados, foram aplicados no ArcGIS 10.2.2 e geraram, como produto, um mapa de Inventário de Movimentos de Massa da Bacia do Paquequer (Figura 33).

Assim, além de apresentar a distribuição destes eventos na área de estudo, este mapa serviu de base para as correlações entre as ocorrências de movimentos de massa e cada plano de informação selecionado como possível condicionante na análise da suscetibilidade.

Figura 33 - Mapa de Inventário de Movimentos de Massa da Bacia do Paquequer



Fonte: A autora, 2015, com base em DOURADO, 2006; DRM, 2014 & GOOGLE EARTH, 2014.

5.2 Tabulação Cruzada

Foi realizada uma tabulação cruzada com os 914 pontos de movimentos de massa mapeados e cada um dos Planos de Informação selecionados para o presente trabalho. Esta análise espacial procurou compreender a influência de cada classe das condicionantes na ocorrência destes eventos, relacionando a frequência destes (*ocorrência por classe/total de movimentos*) e densidade (*ocorrência por classe/área da classe (km²)*) nas respectivas áreas selecionadas. Os resultados da análise foram dispostos em tabelas e gráficos.

5.2.1 Declividade x Movimentos de Massa

A correlação entre as classes de declividade e movimentos de massa, a partir da Tabela 17, demonstra que a maior frequência destes eventos, correspondente a 53,06 % do total, se encontra nos intervalos entre 8 a 20%, relativo a relevos ondulados, seguido dos intervalos entre 20 a 45 %, associados a relevos do tipo forte ondulados, com 26,58% da frequência. As áreas correspondentes a estas duas classes, associadas a moderada e alta suscetibilidade, são influenciadas diretamente por suas condições físicas e fatores externos, como ocupações irregulares.

Contudo, levando-se em conta a densidade de cada classe, na qual considera não apenas a quantidade de pontos como também a área destas, pode-se afirmar que as maiores declividades possuem maior destaque, mesmo apresentando baixa ocorrência de movimentos, com 52,57% do total para o relevo fortemente montanhoso, seguido do montanhoso, de aproximadamente 20,6% (Figura 34).

Esta baixa ocorrência de movimentos nas classes com maiores densidades pode estar diretamente ligada ao tamanho de suas áreas, visto que estas correspondem juntas a apenas 0,35% do total da bacia.

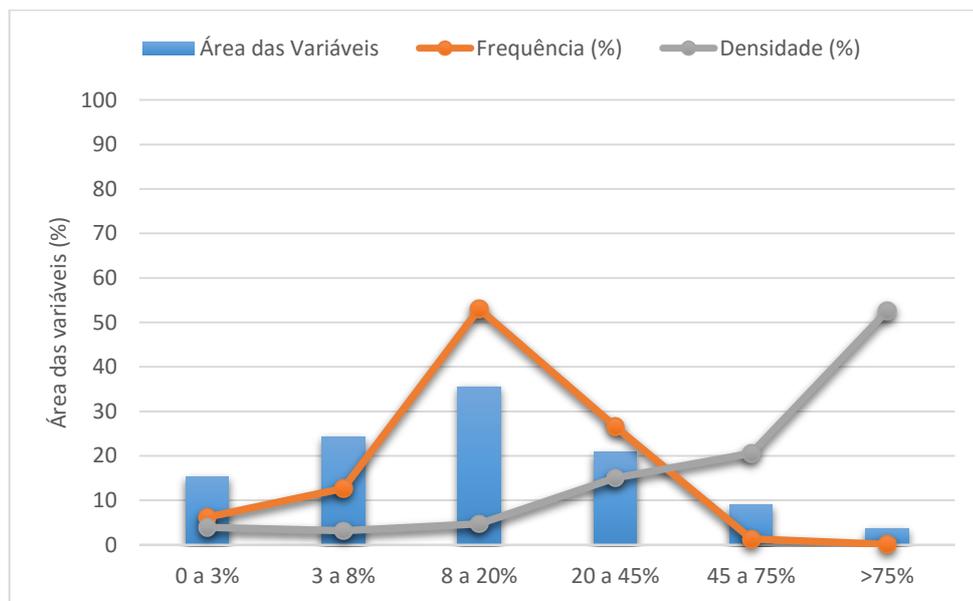
Além do mais, Bispo et al. (2009); Casetti (2005); Venancio et al. (2013); Oliveira & Simões (2014), afirmam que a declividade pode influenciar diretamente na ocorrência de movimentos de massa, principalmente nas encostas com maiores valores, onde o fator gravidade atua com maior força sobre estes locais (velocidade do material deslocado diretamente proporcional a declividade).

Tabela 17 - Correlações entre as classes de declividade x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrências	Frequência (%)	Densidade (%)
Plano (0 a 3%)	57	6,23	3,91
Suave Ondulado (3 a 8%)	116	12,69	3,17
Ondulado (8 a 20%)	485	53,06	4,71
Forte Ondulado (20 a 45%)	243	26,58	15,04
Montanhoso (45 a 75%)	12	1,31	20,57
Forte Montanhoso (>75%)	1	0,1	52,57

Fonte: A autora, 2015.

Figura 34 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Declividade



Fonte: A autora, 2015.

5.2.2 Orientação das Vertentes x Movimentos de Massa

Relacionado a orientação das vertentes, a frequência e densidade de movimentos para esta condicionante foi maior no sentido N, com 17,39% e 14,29% do total, respectivamente, apresentado na tabela 18 e figura 35.

A orientação das vertentes, segundo Vanacôr (2006) & Valeriano (2008) está intimamente ligada a direção dos ventos e insolação, o que condiciona maior ou menor

concentração de água em suas formações. Por outro lado, na Serra do Mar, área da qual faz parte o presente estudo, as orientações das encostas estão sujeitas a morfologia e direção dos canais fluviais (GUIDOLINI et al., 2012). Este fato pode explicar a maior frequência de movimentos neste sentido, mesmo sendo um local que naturalmente recebe maior insolação (SILVA NETO, 2013); fato este que poderia minimizar a ocorrência dos processos.

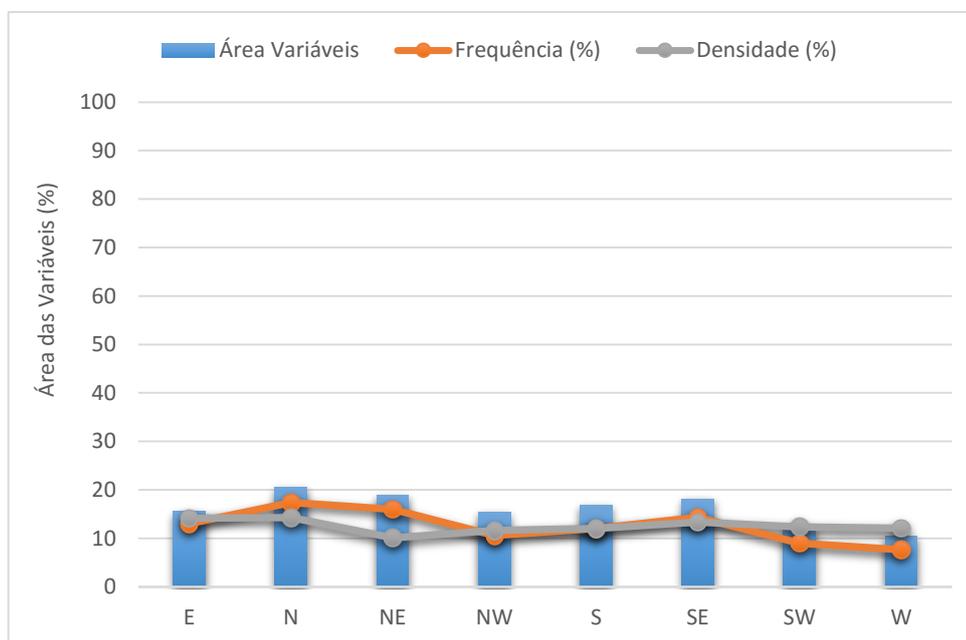
Ainda assim, todos os seguimentos de vertente apresentaram uma expressiva quantidade de movimentos, com densidades relativamente equilibradas. Guidolini et al. (2012) explicitam que este fato pode estar atrelado a relação direta das cicatrizes de movimentos com a posição das encostas, direcionadas às maiores inclinações.

Tabela 18 - Correlações entre as classes de Orientação da Vertente x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrências	Frequência (%)	Densidade (%)
E	119	13,01	14,13
N	159	17,39	14,29
NE	146	15,97	10,1
NW	97	10,61	11,65
S	110	12,03	12
SE	131	14,33	13,36
SW	82	8,97	12,35
W	70	7,65	12,08

Fonte: A autora, 2015.

Figura 35 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Orientação das Vertentes



Fonte: A autora, 2015.

5.2.3 Forma do Terreno x Movimentos de Massa

Para as classes de Forma do Terreno, a tabela 19 e o gráfico (Figura 36) demonstram que a maior ocorrência de movimentos é proveniente da classe côncava-convergente, com 265 pontos, o que corresponde a 29 % da frequência total.

Isto pode ser explicado pelo fato de que a superfície côncava-convergente apresenta grande concentração e acúmulo de escoamento (VALERIANO, 2008). Assim, na medida em que ocorre o aumento do fluxo de água, potencializa-se o transporte de material dendrítico de maiores dimensões, removendo e deslocando partículas superficiais do solo para canais de drenagem a jusante, propiciando a geração de movimentos de massa (SILVA NETO, 2013).

Por sua vez, quando a densidade de movimentos é avaliada, observa-se que a classe da forma convexa-planar, detém o maior percentual dentre as classes analisadas. Estas, segundo o IPT (1991), apresentam em média, maiores espessuras de solos, o que pode influenciar na instabilidade de encostas, potencializando uma ruptura mais profunda. Kozciak (2005), ainda aponta que no estudo de movimentos

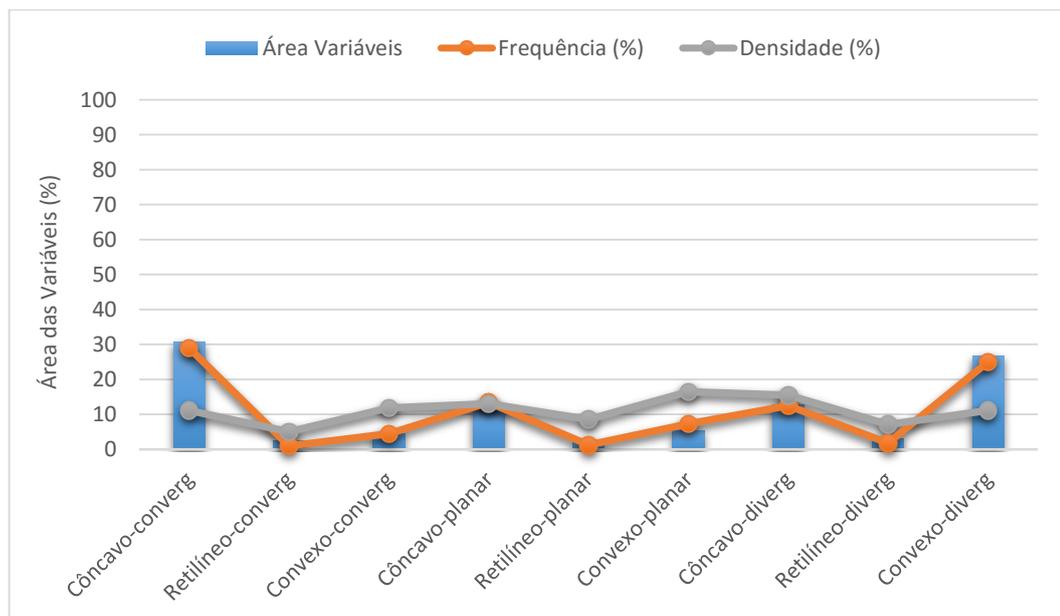
de massa na Serra do Mar Paranaense, foi constatado que as vertentes de forma convexas, apresentaram maior instabilidade frente as côncavas e retilíneas, corroborando com o resultado obtido na área do presente estudo.

Tabela 19 - Correlações entre as classes de Forma do terreno x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrência	Frequência (%)	Densidade (%)
Côncava-convergente	265	29	11,15
Retilínea-convergente	9	0,98	5,03
Convexa-convergente	41	4,48	11,82
Côncava-planar	123	13,45	13,09
Retilínea-planar	12	1,31	8,58
Convexa-planar	67	7,33	16,5
Côncava-divergente	151	12,52	15,52
Retilínea-divergente	17	1,85	7,11
Convexa-divergente	229	25	11,15

Fonte: A autora, 2015.

Figura 36 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Forma do Terreno



Fonte: A autora, 2015.

5.2.4 Geologia x Movimentos de Massa

Na tabela 20, a litologia que predomina na frequência de movimentos é pertencente a Suíte Serra dos Órgãos, com 577 ocorrências, ou seja, 61% do total. Porém, ao analisar a densidade destes eventos sobre a área estudada, esta classe ocupa o segundo lugar de influência, visto que a Unidade Granito Teresópolis se destaca com o maior percentual, de aproximadamente 36% (Figura 37 e tabela 20).

