

2.1.4 Fase de Avaliação dos Resultados

A organização sistêmica e lógica da base de dados espaciais e físicos envolveu o ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) e permitiu a geração de 02 (dois) mapas: Mapa Geológico-Estrutural de Detalhe do Alto Vieira e Mapa da Distribuição dos Escorregamentos e Fluxos Gravitacionais do Vieira, constituindo de base para a fase posterior.

Os resultados dos estudos foram analisados para indicar as principais características da estrutura geológica, estratigráfica e evolução geomorfológica como subsídio para descrição da fenomenologia do processo ocorrido em janeiro de 2011.

Os resultados podem ser aferidos segundo cinco domínios: as características do fluxo gravitacional do Vieira, os condicionantes geológicos e estruturais, evidências sedimentológicas e, dinâmica do fluxo gravitacional.

3 RESULTADOS

3.1 O Fluxo Gravitacional do Vieira

Um fluxo gravitacional de massa afetou o canal do rio Vieira desde a sua nascente, na cota 1750m, até o fim da sua planície de inundação, na cota 900m; o movimento de massa com extensão de 7,5km, 30-150m de largura máxima e 4m de espessura média, causou diretamente 86 mortes no bairro de Vieira e a destruição de casas e lavouras da zona rural do alto Vieira. (LIMA et al., 2011). Depois de um início marcado pelo fluxo gravitacional, com o registro de apenas quatro escorregamentos nos taludes laterais do vale (Foto 6), o fluxo ganhou em densidade e viscosidade ao ultrapassar uma “garganta natural”, com largura de 15m, altura de 40m e inclinação negativa (Foto 7), existente à cota 1400m. Rompido este barramento provisório de água, sedimentos e rochas, o fluxo passou a mobilizar detritos acumulados nas laterais do canal de drenagem (principalmente depósitos oriundos de corridas pretéritas) e, por vezes, do fundo do canal.

A frente do fluxo gravitacional se depositou num Campo de Futebol (Foto 8 e 9), à cota 1250m, construído às margens do canal e logo a jusante de um lajedo rochoso conhecido como Cascata; a frente do fluxo gravitacional é caracterizado por

blocos rochosos com diâmetro médio de 2.5m, com o maior atingindo 5.2m. Devido provavelmente a novos pulsos de fluxos, contudo, a frente do fluxo gravitacional foi lavada e o material fino praticamente todo removido. Uma feição indicativa de que a frente do fluxo gravitacional de fato paralisou no campo de futebol é mostrada nas Fotos 10 e 11. Nesta parte do canal do fluxo é nítida a presença de grandes matacões rochosos que não foram transportados pelo fluxo, e que, dada a sua dimensão, provavelmente funcionaram como barreira à passagem da frente do fluxo gravitacional de massa. Ao chegar à cota 1200m, num trecho principal com perfil mais aberto e menor gradiente, o fluxo libertou-se do eixo do canal e iniciou o seu espraiamento. Sem os blocos rochosos maiores, houve redução da sua capacidade de transporte de novos blocos (Foto 12).

No entanto, devido provavelmente à contribuição de enxurradas advindas de tributários, o fluxo continuou a lavar o material mais fino que integrava os depósitos ao longo do canal. Esta contínua atividade erosiva permitiu a “exumação” dos blocos rochosos com diâmetro médio inferior a 2m que ocupavam o leito do rio (Foto 13). No trecho do canal entre as cotas 1000m e 900m, devido possivelmente à diminuição da viscosidade da corrida de massa, teve início a deposição do material arenoso, como mostram os depósitos arenosos extensos e espessos nos leques do canal. A partir deste ponto, a fluxo gravitacional passou a transportar somente partículas finas e água, assumindo características de uma corrida de lama com alta velocidade. As casas do bairro de Vieira foram atingidas por este fluxo que se estendeu até o Restaurante “Lingüiça do Padre”, onde afunilou e passou a ter outras características; sem participação efetiva da massa terrosa (Fotos 14 e 15)

Foto 6 – Cabeceira de drenagem do rio Vieira, poucos deslizamentos a montante.



Fonte: DRM.