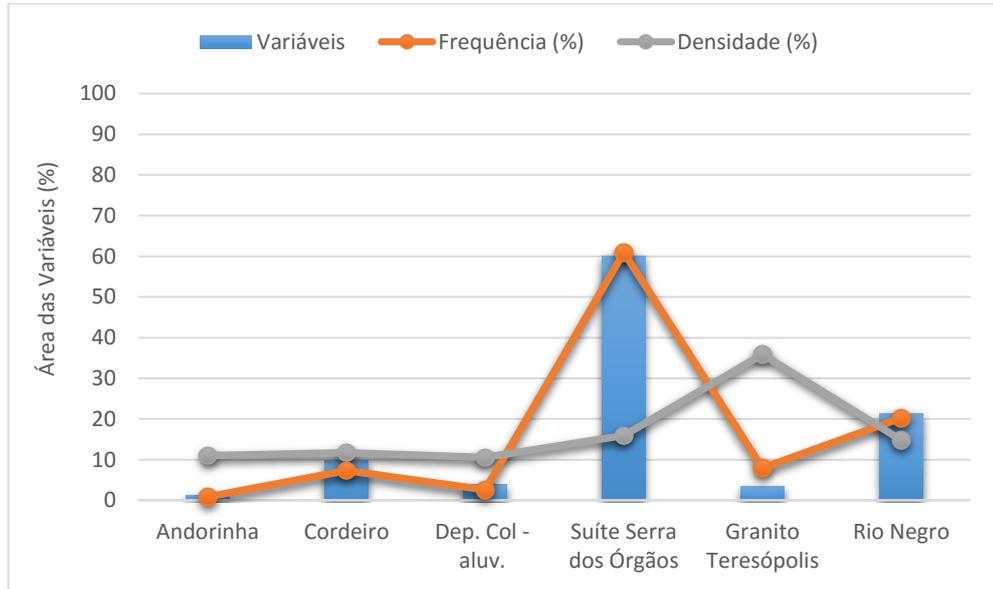
Esta unidade, como já mencionado anteriormente, ocupa apenas 6% da bacia, e caracteriza-se por ocupar locais de altas declividades, com zonas de contatos e falhas, e muitos afloramentos rochosos, neossolos litólicos e depósitos de tálus em uma matriz argilosa. Segundo Silveira & Souza (2012), isto pode ser ocasionado pela composição da rocha, intrusiva e em boa parte homogênea, que é afetada pelo intemperismo químico e físico uniforme, na forma de blocos, que desestabilizados, descem a encosta através de fluxos de detritos, contribuindo para a dominância de colúvios com blocos (tálus).

Tabela 20 - Correlações entre as classes de Litologia x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrência	Frequência (%)	Densidade (%)
Andorinha	8	0,87	11
Cordeiro	67	7,33	11,68
Depósitos Colúvio - Aluvionares	24	2,62	10,57
Suíte Serra dos Órgãos	557	60,94	15,95
Granito Teresópolis	73	7,98	35,89
Rio Negro	185	20,24	14,88

Fonte: A autora, 2015.

Figura 37 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Litologia



Fonte: A autora, 2015.

5.2.5 Pedologia x Movimentos de Massa

Segundo a tabela 21 e figura 38, a classe de pedologia que apresenta maior frequência de movimentos de massa refere-se ao Cambissolo Háplico associado ao Latossolo Vermelho-Amarelo, com cerca de 68 % do total (619 ocorrências). Além do mais, ela está relacionada a relevo ondulado a forte ondulado, que também correspondem a maior ocorrência de movimentos de massa na bacia.

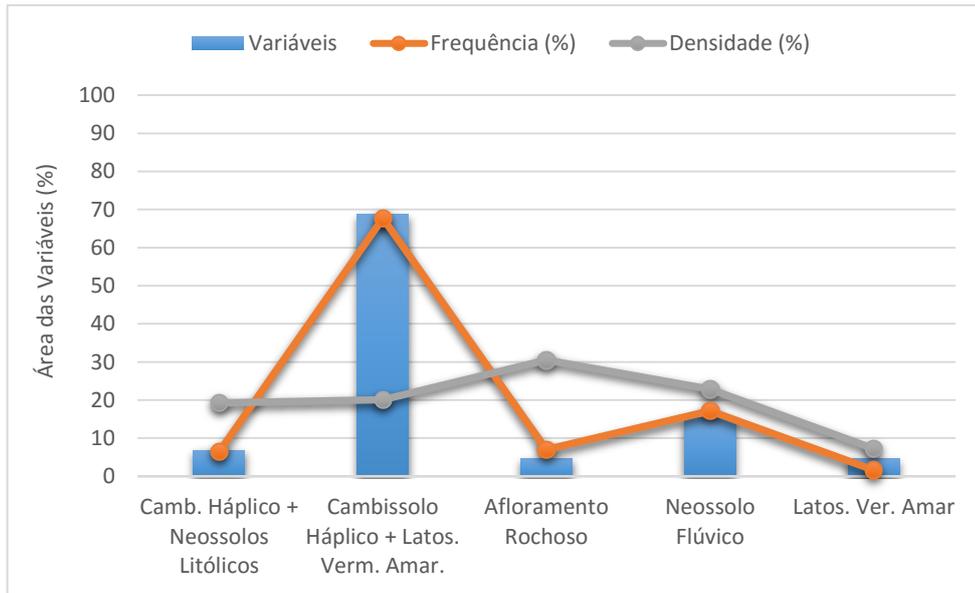
Por sua vez, quanto ao percentual da densidade, a classe representada pelos Afloramentos Rochosos apresenta maior valor, pois estão concentradas principalmente nas regiões de maior declive, áreas estas caracterizadas pelo seu alto teor de instabilidade de encostas e alta suscetibilidade a movimentos de massa, como a queda de blocos (CHRISTOFOLLETTI, 1980; EMBRAPA, 2001).

Tabela 21 - Correlações entre as classes de Pedologia x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrência	Frequência (%)	Densidade (%)
Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico associado	59	6,45	19,24
Cambissolo Háplico + Latossolo Verm- amar. associado	619	67,72	20,08
Afloramento Rochoso	64	7	30,51
Neossolo Flúvico	157	17,17	22,9
Latossolo verm. amar. + Cambissolo Háplico associado	15	1,64	7,25

Fonte: A autora, 2015.

Figura 38 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Pedologia



Fonte: A autora, 2015.

5.2.6 Geomorfologia x Movimentos de Massa

1) **Morfologia do Relevo**

Foi observado que a classe pertencente a Serras Escarpadas correspondeu a maior ocorrência de movimentos de massa, com 377 registros e maior densidade (Tabela 22), de aproximadamente 24% do total. Para Cruz (1990), as escarpas da Serra do Mar são diretamente afetadas por processos de intemperismo e pedogênese, escoamento pluvial superficial, fluxos internos e freáticos, além de movimentos de massa, especialmente os rotacionais, agravados por suas encostas íngremes.

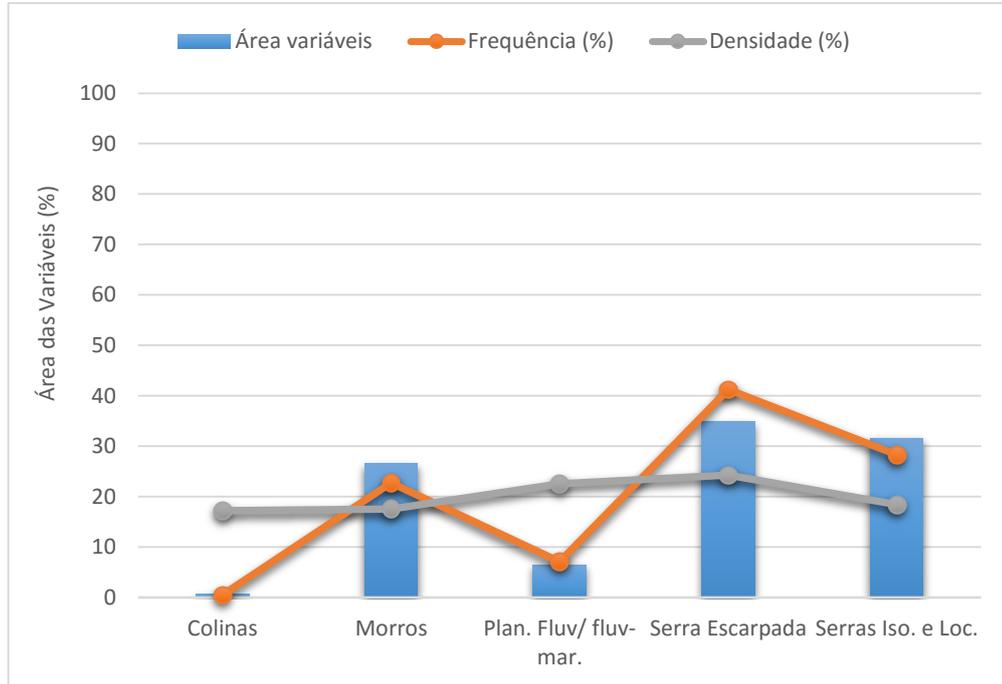
Por sua vez, a classe relacionada a declividades mais baixas, como as Planícies Fluviais e Fluvio-Marinhas, apresentou a segunda maior densidade por área de movimentos, cerca de 30,05 % do total (Figura 39). Isto pode estar relacionado, segundo Pinho et al., (2013), a conectividade entre os setores de uma vertente com a planície fluvial. O material deslocado de encostas íngremes, desencadeia a movimentação de materiais dispostos na superfície até a base, atingindo o respectivo canal fluvial, podendo gerar assoreamento, represamento ou retrabalhamento pelo fluxo do rio, o que propicia a ocorrência de movimentos de massa nestas áreas, tais como as corridas de lama.

Tabela 22 - Correlações entre as classes de Morfologia do relevo x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrências	Frequência (%)	Densidade (%)
Colinas	5	0,54	17,21
Morros	208	22,75	17,57
Planícies Fluv. e Fluvio-marinhas	65	7,11	22,52
Serras Escarpadas	377	41,24	24,27
Serras Iso. e Locais	259	28,33	18,41

Fonte: A autora, 2015.

Figura 39 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Morfologia do Relevo



Fonte: A autora, 2015.

2) Formações Superficiais

Como o demonstrado na tabela 23, a classe de formações superficiais com maior ocorrência de movimentos é a CBA, correspondente aos Colúvios Amarelos, com 291 pontos em sua área. Estas, caracterizam-se por sua cobertura argilo-arenosa, inconsolidada, que pode favorecer a solifluxão e os escorregamentos (CASSETI, 2009).

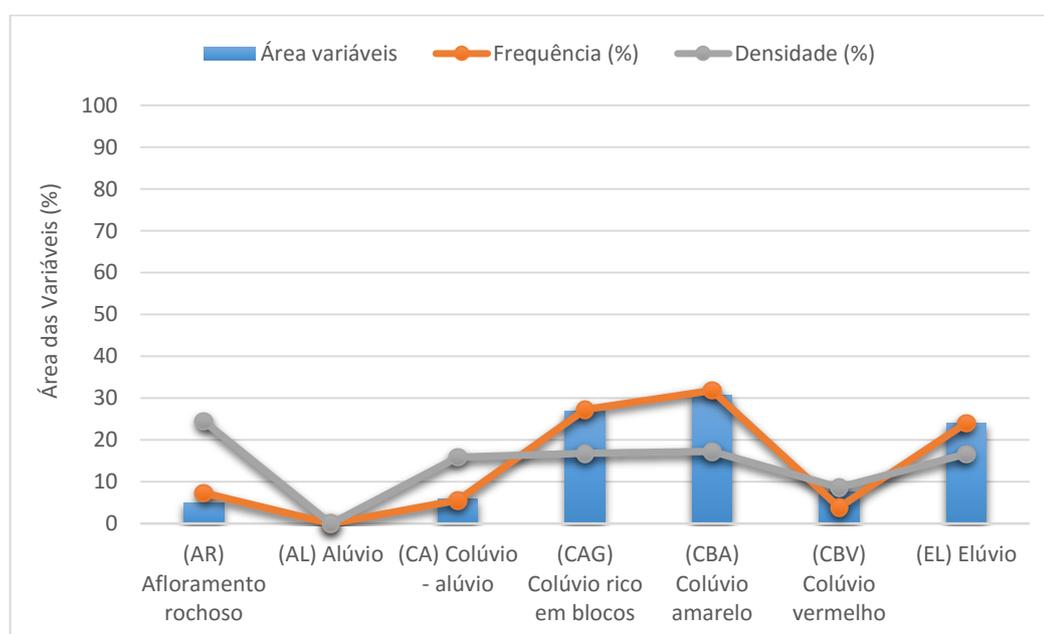
Quanto o maior percentual relativo a densidade, a classe dos Afloramentos Rochosos possui o maior valor entre as demais (Figura 40). Segundo o IBGE (2009), estes situam-se em relevos com declividades superiores a 45%, propícios a ocorrer rastejamentos, escorregamento e desmoronamento. Neste sentido, há um predomínio da morfogênese sobre a pedogênese, caracterizando estas áreas como instáveis.

Tabela 23 - Correlações entre as classes de Formações Superficiais x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrências	Frequência (%)	Densidade (%)
(AR) Afloramento rochoso	67	7,33	24,52
(AL) Alúvio	0	0	0
(CA) Colúvio - alúvio	51	5,57	15,92
(CAG) Colúvio rico em blocos	249	27,24	16,85
(CBA) Colúvio amarelo	291	31,83	17,29
(CBV) Colúvio vermelho	36	3,93	8,69
(EL) Elúvio	220	24,07	16,7

Fonte: A autora, 2015.

Figura 40 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Formações Superficiais



Fonte: A autora, 2015.

5.2.7 Uso e Cobertura do Solo x Movimentos de Massa

De acordo com os dados da tabela 24, a classe de uso e cobertura do solo com maior frequência de movimentos refere-se a floresta, com cerca de 42% do total, representando 432 pontos mapeados. Boa parte desta classe se encontra em terrenos de maior declive, justamente por serem áreas ainda remanescentes de floresta ombrófila densa, pouco afetadas pelo fator antrópico. Do mesmo modo, em

decorrência desta morfologia que remete a áreas mais escarpadas, associadas a regimes pluviométricos bem regulares e por ora intensos, a instabilidade se torna uma constante, facilitando a geração de processos de movimentos gravitacionais de vertentes.

No entanto, quando a comparação entre as classes está relacionada com o valor da densidade, a Ocupação Urbana de Média Densidade fica em primeiro lugar, com cerca de 27% do total (Figura 41).

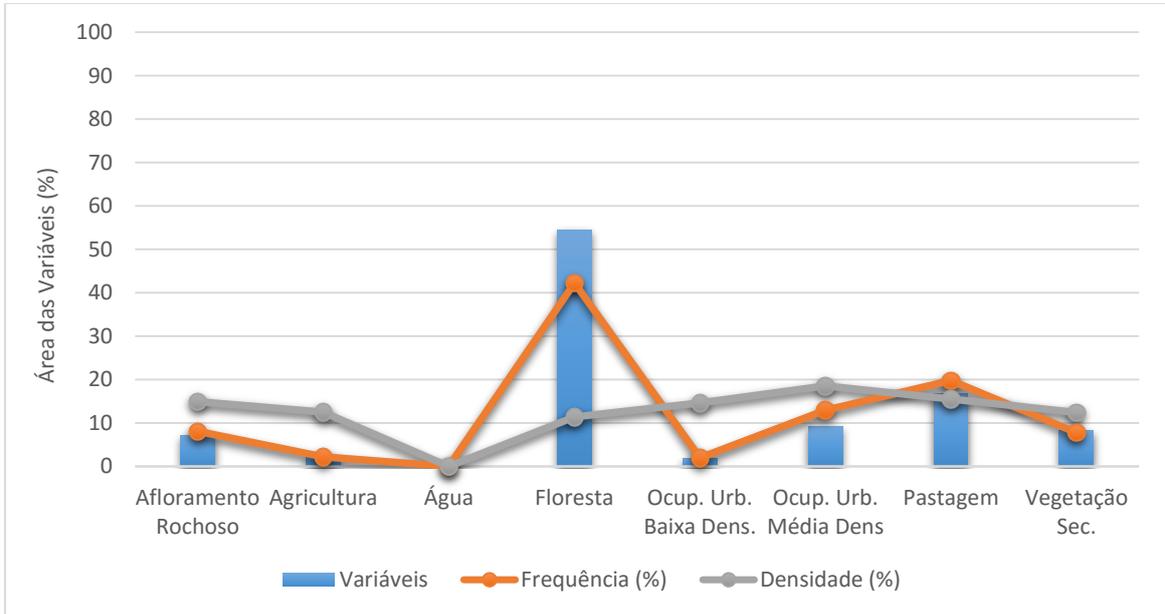
Este fato corrobora com os dados disponibilizados pelo MMA (2011), do qual é constatado que um dos principais fatores agravantes para o Megadesastre ocorrido no mesmo ano, foi a ocupação antrópica irregular, concentrada nos fundos de vale e encostas (OLIVEIRA FILHO, 2012; PINHO et al., 2013), em que se observa diferentes tipos de cobertura vegetal, nascentes de rios e afloramentos rochosos.

Tabela 24 - Correlações entre as classes de Uso e cobertura do solo x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrência	Frequência (%)	Densidade (%)
Afloramento Rochoso	74	8,09	14,96
Agricultura	20	2,18	12,48
Água	0	0	0
Floresta	432	42,26	11,43
Ocup. Urb. Baixa Dens.	18	1,96	14,61
Ocup. Urb. Média Dens.	118	12,91	18,54
Pastagem	181	19,8	15,51
Veg. Sec.	71	7,76	12,44

Fonte: A autora, 2015.

Figura 41 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Uso e cobertura do solo



Fonte: A autora, 2015.

5.2.8 Proximidade a drenagens x Movimentos de Massa

A correlação entre a proximidade a drenagens e ocorrência de movimentos de massa, demonstrou que a maior frequência está para a classe de proximidade maior que 100 metros da drenagem, com cerca de 49% do total (Tabela 25). Porém, ao ser comparada a densidade, a classe correspondente a proximidade de 0 a 10 metros do leito de drenagem assume o maior valor, com aproximadamente 33,8% da área de estudo (Figura 42).

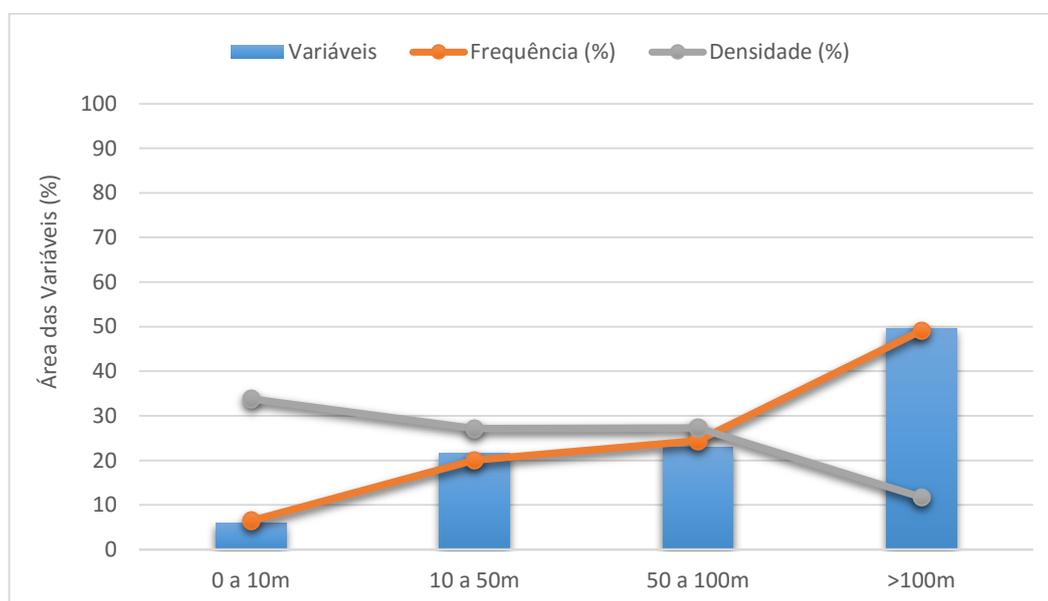
Este resultado pode ser explicado pelo fato da proximidade com os cursos d'água estar diretamente ligada a forma da encosta, a umidade e a formação de sulcos e ravinas. Por serem geralmente no formato côncavo, acabam sendo zonas de convergência de fluxos d'água, saturação do solo e intensificação dos processos erosivos, que, conforme anteriormente mencionado, pode desencadear os movimentos de massa (PINHO et al., 2013).

Tabela 25 - Correlações entre as classes de Proximidade a drenagens x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrência	Frequência (%)	Densidade (%)
0 a 10m	59	6,45	33,8
10 a 50m	183	20,02	27,14
50 a 100m	223	24,39	27,29
>100m	449	49,12	11,75

Fonte: A autora, 2015.

Figura 42 - Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Proximidade a Drenagens



Fonte: A autora, 2015.

5.2.9 Proximidade a Estradas x Movimentos de Massa

Com base nos dados apresentados a seguir (Tabela 26 e figura 43), verifica-se que a classe de proximidades relativas a mais de 100 metros de estradas possui predominância na frequência eventos registrados. Por outro lado, ao comparar-se a densidade entre os elementos analisados, a classe correspondente a proximidade entre 0 e 10 metros obtém maior valor, com 35,15% do total.

Em toda Região Serrana, de acordo com dados do MMA (2011), foi constatado que grande parte das áreas afetadas pelo Megadesastre em 2011, sofreram algum

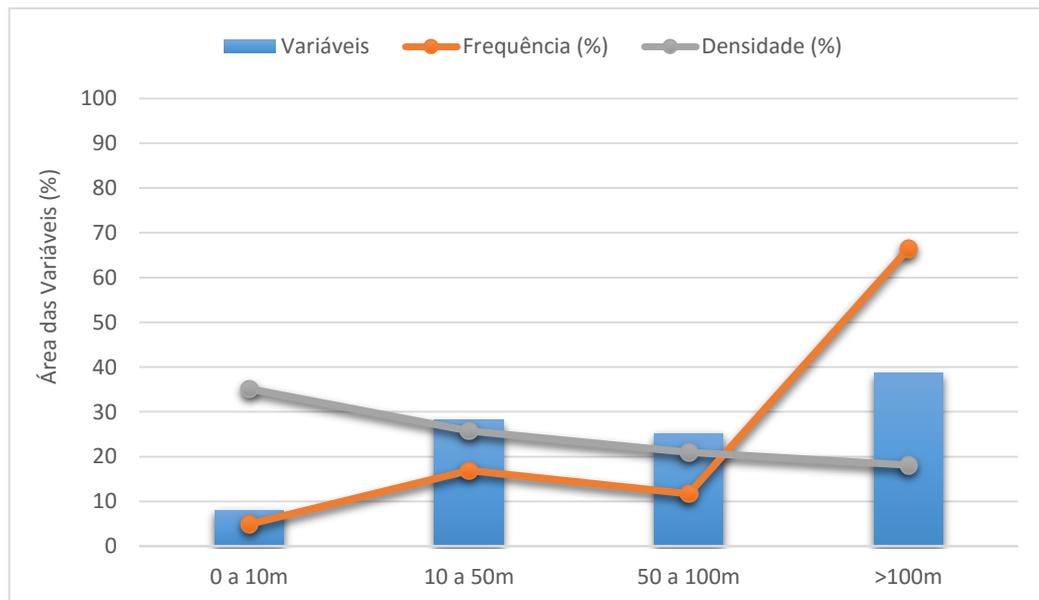
tipo de intervenção antrópica, como a construção de estradas. Vale destacar que estradas de menor porte e até mesmo trilhas não foram mapeadas no presente trabalho, o que poderia indicar ainda uma maior frequência e/ou densidade de movimentos de massa para as classes mais próximas às estradas, visto que suas construções em áreas de maiores declividades, como na base do morro em solos instáveis, podem potencializar de forma significativa o risco de movimentos de massa, sobretudo pela retirada total ou parcial da sustentação do solo ao longo da elevação (MMA, 2011).

Tabela 26 - Correlações entre as classes de Proximidade a estradas x movimentos de massa

Variáveis	Ocorrência	Frequência (%)	Densidade (%)
0 a 10m	45	4,92	35,15
10 a 50m	155	16,95	25,76
50 a 100m	107	11,7	20,95
>100m	607	66,41	18,13

Fonte: A autora, 2015.

Figura 43- Frequência e densidade de movimentos de massa em diferentes classes de Proximidade a Estradas



Fonte: A autora, 2015.

5.3 Mapa de Suscetibilidade

5.3.1 Análise Multicritério

1) AHP

Para a geração da técnica AHP, foram definidos pesos de acordo com os resultados obtidos na tabulação cruzada, associados aos trabalhos desenvolvidos por Marcelino (2003); Vanacôr & Rolim (2012) e Kayastha et al. (2013).

Estes pesos foram aplicados nos planos de informação correspondentes, estabelecendo uma relação par a par, onde foi definido qual dos fatores é mais importante e quanto cada um deles é mais importante que cada um dos outros (VANACÔR & ROLIM, 2012).

Dessa forma, foi gerada uma matriz de comparação pareada (Tabela 27), onde foram calculados os autovalores e autovetores da matriz:

Tabela 27 - Matriz de Comparação Pareada AHP

	Decliv.	Orient.	Uso e cob.	Geologia	Pedo.	Form. Superf.	Morf. Relev.	Forma Ter.	Prox. a Estradas	Prox. a Rios
Declividade	1	7	2	3	3	3	3	2	3	3
Orientação	1/7	1	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3
Uso e Cob. do solo	1/2	5	1	3	3	3	3	1	2	2
Geologia	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2
Pedologia	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2
Form. Superf.	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2
Morf. Relev.	1/3	3	1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2
Forma Terreno	1/2	5	1	2	2	2	2	1	2	2
Prox a estradas	1/3	3	1/2	2	2	2	2	1/2	1	1
Prox. a drenagens	1/3	3	1/2	2	2	2	2	1/2	1	1

Posteriormente à geração da comparação par-a-par, realizou-se operações de normalização dos pesos relativos nas matrizes, obtendo-se o vetor de prioridades ou autovetor, que fornece o peso relativo de cada indicador de suscetibilidade no resultado total da meta e corresponde de modo aproximado à média aritmética dos valores de cada um dos critérios. O resultado é apresentado a seguir (Tabela 28):

Tabela 28 - Pesos obtidos através da AHP

Fatores	Média	Pesos (%)
Declividade	0,227	22,7
Orientação	0,025	2,5
Uso e Cob. do Solo	0,163	16,3
Geologia	0,061	6,1
Pedologia	0,061	6,1
Form. Superficial	0,061	6,1
Morf. Relevo	0,061	6,1
Forma do Terreno	0,138	13,8
Prox. a Estradas	0,097	9,7
Prox. a Drenagens	0,097	9,7
Total	1	100

Fonte: A autora, 2015.

Porém, para ser aceito como um resultado consistente, foi verificada a integridade e coerência dos julgamentos por meio da análise de consistência, baseadas nas seguintes etapas:

1) Valor médio do vetor de Consistência (μ):

$$\mu = (\text{vetor consistência} / n) \quad (5.1)$$

Onde: vetor consistência = vetor da soma ponderada sobre o vetor de média de cada fator; n = número de fatores (Nesta análise = **10**).

$$\mu = (10,211 + 10,36 + 10,177 + 10,016 + 10,016 + 10,016 + 10,016 + 10,253 + 10,113 + 10,113 / 10)$$

$$\mu = \mathbf{10,129}$$

2) Cálculo do Índice de Consistência (IC):

$$IC = (\mu - n) / (n - 1) \quad (5.2)$$

Onde: μ = Valor médio do vetor de Consistência (**10,129**); n = número de fatores.

$$IC = (10,129 - 10) / (10 - 1) = \mathbf{0,014}$$

3) Cálculo da Razão de Consistência (RC):

$$RC = IC/IR \quad (5.3)$$

Onde IR = Índice Randômico ou Índice de Consistência Aleatória (Tabela padrão desenvolvida por Saaty (1980) que varia de acordo com o n^o de fatores envolvidos). Neste caso, **10 fatores equivalem a 1,49** (Figura 44).

Figura 44 - Tabela de Consistência Aleatória

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Adaptado de SAATY, 1980.

$$\text{Assim: } RC = 0,014/1,49 = \mathbf{0,009}.$$

Segundo Saaty (1980), o valor da razão de consistência (RC), é aceitável para valores menores que 0,1 ou 10 %, o que de fato foi observado no trabalho. Obteve-se um resultado satisfatório de 0,009, indicando ampla consistência no processo AHP (FERREIRA, 2012).

Acima do valor de 0,1, o resultado da análise AHP é considerado incoerente, com sérias inconsistências de julgamentos, sendo necessário, portanto, gerar um novo processo no qual será atribuído novos valores na matriz (AUGUSTO FILHO & FARIA, 2013).

2) Média Ponderada

Segundo Moura (2007) e Benavides Silva & Machado (2014) o uso da Média Ponderada cria um espaço classificatório, ordinal, através de uma escala de intervalo. Da mesma forma, este método pode ser utilizado em escala nominal, contanto que as variáveis analisadas sejam hierarquizadas por meio de algum critério de valor.

Neste sentido, após a aplicação da técnica AHP, foi realizada a Média Ponderada, utilizando os pesos resultantes do primeiro procedimento. De acordo com Moura (2007), o uso da AHP pode ser muito eficaz no estudo da relação entre as variáveis e atribuição de pesos, auxiliando na decisão de ponderação e determinando a contribuição relativa de cada um.