Foto 7 – “Barramento natural”; zona de acúmulos de influxos de sedimentos oriundos de antigos depósitos



Foto 8 - Visada do campo de futebol antes do fluxos de detritos; Foto 9 – Visada do campo de futebol após o fluxo de detritos (mar de blocos), frente de fluxo gravitacional. (Foto Sra. Maria - moradora de Vieira).



Fonte: Sra. Maria de Jesus.

Foto 10 – Bloco rochoso, com diâmetro superior a 2m, exumado.

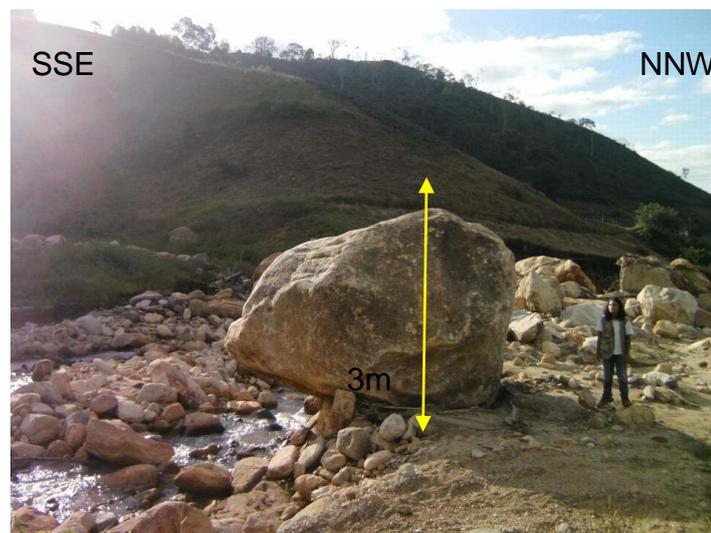


Foto 11 – No primeiro plano bloco rochoso transportado e ao fundo blocos rochosos, de grande diâmetro, exumados, indicado pela seta.



Foto 12 – Tributário à direita (leste) contribuindo com influxo de água e finos



Fonte: DRM.

Foto 13 – “Mar” de blocos rochosos e matacões exumados, largura do canal neste trecho 132m.



Foto 14 – Zona de deposição de material fino e água, importante *knickpoint* a jusante



Fonte: DRM.

Foto 15 – Zona de deposição: altura da lâmina d'água neste trecho 3m.



3.2 A diferença do Vieira para outros fluxos gravitacionais ocorridos no Megadesastre'11

As bacias do vale dos rios Cuiabá, Boa Esperança e Santo Antônio em Petrópolis, vale do rio Príncipe, em Teresópolis, e vale do Córrego D'Antas, em Nova Friburgo, também foram afetadas por magníficos fluxos viscosos. A seguir serão descritos estes fluxos de massa com vistas a estabelecer as diferenças principais com o fluxo gravitacional do Vieira.

3.2.1 Vale do Cuiabá e Vale do Santo Antônio (Petrópolis)

Durante o evento do Megadesastre da Serra Fluminense em janeiro de 2011 a região mais devastada no município de Petrópolis localiza-se no distrito de Itaipava (porção nordeste), com início às 00:30h da manhã percorrendo a direção W-ENE, no vales do rio Cuiabá, Santo Antônio e Boa Esperança

Segundo Melo et al. (2011), a corrida de massa do Cuiabá, no Distrito de Itaipava, se desenvolveu ao longo do eixo principal do canal do rio, por uma extensão superior a 10 km; atingiu uma largura máxima entre 20 e 40 m e uma espessura máxima de 4m, cobrindo todo o vale do Cuiabá após receber aporte de detritos de outro vale - do Santo Antônio -, destruindo diversas casas e causando 71

mortes (Foto 16). Todo este processo destrutivo ocorreu entre 21h do dia 11 e 6h do dia 12 de Janeiro.

Ao observar o registro sedimentar da corrida de massa, foi possível diferenciar dois tipos de fluxo de massa no evento. O primeiro, com cerca de 1,50m de altura, representando um fluxo trativo unidirecional de regime superior alto, apresenta estruturas plano-paralelas e feições de antiduna, o que indica, possivelmente, o resultado da remobilização de depósitos de corridas de massa pretéritas e o aporte de material advindo dos deslizamentos junto a cabeceira do vale.