Para dar início ao procedimento da Média Ponderada, foi necessário transformar todos os planos de informação em uma escala padrão de mensuração, com o objetivo de apresentá-los de forma quantitativa. Para isso, todos os dados matriciais foram reclassificados, através da ferramenta *Reclassify*, disponível no *ArcGIS 10.2.2*, em uma escala que varia de 1 a 5 (1: muito baixo, 2: baixo, 3: médio, 4: alto e 5: muito alto), em ordem crescente de importância e influência.

Estas notas, representam os valores em cada classe dos planos de informação e foram definidas a partir dos resultados obtidos com a tabulação cruzada, analisando tanto a frequência quanto a densidade dos movimentos de massa nas respectivas áreas, associados aos trabalhos de Spohr & Ross (2004); Massa & Ross (2012) e Benavides Silva & Machado (2014) (Tabela 29):

Tabela 29 - Notas e pesos atribuídos aos Planos de Informação (continua)

Variáveis	Classes	Notas	Pesos (AHP)
Uso e Cobertura do Solo	Água	1	16,3
	Veg. Sec.	4	
	Aflor. Rochoso	5	
	Agricultura	4	
	Pastagem	5	
	Ocup. Baixa Densid.	4	
	Ocup. Média Densid.	5	
	Floresta	4	
Pedologia	Cambissolo + Neossolo	4	6,1
	Cambissolo + Latossolo	5	
	Neossolo Flúvico	5	
	Aflor. Rochoso	5	
	Latossolo	3	
Morfologia do Relevo	Colina	4	6,1
	Morros	4	
	Plan. Fluv. e Fluv. Marinhas	5	
	Serras Escarpadas	5	
	Serras Isoladas e Locais	4	
Litologia	Andorinha	3	6,1
	Cordeiro	4	
	Dep. Col. Aluvionares	3	
	Suíte Serra dos Órgãos	5	
	Granito Teresópolis	5	
	Rio Negro	4	
Declividade	Plano	4	22,7
	Suave Ondulado	3	
	Ondulado	5	
	Fort. Ondulado	5	
	Montanhoso	5	
	Fort. Montanhoso	5	
Orientação	E	5	2,5
	N	5	
	NE	3	
	NW	4	
	S	4	
	SE	4	
	SW	4	
	W	4	

Tabela 29 - Notas e pesos atribuídos aos Planos de Informação (conclusão)

Variáveis	Classes	Notas	Pesos (AHP)
Forma do Terreno	Côncava-convergente	4	13,8
	Retilínea-convergente	3	
	Convexa-convergente	4	
	Côncava-planar	4	
	Retilínea-planar	3	
	Convexa-planar	5	
	Côncava-divergente	5	
	Retilínea-divergente	3	
	Convexa-divergente	4	
Prox. Estradas	0 a 10 m	5	9,7
	10 a 50 m	4	
	50 a 100 m	4	
	>100 m	3	
Prox. Drenagens	0 a 10 m	5	9,7
	10 a 50 m	4	
	50 a 100 m	4	
	>100 m	3	
Form. Superficiais	Afloramento Rochoso	5	6,1
	Alúvio	1	
	Colúvio-Alúvio	4	
	Colúvio rico em Blocos de Rocha	4	
	Colúvio Amarelo	5	
	Colúvio Vermelho	3	
	Elúvio	4	

Fonte: A autora, 2015.

Depois de serem atribuídos as notas e os pesos referentes a cada plano de informação, foi aplicada a Média Ponderada - através da ferramenta *Raster Calculator*, na extensão *Spatial Analyst* (ArcGIS 10.2.2) - para a geração do mapa final de suscetibilidade. Para isso, utilizou-se a seguinte equação:

$$MS = (p_a * f_a + f_b * v_b + p_c * f_c \dots) / n \quad (5.4)$$

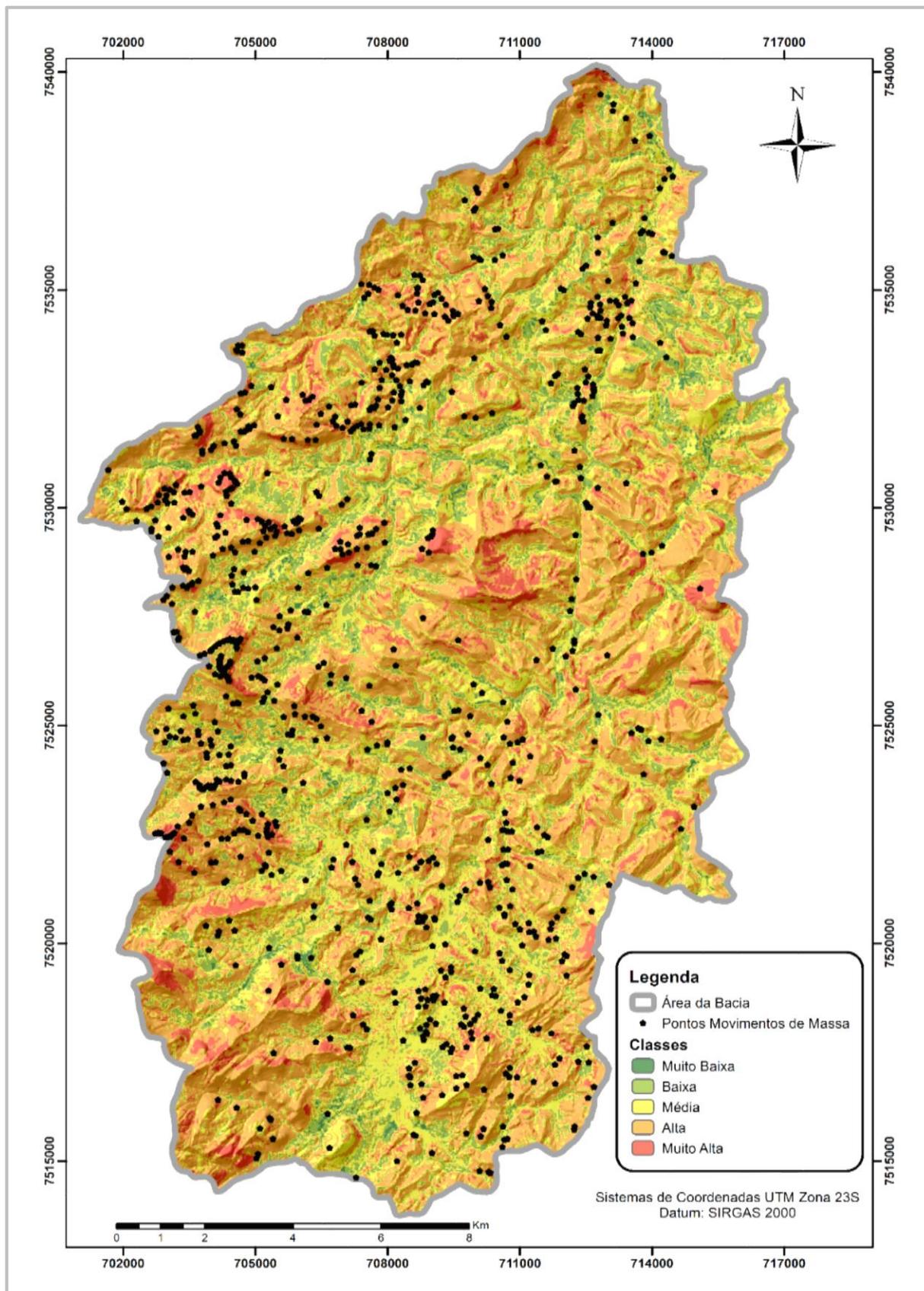
Onde, MS = Mapa de Suscetibilidade; p = Peso (AHP); f = fatores (planos de informação) e n = número de fatores.

Assim:

$$MS = (16.3 * (\text{Uso e cob.}) + 6.1 * (\text{Pedo.}) + 6.1 * (\text{Lito.}) + 6.1 * (\text{Morf. Rel.}) + 6.1 * (\text{Form. Superf.}) + 22.7 * (\text{Decliv.}) + 2.5 * (\text{Orient.}) + 13.8 * (\text{Forma T.}) + 9.7 * (\text{Dist. Estrad.}) + 9.7 * (\text{Dist. Hidro.}) / 10$$

Após geração do mapa de suscetibilidade, realizou-se uma reclassificação, onde o *raster* resultante foi dividido em cinco intervalos de suscetibilidade, variando o grau desde baixa suscetibilidade a suscetibilidade muito alta, conforme o apresentado na Figura 45.

Figura 45 - Mapa final de suscetibilidade a movimentos de massa da Bacia do Paquequer- RJ (Escala 1:100.000)



Fonte: A autora, 2015.

A correlação entre as classes de suscetibilidade e a quantidade de ocorrências de movimentos de massa no mapa final de suscetibilidade demonstrou que, a maior parte destes eventos, estão localizados na classe Alta (59,62%), onde, contabilizando com a classe Muito Alta, somam aproximadamente 77% do total. Estes resultados estão dispostos na tabela abaixo (Tabela 30):

Tabela 30 - Ocorrências de movimentos de massa por intervalos de suscetibilidade

Intervalos	Área (km ²)	Ocorrências	%
Muito Baixa	0,3	2	0,21
Baixa	25,95	44	4,81
Média	64,62	164	17,94
Alta	147,48	545	59,62
Muito Alta	27,88	159	17,39
Total	266,25	914	100

Fonte: A autora, 2015.

5.4 Validação dos Resultados

Após a criação do mapa de suscetibilidade, foi gerada uma nova tabulação cruzada, através das ferramentas *Tabulate Area*, na extensão *Spatial Analyst* e *Intersect*, ambas presentes no ArcGIS 10.2.2, com o intuito de validar os resultados referentes ao mapa final de acordo com pesos e notas atribuídos a cada plano de informação aplicado no processo. Assim, foi analisada a distribuição das classes entre os graus de suscetibilidade e a quantidade de ocorrências de movimentos de massa, para cada uma delas (Tabela 31).

Tabela 31 – Tabulação cruzada entre cada classe dos planos de informação, os graus de suscetibilidade e ocorrências de movimentos de massa (continua)

Pedologia	Classes	Muito baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)	TOTAL
	Cambissolo + Neossolo	0,03	3,83	14,3	73,8	8,02	100%
<i>Ocorr M. M.</i>	0	2	1	46	5	54	
Cambissolo + Latossolo	0,06	8,25	20,96	60,91	9,79	100%	
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	23	92	398	112	625	

Tabela 31 - Tabulação cruzada entre cada classe dos planos de informação, os graus de suscetibilidade e ocorrências de movimentos de massa (continua)

	Classes	Muito baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)	TOTAL
	Neossolo Flúvico	0,24	17,54	46,46	31,38	4,35	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	19	66	60	10	155
	Afloramento Rochoso	0	0,22	2,91	43,38	53,47	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	0	33	31	64
	Latossolo	0,64	24,23	35,52	38,28	1,31	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	0	0	7	0	9
Formações Superficiais	Afloramento Rochoso (AF)	0	0,4	3,32	44,59	51,67	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	0	32	34	66
	Elúvio (EL)	0,07	6,33	15,65	69,26	8,66	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	5	10	159	43	217
	Alúvio (AL)	8,4	39,49	49,57	2,52	0	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	0	0	0	0
	Colúvio rico bloc. rocha (CAG)	0,12	11,67	23,38	58,03	6,77	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	11	43	167	28	249
	Colúvio amarelo (CBA)	0,05	8,17	28,15	51,45	12,16	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	16	73	150	51	290
	Colúvio vermelho (CBV)	0,3	16,67	32,46	48,26	2,28	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	6	11	18	0	37
	Colúvio - alúvio (CA)	0,36	21,46	49,54	26,34	2,27	100%
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	6	27	18	2	53	
	Colina	0,24	9,5	24,8	60,2	5,24	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	1	5	0	6
	Morros	0,16	12,47	26,57	53,81	6,97	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	16	47	123	20	206
	Plan. Fluv. e Fluv. Marinhas	0,28	12,31	51,53	29,77	6,09	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	7	31	21	5	64
	Serras Escarpadas	0,07	8,19	19,92	56,3	15,5	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	9	37	228	97	373
	Serras Isoladas e Locais	0,07	8,64	21,48	60,93	8,85	100%
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	12	48	167	36	263	

Tabela 31 - Tabulação cruzada entre cada classe dos planos de informação, os graus de suscetibilidade e ocorrências de movimentos de massa (continua)

	Classes	Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)	TOTAL
Litologia	Andorinha	0,08	7,51	13,42	73,58	5,37	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	1	4	3	8
	Cordeiro	0,11	15,1	27,7	51,27	5,8	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	5	14	46	3	68
	Dep. Col. Aluvionares	0,54	18,64	56,41	22,72	1,67	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	3	16	6	1	26
	Suíte Serra dos Órgãos	0,05	6,49	21,07	59,48	12,88	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	18	105	316	116	557
	Granito Teresópolis	0,02	6,22	14,22	58,01	21,5	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	4	7	52	9	72
	Rio Negro	0,22	15,47	28,04	50,3	5,95	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	14	21	120	26	181
Uso e Cob. do Solo	Água	45,8	38,93	15,26	0	0	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	0	0	0	0
	Veg. Sec.	0,13	12,19	22,1	62,16	3,4	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	1	12	49	6	68
	Aflor. Rochoso	0	1,51	11,64	51,44	35,39	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	4	41	29	74
	Agricultura	0,82	27,36	41,42	29,61	0,77	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	2	6	14	0	22
	Pastagem	0,01	5,56	22,05	46,31	26,04	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	9	21	77	78	185
	Ocup. Baixa Densid.	0,08	23,54	40,78	33,92	1,66	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	1	11	7	0	19
	Ocup. Média Densid.	0	6,98	44,47	38,5	10,03	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	11	40	48	19	118
Floresta	0,1	10,98	22,22	62,43	4,23	100%	
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	20	70	308	26	426	
Declividade	Plano	0,24	10,82	68,15	20,54	0,22	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	12	35	14	0	61
	Suave Ondulado	0,39	35,2	49,59	13,21	1,6	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	23	59	21	8	113
	Ondulado	0,01	2,07	12,16	73,06	12,67	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	2	56	327	84	469
	Fort. Ondulado	0	0,03	4,83	70,64	24,48	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	14	175	61	250
	Montanhoso	0	0	1,41	51,47	47,11	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	0	7	5	12
	Fort. Montanhoso	0	0	0	80,55	19,44	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	0	0	0	0

Tabela 31 - Tabulação cruzada entre cada classe dos planos de informação, os graus de suscetibilidade e ocorrências de movimentos de massa (continua)

	Classes	Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)	TOTAL
Orientação	E	0,06	8,23	24,32	55,03	12,33	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	4	18	72	28	122
	N	0,11	8,19	21,18	54,27	16,23	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	3	29	82	39	155
	NE	0,27	10,97	24,98	54,53	9,23	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	8	27	86	24	145
	NW	0,13	10,12	24,78	52,89	12,06	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	29	22	64	24	139
	S	0,05	9,43	22,5	60,87	7,07	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	4	23	89	10	126
	SE	0,06	10,16	22,79	58,74	8,22	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	4	16	96	17	133
	SW	0,07	12,08	30,9	56,94	7,52	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	6	22	45	10	83
	W	0,08	11,41	31,28	57,21	10,87	100%
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	6	15	33	12	66	
Forma do Terreno	Côncava-convergente	0,083	14,39	33,55	46,86	5,11	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	26	83	141	18	268
	Retilínea-convergente	1,08	26,46	36,26	35,99	0,18	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	1	3	6	0	10
	Convexa-convergente	0,04	8,63	19,42	65,58	6,3	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	1	10	23	3	37
	Côncava-planar	0,02	9,48	22,3	60,59	7,59	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	7	19	82	21	129
	Retilínea-planar	0,89	13,59	30,3	54,85	0,33	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	2	3	4	1	12
	Convexa-planar	0	1,12	11,05	53,06	34,75	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	1	3	41	26	71
	Côncava-divergente	0,23	2,81	17,2	50,8	29,16	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	2	19	76	45	142
	Retilínea-divergente	0,92	13,21	33,04	52,57	0,02	100%
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	0	5	10	2	17	
Convexa-divergente	0,03	7,47	18,66	66,07	7,74	100%	
<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	4	19	161	42	226	

Tabela 31 - Tabulação cruzada entre cada classe dos planos de informação, os graus de suscetibilidade e ocorrências de movimentos de massa (conclusão)

	Classes	Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)	TOTAL
Prox. a Estradas	0 a 10 m	0,04	13,17	38,34	42,24	6,19	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	1	18	17	6	42
	10 a 50 m	0,41	22,05	43,54	32,74	1,24	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	12	54	83	4	155
	50 a 100 m	0,44	21,96	41,36	34,86	1,36	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	19	34	49	3	105
	>100 m	0,01	5,59	17,66	63,06	13,65	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	12	58	395	145	610
Prox. a Drenagens	0 a 10 m	0,09	10,91	45,47	38,11	5,4	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	3	20	22	5	50
	10 a 50 m	0,23	18,06	34,52	43,23	3,93	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	2	24	67	83	13	189
	50 a 100 m	0,04	6,24	21,82	54,17	17,7	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	7	33	143	53	236
	>100 m	0,09	7,5	18,33	63,47	10,59	100%
	<i>Ocorr M. M. (absoluto)</i>	0	10	44	296	87	437

*Obs: *Ocorr M. M. (absoluto)* – Ocorrências de movimento de massa em valor absoluto.

Os resultados da validação obtidos por esta tabulação cruzada, foram sintetizados com os planos de informação aplicados, e estão apresentados abaixo:

1) Pedologia

Foi observada que a classe referente aos cambissolos háplicos associados aos latossolos vermelho-amarelo se concentram majoritariamente entre as classes alta e muito alta, onde a ocorrência de movimentos de massa somam mais de 400 pontos. Do mesmo modo, a classe correspondente aos cambissolos associados aos neossolos litólicos, embora com uma menor frequência de movimentos, possui cerca de 70 % de sua classe inclusa no grau de alta suscetibilidade, justamente pode ter recebido uma nota maior frente a classes como as relacionadas aos latossolos vermelho-amarelos, que se concentram mais nas áreas de média suscetibilidade e possuem baixas frequência de movimentos.

2) Formações Superficiais

Para o plano de informação relacionado às formações superficiais, nota-se que a classe atribuída ao Elúvio, obteve o maior percentual de sua totalidade no grau de alta suscetibilidade, apresentando 159 das ocorrências de movimentos registradas na classe. Em segundo lugar está o colúvio rico em blocos de rocha, que se concentra em quase 60% na classe de alta suscetibilidade, e estão associados às quedas de blocos. Já na classe referente aos alúvios, esta concentra-se nas classes entre média e baixa suscetibilidade, e não apresenta registro destes processos gravitacionais.

3) Morfologia do Relevo

Para as classes referentes a morfologia do relevo, destacam-se a as Serras Isoladas e locais, as Serras Escarpadas e as Colinas, se concentrando fortemente no intervalo de alta suscetibilidade. Estas últimas, curiosamente possuem uma baixa ocorrência de movimentos, no entanto ocupam uma parcela menor da bacia, indicando que o tamanho da área pode influenciar a quantidade de movimentos.

4) Litologia

Nota-se que no plano de informação referente a litologia, as classes relacionadas ao Granito Teresópolis e Suíte Serra dos órgãos, apresentam maiores concentrações nos intervalos entre alta e muito alta suscetibilidade, onde a última possui alta ocorrência de movimentos para ambos os intervalos. Para a unidade Granito Teresópolis, o que foi levado em consideração ao atribuir um peso relevante para a geração do mapa de suscetibilidade, foi a densidade de pontos de movimentos, ou seja, número de ocorrências por área, que apresentou o valor mais alto frente a outras classes, influenciando o resultado final, como demonstrado na tabela anterior.

5) Uso e Cobertura do Solo

Tanto a classe de vegetação em Estágio Secundário quanto a classe Floresta no plano de informação de Uso e cobertura do solo, apresentaram os seus maiores percentuais no intervalo de alta suscetibilidade. Estes locais haviam recebido notas relativamente altas por estarem em área geralmente de alto

declive, onde a suscetibilidade pode aumentar. Por outro lado, no intervalo de muito baixa suscetibilidade, a classe Água, se encontra 45,8% de sua totalidade, além de não ter nenhum registro de movimentos de massa.

6) Declividade

Ao ser comparada as classes de declividade presente no estudo, nota-se que a partir dos relevos Ondulados, a concentração no intervalo de alta suscetibilidade é alta, e possui a maior quantidade de ocorrências de movimentos de massa frente a outros graus de suscetibilidade. Ao gerar o mapa final, as classes com maiores declividades receberam um peso maior, justamente por serem consideradas mais suscetíveis a estes movimentos, e distribuíram-se, principalmente, nos intervalos de alta e muito alta suscetibilidade.

7) Orientação

O plano de informação relativo a Orientação da Vertente na tabela, apresenta uma distribuição no geral equilibrada entre as classes sobre o intervalo de suscetibilidade, indicando que as maiores concentrações de movimentos de massa estão localizadas entre a média e alta suscetibilidade, além dos quais a própria área de cada classe analisada, também em maiores percentuais nestes intervalos.

8) Forma do Terreno

Em relação a Forma do terreno, observa-se que a classe associada a forma convexa-divergente possui um maior percentual no intervalo de alta suscetibilidade, juntamente com o número de ocorrências de movimentos de massa, correspondente a 161 pontos. Em seguida, com a maior concentração por área nos intervalos de suscetibilidade está a forma convexa-convergente, que mesmo não apresentando um número de ocorrências de movimento tão alto quanto na primeira classe analisada, possui uma densidade relevante (quantidade de ocorrências por área), o que influenciou na atribuição de um peso maior e no resultado final da tabulação cruzada.

9) Proximidade a estradas

A classe associada ao intervalo >100 metros de proximidade a estradas obteve o maior percentual por área concentrado no intervalo de alta suscetibilidade, ou seja, cerca de 63% de sua totalidade, com 395 ocorrências de movimentos de massa. É importante ressaltar que esta classe corresponde a maior parte da bacia, o que pode explicar este alto percentual e ocorrência. Nos intervalos de média suscetibilidade, destacaram-se as proximidades relativas a 10 a 50 metros e 50 a 100 metros, esta última apresentando uma quantidade de movimentos de massa relevante para área, com 54 ocorrências.

10) Proximidade a drenagens

Ao analisar o plano de informação relacionado a proximidade de drenagens, percebe-se que os maiores destaques entre as classes na distribuição dos graus de suscetibilidade se dá mais uma vez na classe de proximidade maior que 100 metros que corresponde a maior classe por área da bacia, e concentra mais de 60 % de sua área na alta suscetibilidade, possuindo 296 ocorrências de movimentos de massa. Em seguida, está a classe relacionada ao intervalo entre 50 a 100 metros, que concentra cerca de 54% de sua área no mesmo grau de suscetibilidade, contendo 143 pontos de movimentos de massa. No entanto, nas demais classes, a distribuição encontra-se um pouco mais equilibrada, concentrando-se em dois intervalos; de média e alta suscetibilidade, com maiores ocorrências de movimentos de massa na classe de maior suscetibilidade.

Algumas observações devem ser consideradas na análise da validação. Neste sentido, vale destacar que os afloramentos rochosos presentes em alguns dos planos de informação utilizados encontravam-se distribuídos principalmente nos intervalos de maior grau, ou seja, entre alta e muito alta suscetibilidade, não havendo contradições nestes resultados.

Observa-se também, a baixa frequência de classes concentradas nos intervalos de muito baixa e muito alta suscetibilidade, que pode ser explicado pelo tamanho de área de abrangência de cada uma, a partir dos pesos aplicados aos planos de informação para a geração do mapa final. Para as áreas muito altamente suscetíveis, por exemplo, as declividades obtiveram maior peso dentre os fatores

analisados, o que conseqüentemente elevou o maior grau de suscetibilidade às zonas mais declivosas, que correspondem a uma parcela menor de área se comparado a zonas de menor declive.

De uma forma geral os resultados apresentaram boa coerência com os pesos e notas atribuídos aos planos de informação e suas classes, respectivamente, indicando que estes não representaram valores aleatórios e sim condizentes com o estudo desenvolvido para o mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa.

CONCLUSÕES

A aplicação da estatística bivariada associada ao Sistema de Informações Geográficas e também ao Sensoriamento Remoto na análise da suscetibilidade a movimentos de massa possibilitou para o presente trabalho resultados satisfatórios. A geração de uma base cartográfica composta por inúmeros elementos envolvidos de maneira direta ou indireta na ocorrência dos processos gravitacionais, selecionados a partir de inúmeras bibliografias, e correlacionados estatística e espacialmente, gerou como produto final, um mapa coerente de suscetibilidade.

Neste sentido, foi observado que cerca de 77% dos pontos de movimentos mapeados encontram-se entre as classes de alta e muito alta suscetibilidade, distribuídos principalmente em regiões com declividades que variam entre 8 a 100% (relevo ondulado a fortemente montanhoso), e estão sob forte influência de um regime pluviométrico intenso, como o deflagrado no Megadesastre em 2011, do qual foi gerado a maior quantidade de ocorrências mapeadas e utilizadas no trabalho.

É importante frisar que o número de ocorrências de movimentos de massa não leva em consideração o tamanho da área de cada classe analisada, o que poderia alterar significativamente a acurácia no resultado final. Assim, preferiu-se adotar a densidade (ocorrências/km²) como o principal fator de influência, seguido da frequência.

De uma forma geral, observou-se que boa parte dos pontos de movimentos de massa mapeados estão localizados em áreas que sofrem ou já sofreram influência antrópica, ou em zonas fortemente escarpadas. No caso da Bacia do Paquequer, acredita-se que a declividade em associação ao uso e ocupação do solo são os principais fatores predisponentes envolvidos na geração dos processos analisados, que combinados com os demais condicionantes, podem aumentar a suscetibilidade a ocorrência destes eventos.

Assim, diferentes localidades que sofreram algum tipo de intervenção, tanto no topo de morro como no sopé das vertentes, por exemplo, foram desestabilizadas, ocasionando processos erosivos e inúmeros movimentos gravitacionais em encostas, com posterior transporte e deposição de material movimentado a montante em áreas

mais planas. Estas, em decorrência de maior adensamento populacional, como consequência apresentarão alta vulnerabilidade a desastres.

Para ser possível a análise destes resultados, foi fundamental o emprego de ferramentas de inferência espacial, aliada a uma análise estatística, como forma de auxiliar o processo de tomada de decisão, diminuindo a subjetividade na atribuição de pesos e notas dos planos de informação utilizados. A aplicação da técnica AHP, combinada com a média ponderada para a geração do produto final, apresentou uma boa acurácia, proporcionando uma melhor confiabilidade no dado obtido.

Este fato demonstra que a utilização de ferramentas de Geoprocessamento torna-se cada vez mais importante no desenvolvimento de diferentes trabalhos voltados para áreas de risco, especialmente por facilitar e agilizar o processo de elaboração de mapas distintos, agrupando uma gama de informações e possibilitando uma análise mais detalhada dos agentes atuantes no processo. Além do mais, a disponibilidade gratuita de imagens como as provenientes do TOPODATA (SRTM) e do Google Earth, e de *softwares* de SIG similares ao que foi utilizado neste estudo, viabilizam a inserção de instrumentos de geotecnologia no gerenciamento de risco, principalmente pelos órgãos responsáveis, em diferentes esferas governamentais.

No entanto, no presente trabalho, a representação do mapa final na escala de 1:100.000, implicou em uma menor escala de detalhamento, o que pode acarretar alterações em algumas áreas classificadas em determinado grau de suscetibilidade. Vale ressaltar também que os movimentos de massa ocorridos nessa região podem alterar as características morfológicas e hipsométricas do relevo, gerando novas interpretações, o que demonstra a importância do monitoramento sistemático da área.

Outro fator a ser destacado foi a ausência de dados pluviométricos da área de estudo que impossibilitou a correlação entre o regime de chuvas e os movimentos de massa locais, o que garantiria uma análise mais aprofundada da influência dos fatores climáticos na ocorrência destes eventos gravitacionais.