O segundo, com cerca de 0,70m de altura, representando um fluxo gravitacional, apresenta gradação inversa dos seus grãos e mobilização de pequenos blocos de até 3m³, o que indica, possivelmente, o resultado dos deslizamentos dos taludes laterais dos tributários do canal principal, a jusante do local do dique de diabásio (Foto 17).

O movimento se iniciou na crista dos taludes íngremes, mobilizando cerca de 1m de material, caindo sobre os depósitos de tálus adjacentes as encostas, escavando-os. No terço superior do rio Cuiabá, um dique de diabásio condiciona a mudança de direção da drenagem, formando um forte “*Knickpoint*”. Neste ponto pode ter ocorrido um barramento natural, onde a carga sedimentar ao se acumular, rompeu o barramento natural gerando um fluxo hiperconcentrado. O movimento de massa ao longo do eixo do canal foi classificado preliminarmente como um fluxo de terra (*earth flows*).

Já no Vale de Santo Antônio, uma corrida de detritos (fluxo viscoso e denso) afetou o canal do rio Santo Antônio, em Itaipava, desde a sua nascente, na cota 2000m, até a cota 100m, onde encontra o rio Cuiabá. Na cota 350m o movimento de massa atingiu a Comunidade Quilombola do Alto Tapera, destruindo 03 casas. Não houve vítimas fatais.

O movimento de massa teve início com deslizamentos rasos de solo sobre rocha nos taludes laterais do vale encaixado. À medida que se propagava e recebia contribuições dos canais secundários, o fluxo incorporou blocos rochosos de diversos tamanhos dispostos no fundo do canal e nas paredes laterais, escavando as margens e ampliando a sua largura. O grande volume de massa detrítica atingiu então, na cota 350m, as casas do Quilombola do Alto Tapera, que se encontravam

localizadas sobre o leito do próprio canal ou fundadas sobre depósitos de corridas de massa pretéritas (Fotos 18 e 19).

O cenário de desastre na região de Itaipava ficou claro ao se percorrer o extenso depósito formado pelo fluxo gravitacional. O incrível número de deslizamentos translacionais desenvolvidos no contato solo/rocha junto às cabeceiras de drenagens e nos taludes laterais do rio Cuiabá e Santo Antônio forneceu influxo de sedimentos necessários para ampliar a viscosidade do fluxo e a capacidade de mobilizar depósitos de encosta na base dos taludes laterais. O registro de depósitos de antigas corridas composto por mistura de blocos rochosos envolvidos por matriz fina define diferentes eventos de corridas.

3.2.2 Vale do rio Príncipe (Teresópolis)

No caso de Teresópolis, as chuvas extremas de 11 e 12 de janeiro de 2011 atingiram a região noroeste do município de Teresópolis, traçando uma faixa no sentido SW-NE, e causaram a morte de mais de 300 pessoas e 158 setores de risco iminente. Cabe ressaltar que a extensão dos prejuízos e danos não foi em toda a área das bacias e sim nos vales principais, como o vale do rio Paquequer, Formiga, Vieira e Preto.

Quanto à bacia do rio Príncipe, na região norte (Posse/Campo Grande), predominaram as fluxos gravitacionais (blocos, solo, lama e água) ao longo dos cursos d'água. Segundo Waldherr et al. (2011), na bacia do Príncipe, o movimento de massa foi classificado como uma corrida de detritos – *debris flow* – a corrida de massa do Córrego do Príncipe se estendeu por 3,6 km entre as cotas de 1300 m e 870 m, com largura variando entre 40 e 180m, destruindo moradias e causando um elevado número de óbitos (Foto 20). A corrida se deu a partir de contribuições de material proveniente de deslizamentos nas vertentes da bacia (deslizamentos rasos planares no contato do solo residual com a rocha sã). Ao ganhar densidade e viscosidade com o aporte desse material, o fluxo ao longo do canal passou a exumar material de antigos depósitos laterais de corrida de detritos. No início da chuva, grande parte do material da corrida ainda ficou retida nas zonas de estrangulamento do canal do córrego principal, formando grande lagos em alvéolos efêmeros.

Além de reter a água, estas zonas de estrangulamento também tiveram influência no represamento de material. Análises preliminares evidenciaram a presença de antigo depósito de corrida de detritos na vertente direita do vale principal que se deslocou para o leito do rio por deslizamento rotacional, causando um represamento efêmero com altura mínima de 10 metros.

3.2.3 Córrego D'Antas (Nova Friburgo)

As chuvas intensas de janeiro 2011 atingiram a região nordeste do município de Nova Friburgo, causaram a morte de mais de 500 pessoas e 254 setores de encosta com risco iminente a diferentes tipos de escorregamentos, desde corridas de lama ou detritos, passando por deslizamentos de solo/rocha e até mesmo quedas de blocos rochosos. As principais bacias atingidas pelo desastre são do vale do rio Grande, Bengalas e córrego D'Antas, (AMARAL e LIMA, 2011).

Na região centro norte – córrego D'Antas e rio Bengalas – predominaram os deslizamentos rasos e corridas massa que afetaram o canal principal de drenagem, desde a sua nascente, na cota 1021m, até a sua confluência com o rio Bengalas, na cota 850m, com 8km de extensão e largura máxima de 100m, causou a destruição de centenas de casas e provocou a morte de 50 pessoas. Teve como controles geomorfológicos os seguintes atributos: presença de zonas de estrangulamentos no canal do córrego principal; estas retiveram, no início da chuva extrema, grande parte do material deslizado oriundo dos taludes laterais e da cabeceira de drenagem, formando grande lagos nos alvéolos. Segundo Pinto et al. (2011), os *knickpoints* foram fundamentais no transbordamento dos rios. Isto pôde ser evidenciado pelo fato de que ao longo de seu curso, o córrego D'Antas apresenta sequências de alvéolos interrompidos por estrangulamentos, os quais represam as águas a montante (Foto 21). Não houve mobilização de blocos rochosos no córrego D'Antas, as observações de campo mostram depósitos pretéritos compostos basicamente por solos aluvionares, solos arenosos e/ou argilosos, razão pela qual o processo foi classificado como uma corrida de lama (*mud flow*).

Foto 16 – Deslizamentos translacionais, alcançando o eixo de canais tributários, a montante do barramento principal, na localidade da fazenda Paquequer. Fonte: Sr. Rafael Correa de Melo.



Fonte: Sr. Rafael Correa de Melo.

Foto 17 - Registro sedimentar observado no principal alvéolo de deposição, próximo ao Haras do Vale da Boa Esperança, Itaipava, Petrópolis-RJ, notar que há três superfícies de discordância.



Fonte: Sr. Rafael Correa de Melo.

Fotos 18 e 19 - Vista geral e de detalhe do canal do rio Santo Antonio após a corrida de massa: presença de blocos rochosos exumados pelo fluxo viscoso e características dos materiais que compuseram a massa deslocada



Foto 20 - Vista de detalhe do canal do rio Príncipe após a corrida



Foto 21 - Corrida de massa no Corrego D'Antas, Nova Friburgo.



3.3 Condicionantes geológicos e estruturais

O mapeamento geológico-estrutural, na escala 1:5.000, definiu as unidades litológicas caracterizadas pelas diferenças de isotropia e homogeneidade. (APÊNDICE A). As investigações concentraram-se na cabeceira de drenagem do rio Vieira (Alto Vieira) onde a geologia pode ser considerada mais importante para a elucidação da fenomenologia do fluxo gravitacional. Rodrigues et al. (2011) mapearam em detalhe essas unidades litológicas:

- Suíte Nova Friburgo: Biotita Granito Mesocrático - aflora na cabeceira da drenagem e trata-se de uma rocha mesocrática, de coloração cinza a cinza escura, com uma orientação de fluxo por vezes presente, grão médio a grosso, equigranular, isotrópica, maciça, composta por quartzo, feldspato, biotita, hornblenda e minerais opacos.
- Suíte Cordeiro: Biotita Gnaisse Migmatítico - rocha de cor cinza claro, homogênea, anisotrópica (Foto 22). Sua foliação é conferida pela orientação preferencial dos minerais máficos. Apresenta textura migmatíticas dobrada e estromatítica. Os neossomas e os paleossomas têm espessuras centimétrica.

Foto 22 – Biotita gnaisse típico da área mapeada



- Suíte Serra dos Órgãos: Biotita Gnaisse Homogêneo - rocha de cor cinza claro, homogênea, coloração acinzentada, grão grosso, índice de cor mesocrático a leucocrático (Foto 23). Apresenta aglomerados máficos de biotita e hornblenda orientados, conferindo a rocha caráter foliado e descontínuo.