Recomenda-se, por fim, a realização de estudos que possam servir de continuidade a este trabalho, preferencialmente em escalas maiores, onde sejam incluídos novos fatores possíveis de estarem atrelados aos processos de movimentos de massa, bem como a utilização desta metodologia em áreas favoráveis a ocorrência destes, a fim de verificar a acurácia do produto final e traçar um comparativo entre as mesmas.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, M. **Bivariate Statistical Analysis of Landslide Susceptibility in Western Nepal**. 2011. 88p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - University of Oslo, Oslo, 2011.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and revention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107–124, out. 2002.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, 28, n. 2: 135-150, 1998.
- AMARAL, C. et al. Carta de risco remanescente a escorregamentos no município de Teresópolis, após o Megadesastre´11 da Região Serrana. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 12., 2011, Nova Friburgo, RJ. **Anais...** São Paulo: SBG, 2011.
- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP**. 1994. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6.ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- BARBOSA, A.L.M.; GROSSI SAD, J.H. 1985. Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Contribuição à Geologia e Petrologia**. Núcleo de Minas Gerais, SBGM,49-61, 1985.
- BARIN, A. et al. Seleção de fontes alternativas de geração distribuída utilizando uma análise multicriterial baseada no método AHP e na lógica fuzzy. **Revista Controle & Automação**, Campinas, v.21, n.5, p.477-486, 2010.
- BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina. v.3, Cap.8, p.1026-1098, 2003.
- BISPO, P. C. et al. Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa na região de São Sebastião-SP com o uso de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. RN. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3583-3590. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.07.45>> Acesso em: 12 jun. 2014.
- BITAR, Omar Yazbek (Coord.) **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações 1:25.000**: nota técnica explicativa. São Paulo: IPT, 2014. 50p.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994. 398 p.

BRESSANI, L. A.; MACEDO, E. S.; (Org.). **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo**. São Paulo: ABGE; ABMS, 2013. 88 p.

BIJUKCHHEN, S.M.; KAYASTHA, P.; DHITAL, M.R. A comparative evaluation of heuristic and bivariate statistical modelling for landslide susceptibility mappings in Ghurmi-Dhad Khola, east Nepal. **Arabian Journal of Geosciences**, v.6, n. 8, p.2727-2743, 2013.

CÂMARA, G. et al. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344 p. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43>>. Acesso em: 12 jun. 2014.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 13 jan 2015.

CASTELLANOS, E.A. Processing **SRTM DEM data for national landslide hazard assessment**. In: Geociencias 2005: Symposium of astronomy and space geophysics (AstroGeo2005). Havana, 5-8 April 2005, 12 p.

CASTRO, J.M.G. **Pluviosidade e Movimentos de Massa em encostas de Ouro Preto**. 2006. 110p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S., BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 587p.

CLERICI, A. et al. A GIS-based automated procedure for landslide susceptibility mapping by Conditional Analysis method: the Baganza valley case study (Italian Northern Apennines). **Environment Geology**, n.50, p.941-961, 2006.

COELHO NETTO, A. et al. January 2011: The extreme landslide disaster in Brazil. In: Second World Landside Forum, 2, Roma, Italy. **Proceedings...** Roma, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.188p.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 124 p., 2001.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. Landslide types and processes. In: A. K. Turner & R. L. Schuster (eds.) **Landslides, Investigation and Mitigation**. Transportation Research Board, **Special Report 247**, Washington D.C., p.: 36-75, 1996.

CRUZ, O. **Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar** São Paulo: Revista IG, v. 8-11, n. 1, jun 1990. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-929X1990000100002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 abr 2015.

DAI, F.C.; LEE, C.F.; NGAI, Y.Y. Landslide risk assessment and management: an overview. **Engineering Geology**, v. 64, n. 1, p. 65-87, 2002

DA SILVA, A.L.G.; FRANCISCO, C. N. **Descrição dos Principais Sistemas Sensores Orbitais em Operação**. Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

DANTAS, M. E. **Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro**. In: Mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2001. 63 f, CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Belo Horizonte.

DE CASTRO, U. N. et al. Mapeamento de Feições Erosivas e Cicatrizes de Escorregamento por Unidades de Relevo na Sub-Bacia do Rio Sana (Macaé-RJ). **Revista de Geografia**., Recife, v. 27, n. 3. Esp, p. 19-33, 2011.

DOURADO, F. **Análise da susceptibilidade a escorregamentos de massas na bacia do rio Paquequer – Teresópolis – Estado do Rio de Janeiro, utilizando os modelos SINMAP e Shalstab**. 99p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Faculdade Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

_____.; ARRAES, T. C.; SILVA, M. F. **O megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós- desastre**. Anuário do Instituto de Geociências –UFRJ. v. 35, n. 2, p. 43-54, dez. 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

_____. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2001. 20 p.

FARIA, D.; AUGUSTO FILHO, O. Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. **Rev. Inst. Geol.**, São Paulo, v. 34, n. 1, jun. 2013. Disponível em <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100929X201300010002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: out 2014.

FERNANDES, N.F. et al. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

_____.; AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológica-Geomorfológica. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente**: Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. p. 123-194, 2006.

FERREIRA, C.E.G. **Sistema de Suporte à decisão espacial aplicado à análise da vulnerabilidade dos recursos hídricos na bacia Guapi-Macacu / RJ**. 2012. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

GOMES, R.A.T. **Modelagem de previsão de movimentos de massa a partir da combinação de modelos de escorregamentos e corridas de massa**. 2006. 102p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs). **A questão ambiental – diferentes abordagens**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

_____.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

_____.; et al. Mass movements in Petrópolis, Brazil. **Geography Review**, v.20, nº4, p.33-37, 2007.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2 ed. Edgard Blücher, 194p, 1984.

GUIDOLINI, L. et al. Os movimentos de massa do Megadesastre de Janeiro de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro: uma avaliação dos condicionantes geológicos. In: SIMPOSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** São Paulo: UGB, 2012.

GUIMARÃES, R.F. et al. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, T. (org) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUZZETTI, F. et al. Landslide hazard valuation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central/Italy. **Geomorphology**, v. 31, n. 1-4, 181-216p., dez. 1999.

HEILBRON, M. ; MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). **Precambrian Research**, 125: 87-112, 2003.

_____.; et al. **A Província Mantiqueira**: In MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (Eds). O Desvendar de Um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 203-234, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009, 182 p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 5).

IPT. **Ocupação de Encostas**. São Paulo: IPT, v.1831. 1991. 216 p.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. **Estado do Ambiente**, 2011. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br> . Acesso em: 10 jan 2015

JOYCE, K. E. et al. A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. **Progress in Physical Geography** v. 33, n. 2, p. 183-207, 2009.

JULIÃO, R. P. et al. **Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal**. Lisboa: Autoridade Nacional de Proteção Civil; Direção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009. Disponível em: <<http://www.dgotdu.pt/detail.aspx?channelID=85E8AD30-00F8-417E-9F12-EBFAFE6A5B4&contentId=3B54E44B-603C-4445-8C8A-ECC879127CEE>>. Acesso em: 3 out. 2014.

KAYASTHA, P.; DHITAL, M.R.; DE SMEDT, F. Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed, west Nepal. **Computers & Geosciences**, n.52, p. 398-408, 2013.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.

KOMAC, M. A. Landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. **Geomorphology**, v. 74, p. 17-28, 2006.

KOZCIAK, S. **Análise Determinística da Estabilidade de Vertentes na Bacia do Rio Marumbi – Serra do Mar – Paraná**. 2005. 151p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LESHCHINSKY, B.; OLSEN, M.; TANYU, B. F. Contour connection method for automated identification and classification of landslide deposits. **Journal of Computers and Geosciences**, v. 74, p. 27–38, 2015.

MAGALHÃES, F.S. et al. Avaliação da potencialidade a movimentos de massa na Serra do Mar entre São Sebastião-Cubatão, com vistas ao duto OSBAT. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 4., 2005, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: ABMS, 2005. v. 1, p. 227-241.

MAGALHÃES, L.A.; SOUZA FILHO, C.R. Mapas de potencial mineral: aplicação da técnica de pesos de evidência (weights of Evidence – WofE) para o mapeamento de áreas preditivas para ouro na região central do Amapá – AP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4011-4018. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7 em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.23.48>> Acesso em: 10 jan. 2015.

MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2011. **Relatório de Inspeção - Área atingida pela tragédia das chuvas - Região Serrana do Rio de Janeiro**. Levantamento realizado pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas, fev. 2011.

MARCELINO, E.V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. 2003. 228 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/12.03.09.33>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

MARINHO, R.R. et al. Aplicação de Imagens SAR orbitais na Identificação de Inundações e escorregamentos de terra ocorridos no Vale do Itajaí-SC durante o desastre de 2008. In. SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 8295-8302

MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, v. 24, n. 2012, p. 57–79, 2012.

MASSINNET, D.; FEIGL, K. L. Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface. **Reviews of Geophysics**. v.36, n.4, p. 441-500, nov.1998. Disponível em: <<http://doris.tudelft.nl/Literature/massonnet98.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2014

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em: 3 out 2014.

MOURA, A. C. M. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.2899-2906.

MUÑOZ, V.A. **Análise Comparativa de Técnicas de Inferência Espacial para Identificação de Unidades de Suscetibilidade aos Movimentos de Massa na Região de São Sebastião, São Paulo, Brasil**. 2005. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização do XVIII Curso Internacional em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

OLIVEIRA, A. M.; BRITO, S. N. A. (edit.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

OLIVEIRA DIAS, L.S. **Identificação de áreas suscetíveis a Deslizamento de terra utilizando Sistema de Informações Geográficas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

OLIVEIRA FILHO, G. R. Os Movimentos De Massa Na Região Serrana Do Estado Do Rio De Janeiro Em 2012: Diagnóstico e proposição de medidas para enfrentamento de desastres ambientais. **CES Revista**. Juiz De Fora, v. 26 n.1, 149-164p, 2012.

PFALTZGRAFF, P. A. D. S. **Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos na Região Metropolitana do Recife**. 2007. 120p Tese (Doutorado em Geologia) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

PINHO, G. M.; FRANCISCO, C. N.; SALGADO, C. M. Análise espacial dos movimentos de massa em Nova Friburgo/RJ: o caso do desastre natural de janeiro de 2011. **Tamoios**, v. 9 (1), p. 16-27, 2013.

PRADHAN, B. Application of an advanced fuzzy logic model for landslide susceptibility analysis. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 3, n. 3, p. 370-381, set. 2010.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

QUEIROZ, L.A.V. **Hidrogeoquímica Fluvial da Bacia do Rio Paquequer, Teresópolis – RJ**. 2011. 98 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

QUEIROZ, S. M. R. **Avaliação da susceptibilidade à ocorrência de instabilidades em arribas no concelho de Mafra**. 2012. 114p. Dissertação (Mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências - Departamento de Geologia. Portugal, 2012.

RIFFEL, E. S.; GUASSELLI, L. A. **Ocorrência de movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Paranhana-RS**. Boletim Gaúcho de Geografia, v.39 (1- 2), 2012.

RODRIGUES, C. S. **Mapeamento de suscetibilidade a escorregamentos de Nova Friburgo-RJ por meio de inferência fuzzy e elaboração de cenários de alerta com uso do TerraMA²**. 2013. 135 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013. Disponível em:<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3EJD3FL>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

RODRIGUES, J.; TUPINAMBÁ, M.; AMARAL, C. **A corrida de massa do rio Vieira em Teresópolis, sudeste do Brasil: caracterização da área-fonte dos sedimentos transportados**. Anu. Inst. Geocienc., Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, dez. 2012 . Disponível em:<http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-97592012000200013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 03 abr. 2015.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw Hill, New York, 1980.

_____. **How to make a decision: The analytic hierarchy process**. European Journal of Operational Research, 48: 9-26, 1990.

_____. **Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors** - The Analytic Hierarchy/Network Process. Madrid: Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics, 2008. Disponível em: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00576.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2014

SANTOS, M. L. C. **Determinação da componente espacial da perigosidade nas arribas do litoral algarvio (sector Burgau-Lagos): influência dos factores condicionantes na ocorrência das instabilidades**. 2011. 148p. Dissertação (Mestrado em Geologia Aplicada, Especialidade de Geologia de Engenharia). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências - Departamento de Geologia. Portugal, 2011.

SBROGLIA, R. M.; HIGASHI, R. A. R. Mapeamento geotécnico preliminar de áreas suscetíveis a movimentos de massa na microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 9300-9307.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Process**. New York: Oxford University Press, 451p., 1993.

SCHUMM, L. **Dinâmica de evolução de fragmentos de mata atlântica na bacia hidrográfica do rio Paquequer, município de Teresópolis – RJ**. 100 p. Monografia (Graduação em Biologia) – Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SESTINI, M. F. **Variáveis geomorfológicas no estudo de deslizamento em Caraguatatuba - SP utilizando imagens TM-LANDSAT e SIG**. 2000. 170 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

SCHICKER, R.; MOON, V. Comparison of bivariate and multivariate statistical approaches in landslide susceptibility mapping at a regional scale. **Geomorphology**, n.161–162, p. 40–57, 2012.

SEIXAS, I. M. et al. Operational Capabilities of the Brazilian Centre for Monitoring and Alerts of Natural Disasters. (Org.) Lacerda, W. A. et al. In: **Extreme rainfall induced landslides and international perspective**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6.ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (DRM-RJ). **Megadesastre da Serra Jan 2011**. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br/>>. Acesso em 12/05/2.

SILVA, A. F. **Carta de Risco a Escorregamentos da Comunidade do Perpétuo, Teresópolis - RJ**, com aplicação de Geotecnologias. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Geologia – UERJ. Rio de Janeiro, 60p., 2007.

SILVA, V.; MACHADO, P. SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia (Recife)**, América do Norte, 3111 10 2014.

SILVEIRA, C. S.; SILVA, V. V. Dinâmicas de regeneração, degeneração e desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos e geomorfológicos: uma análise geoecológica através de SIG. **Rev. Árvore**, Viçosa v. 34, n. 6, Dec. 2010.

_____.; SOUZA K. V. **Relações hidrológicas entre a pluviosidade e a vazão em uma série temporal (2007-2009) de uma bacia de drenagem de uso misto.** Geociências, São Paulo, v.31, n.3, p. 395-410, 2012. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/geosp/v31n3/v31n3a07.pdf>> Acesso em: jul 2014.

_____.; RAMOS, J. A. S. Análise Espacial com SIG de Parâmetros Ambientais e Comportamento Hidrológico (Chuva-Vazão) de uma Bacia de drenagem Montanhosa na Serra Dos Órgãos: Bacia Do Paquequer, Município De Teresópolis, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, 2007.

SIMÕES, P.; OLIVEIRA, C. Avaliação da susceptibilidade à erosão e aos movimentos de massa no município de Ibitité. **Revista Geonomos**, UFMG, 2014. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geonomos/article/view/290/253>> Acesso em: 3 jan 2015

SOETERS, R.; VAN WESTEN, C.J. Slope instability recognition, analysis, and zonation. In: Landslides Investigation and Mitigation/TURNER, A.K. e SCHUSTER, R.L. Special Report 247, **Transportation Research Board**, National research Council, Washington D.C., p.129-177, 1996.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista GEOUSP**, n. 15, p. 39–49, 2004.

STAHNKE, P. R. S. **Áreas suscetíveis a movimento de massa, riscos ambientais e à população: O caso do gasoduto Brasil-Bolívia no Estado do Rio Grande do Sul.** 2010. 50p. Trabalho de Conclusão de Curso; (Faculdade de Geologia),- Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, 2010.

SUZEN M.L.; DOYURAN. A comparison of the GIS based land-slide susceptibility assessment methods: multivariate versus bi-variate. **Environmental Geology** 45(5):665 – 679, 2004.

TOFANI, V. et al. Technical note: Use of remote sensing for landslide studies in Europe. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci**, 13, 1–12, 2013.

TOMINAGA, L.K. **Análise e mapeamento de risco**. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: 2009. 196p. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>> Acesso em 15 jul 2014.

TRUDGILL, S.T. **Soil and vegetations systems**. Oxford: Oxford University Press, 1988. 211p.

TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. **Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, Vol. 35 p.140-151, 2012.

_____. et al. **Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF. 23-Z-B-II, Estado do Rio de Janeiro**. Escala: 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

UN-ISDR. **Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives**. United Nations. Genebra, Suíça: UN, 2004. 457p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>>. Acesso em: ago. 2014

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – UERJ.; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Projeto PADCT-**Estudo Ambiental como Subsídio ao Ordenamento Territorial Através de Análise de Caso: Município de Teresópolis** - (Relatório Final), v.3, Rio de Janeiro, 1999.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Rio de Janeiro**. Florianópolis: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: UFSC, 2011.

VALLADARES, C. et al. **Geologia e recursos minerais da folha Três Rios SF.23-Z-B-I, Estado do Rio de Janeiro**. Escala 1:100.000. Belo Horizonte : CPRM, 2012

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005.

_____. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p. (INPE- 15318-RPE/818). Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/33EPEBL>>. Acesso em: Out. 2014.

_____.; ALBUQUERQUE, P.C.G. (2010). **TOPODATA: processamento dos dados SRTM**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Relatório INPE-16702-RPQ/854, 81 p.

VANACÔR, R. N. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2006. 129 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, CEP SRM/UFRGS. Porto Alegre, 2006.

_____.;ROLIM, S. B. A. Mapeamento Da Suscetibilidade a Deslizamentos usando Técnicas de Estatística Bivariada e Sistema de Informações Geográficas Na Região Nordeste Do Rio Grande Do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 1, 2012.

VARNES D.J. Slope movements, type and processes. In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (eds.), *Landslide analysis and control*. **Washington Transportation Research Board**, Special Report 176, Washington, 11-33, 1978.

VENANCIO, A. S. et al. **Avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa no município de Várzea Paulista (SP) utilizando os sistemas de informação geográfica**. *Geociênc. (São Paulo)*, São Paulo, v. 32, n. 1, 2013. Disponível em: <http://pgegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822013000100006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 13 fev 2015.

VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. Mudanças na morfologia dos canais urbanos: Alto curso do rio Paquequer, Teresópolis – RJ (1997/98 – 2001). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 9(1):3-22p, 2008.

WANG, H.B.; SASSA, K. (2005) **Comparative evaluation of landslide susceptibility in Minamata area, Japan**. *Environ Geol* 47:956-966.

YAMAGUCHI, Y.;KIMURA,K. **Detection of landslide areas using satellite radar interferometry**. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. v. 66, n.3, p. 337-344, mar. 2000. Disponível em: <http://www.asprs.org/a/publications/pers/2000journal/march/2000_mar_337-344.pdf>. Acesso em: 28 out. 2014.

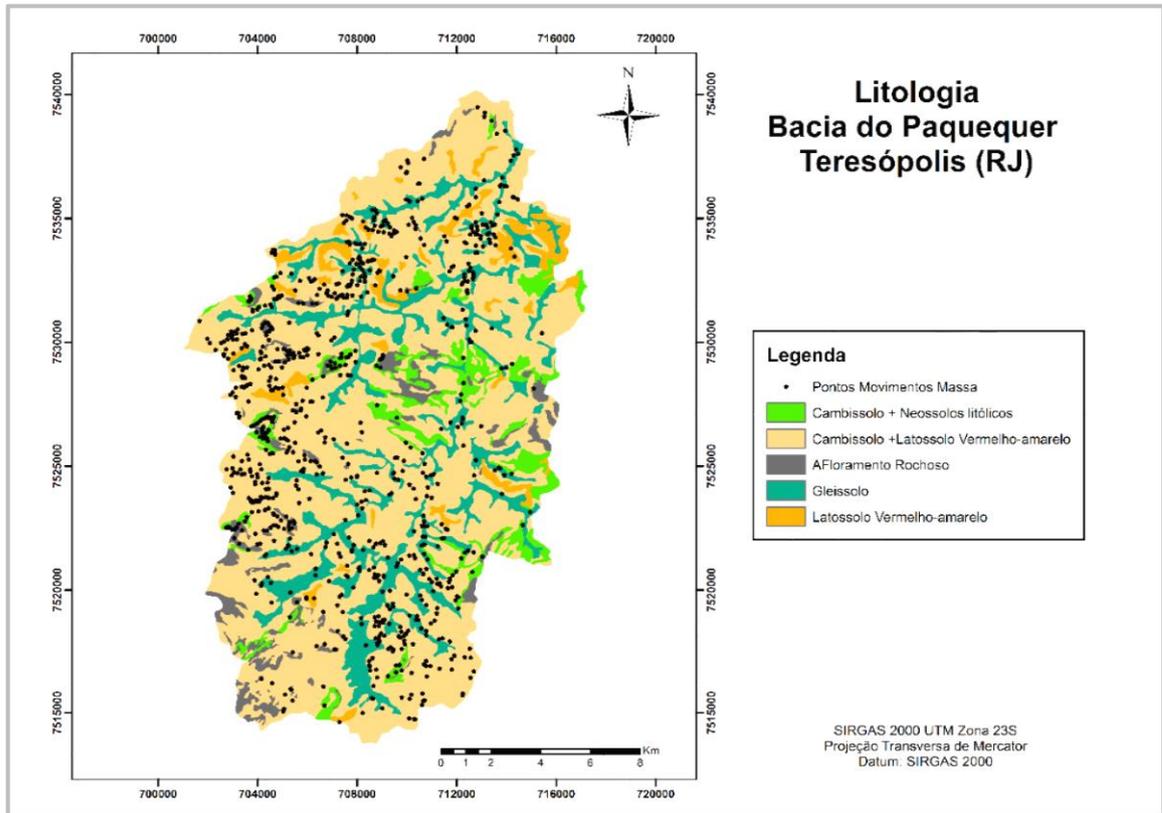
YIN, K. L.; YAN, T. Z. (1988) – **Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks**. Em: Bonnard, C. (ed.) – *Landslides. Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 2, Balkema, Rotterdam, pp. 1269–1272.

ZARE, M. et al. Comparing of bivariate statistic, AHP and combination methods to predict the landslide hazard in northern aspect of Alborz Mt. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**. Iran. Vol., 7,p. 543-554, 2014.

APÊNDICE – Mapas dos respectivos Planos de Informação no formato *Raster* (*reclassificados*) contendo a distribuição das cicatrizes de movimentos de massa:

1. Pedologia

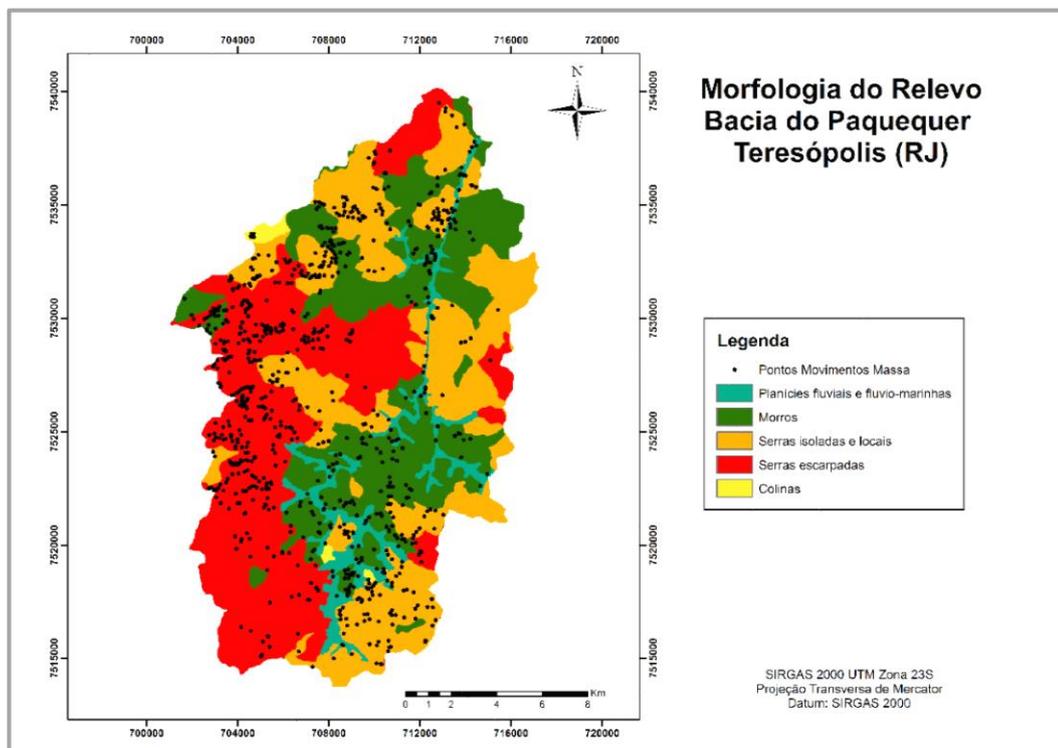
Mapa 1 – Pedologia



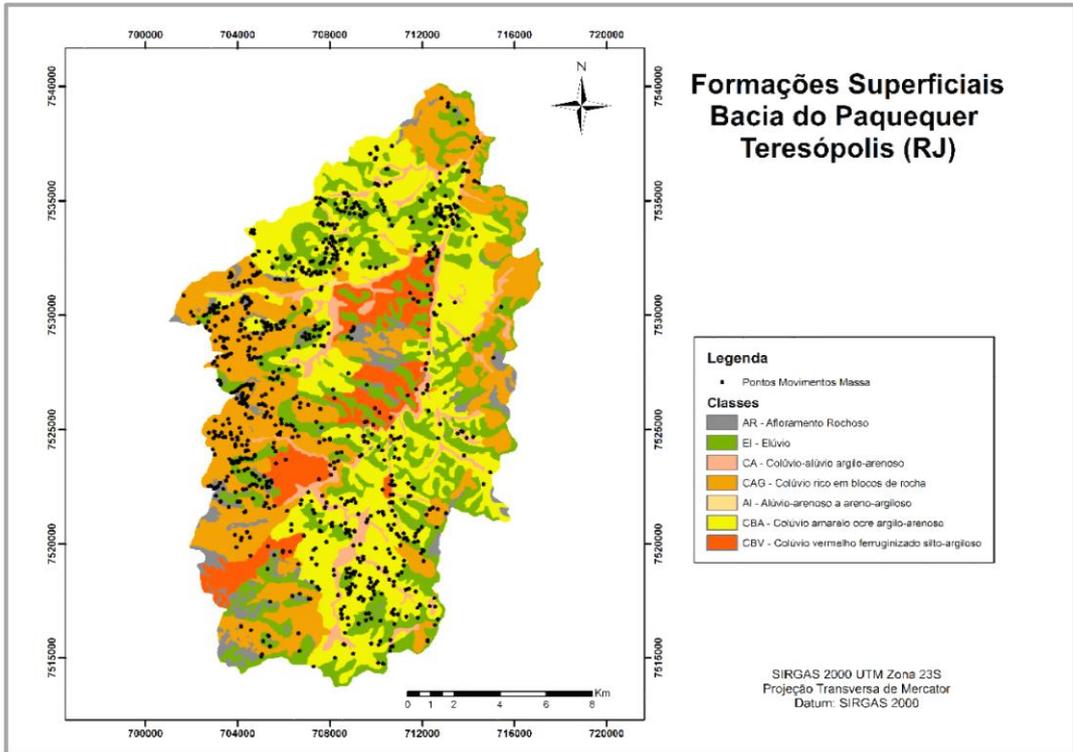
2. Geomorfologia

2.1 Morfologia do Relevo

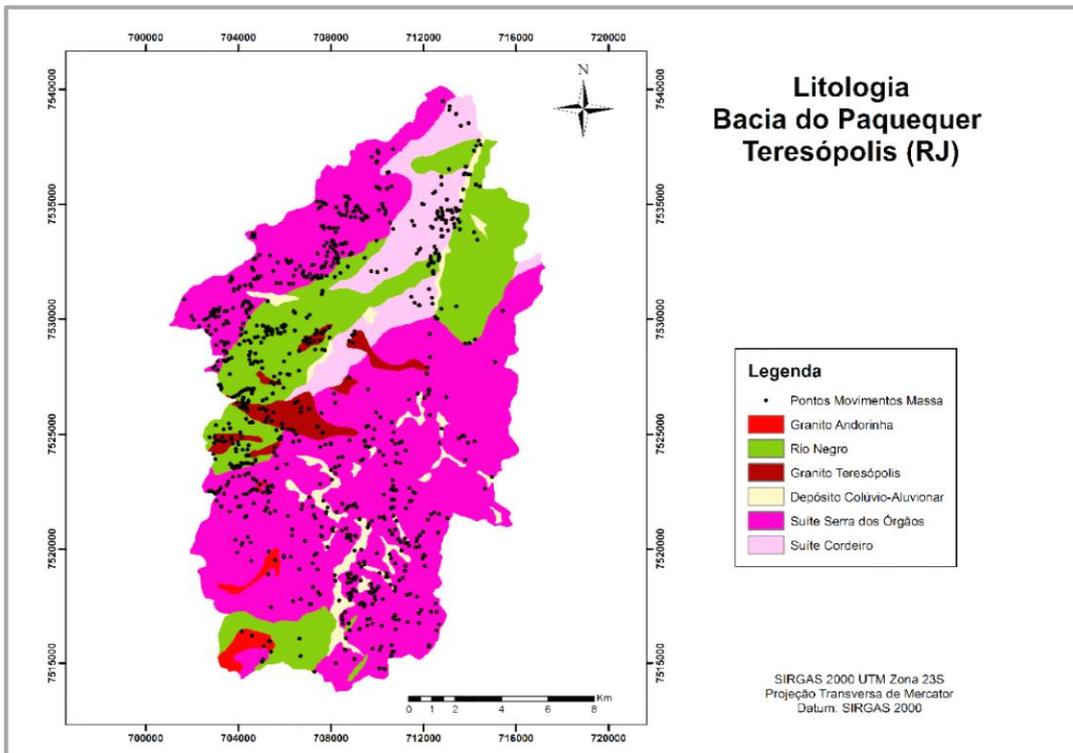
Mapa 2 – Geomorfologia: Morfologia do Relevo



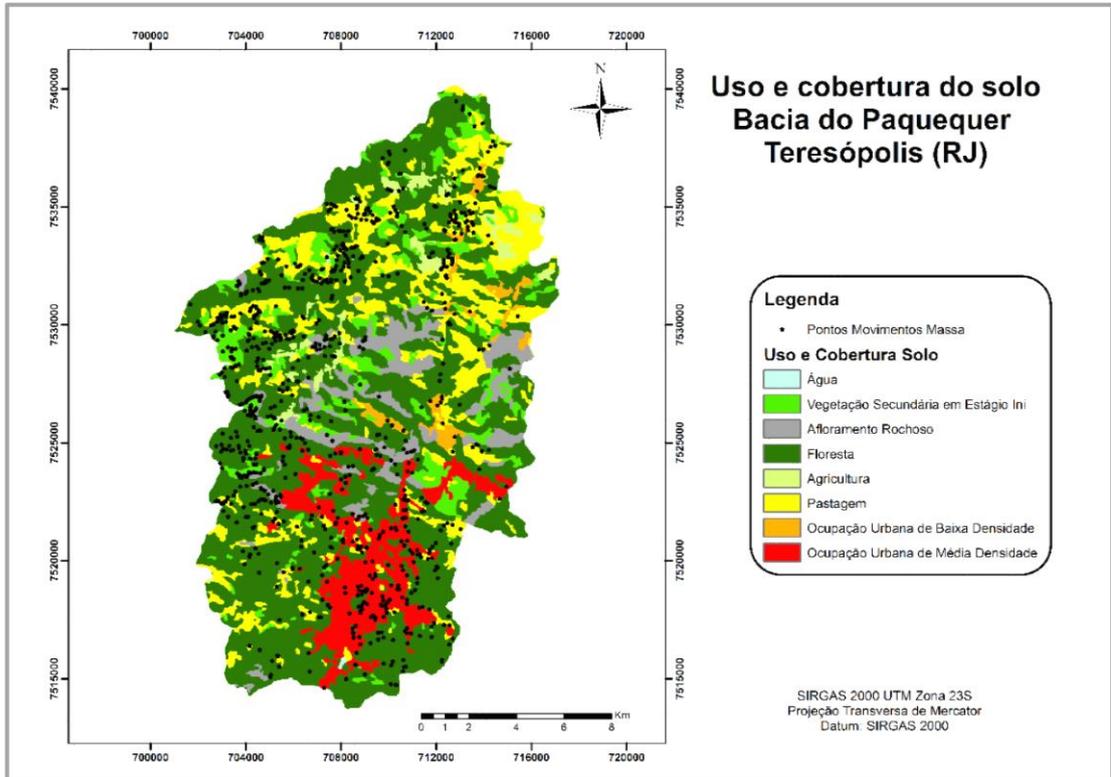
2.2 Formações Superficiais



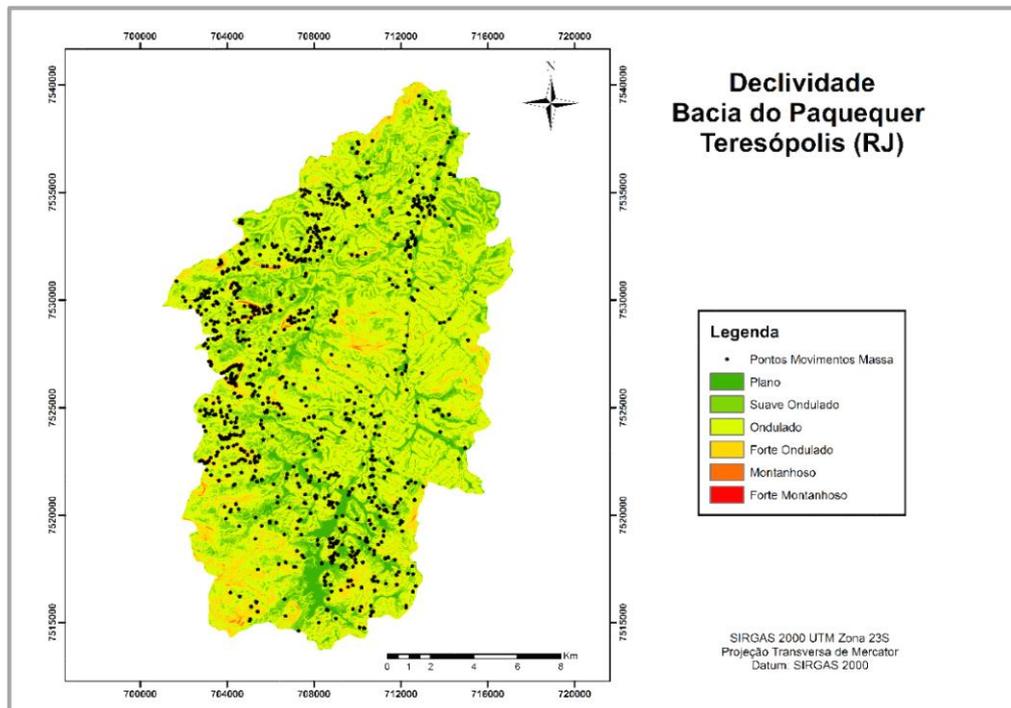
3. Litologia



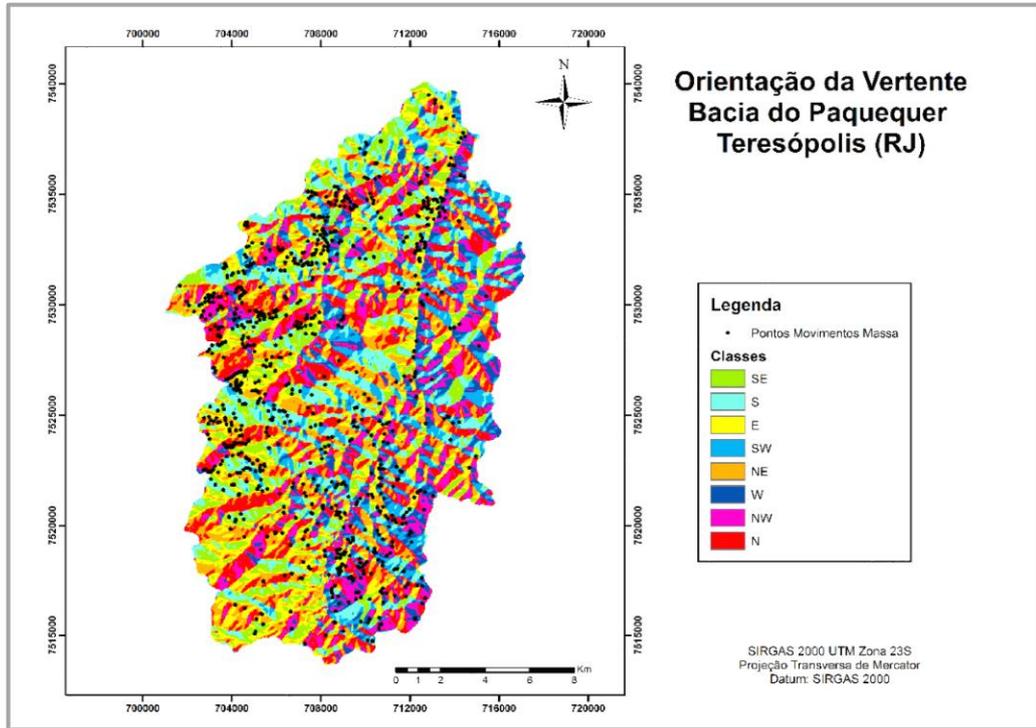
4. Uso e cobertura do solo



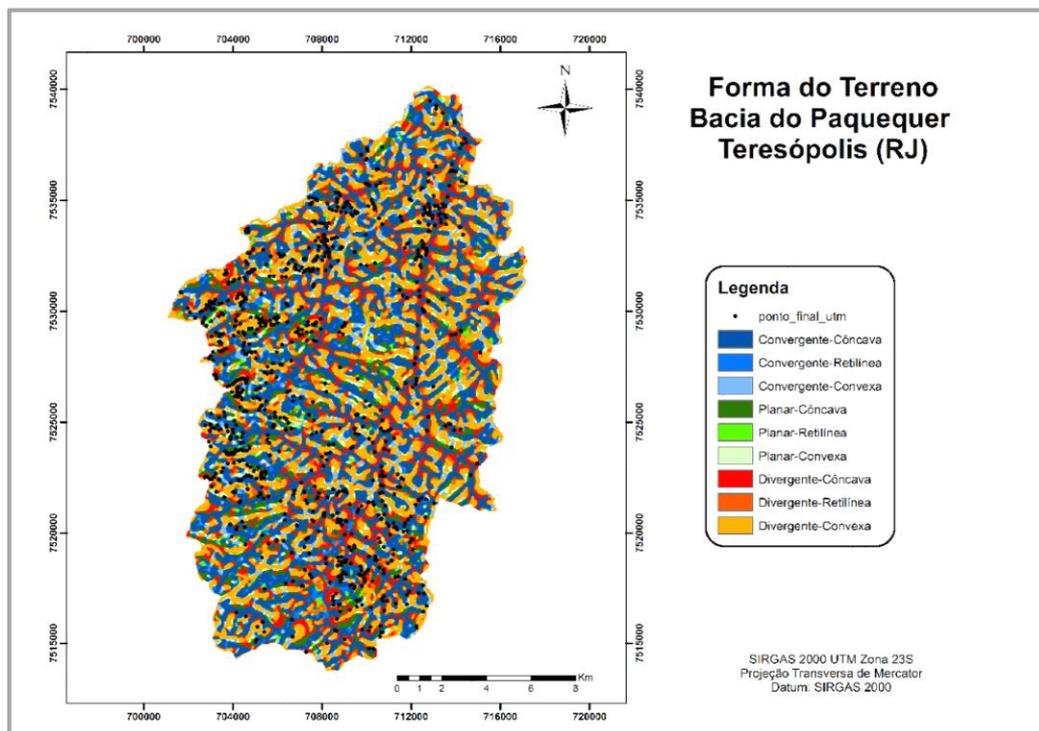
5. Declividade



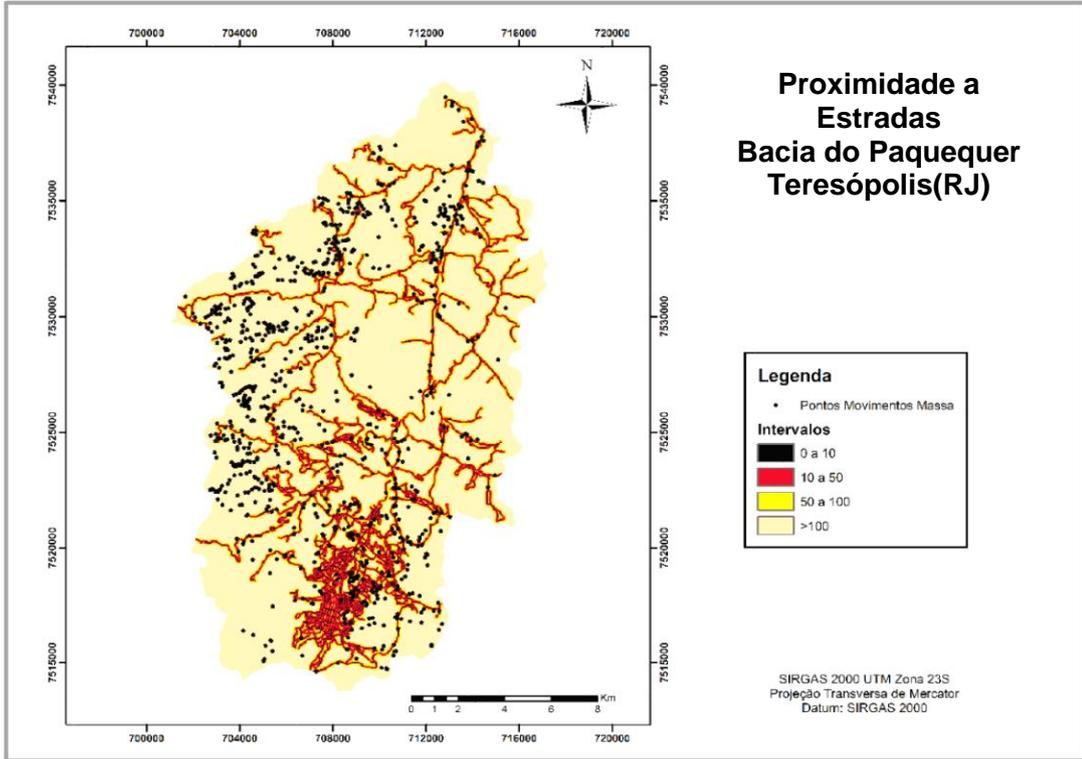
6. Orientação da Vertente



7. Forma do Terreno



8. Proximidade a Estradas



9. Proximidade a Drenagens