Foto 23 - Biotita gnaisse cortado por veio quartzo feldspático (espessura decimétrica)



- Microdiorito: aflora em forma de diques e lentes de tamanho variado (desde poucos centímetros até dezenas de metros), cortando as unidades gnáissicas com contatos irregulares. Trata-se de uma rocha de coloração cinza escura, homogênea, granulometria fina, textura hipidiomórfica equigranular, meso a melanocrática, por vezes apresenta orientação de fluxo.
- Brecha de falha: rocha de falha observada ao longo do trecho retilíneo do Alto Vieira. É constituída por clastos de tamanhos milimétrico a centimétrico, das rochas encaixantes, envoltos por uma matriz de coloração avermelhada.
- Lamprófiro: aflora em forma de dique, espessura máxima de 1.5m e direção N30E (Foto 24). Na maioria das vezes aparece associado à brecha. É uma rocha com acentuada alterabilidade, o que pode ser verificado a partir da comparação com a rocha encaixante, que submetida às mesmas condições

apresenta-se menos alterada que o dique. É uma rocha de coloração cinza chumbo, granulação fina, homogênea, melanocrática com uma foliação incipiente conferida pela orientação dos fenocristais milimétricos de anfibólio e biotita.

Foto 24 – Dique de direção NE cortando unidade gnaissé alto da cabeceira do rio Vieira



- Veios tardios: são estruturas constituídos por veios de quartzo, pegmatitos e aplitos. Apresentam granulação variada e espessura, em geral, centimétrica.

Em termos estruturais a bacia do rio Vieira, apresenta um sistema de fraturas NE-SW e NW-SE, que condiciona deflexões do canal de drenagem, por uma distancia de 1 Km, com espaçamento médio da ordem de 30cm, individualizado blocos e matacões rochosos nos taludes laterais do canal do Vieira, os quais, junto com a fina capa de solo, foram facilmente incorporados ao fluxo gravitacional. Isto é absolutamente claro no trecho entre as cotas 1750m e 900m, onde o vale se encontra extremamente encaixado numa zona de falha. No baixo curso, observa-se mudança de direção para N25W, onde o canal passa a apresentar larguras maiores e aspecto meandrante.

Segundo Rodrigues et al. (2011), na cota 1400m verifica-se a desassociação da brecha e do dique: o lamprófito segue direção N25E, enquanto que a brecha assume a direção N15W. Essa desassociação remete a ideia de que rio Vieira está encaixado numa falha, visto que o mesmo acompanha a sua inflexão, e não o dique. A falha tem direção predominantemente N25E, é normal, oblíqua e com componente dextral, sendo preenchida por brecha. Estrias com direção N57E e ressaltos foram observadas. Sua cronologia é definida como posterior ao metamorfismo e as intrusões graníticas. O rejeito estimado em alguns trechos chega a 7 metros (Foto 25).

Foto 25 – Alto do grande “barramento natural”, cota 1450m, cânion altamente fraturado (espaçamento centimétrico)



O canal de drenagem é caracterizado por elevado grau de faturamento; as principais famílias de fraturas têm influencia direta no acidente estudado. Fraturas com direção N20W a N40E tem relação com a formação de “*knickpoints*”, que serviram como barramentos temporários, retendo o fluxo e aumentando sua energia e potencial destrutivo (Foto 26). Fraturas de direção N25E condiciona o padrão de drenagem retangular/treliça com tendência a sub-dendritica do canal (Foto 27).

Foto 26 – Próximo à cabeceira, “*Knickpoints*” são zona de acúmulo de sedimentos; Foto 27 – Corte em maciço rochoso bastante fraturado condicionando a direção do canal de drenagem



E por fim, fraturas de direção N40E com a variação da direção do canal, quando o mesmo deixa de ter o aspecto retilíneo e passa assumir caráter meandrante (Foto 28).

Foto 28 – Vale não confinado e o canal passa assumir caráter meandrante.



Fonte: DRM.

3.4 Fatores Imediatos e Deflagradores

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) configurou-se em dois episódios durante o mês de janeiro de 2011: (i) o primeiro episódio ocorreu no período de 01 a 07 de janeiro, com a banda de nebulosidade associada centrada sobre a Região Sudeste; (ii) a partir do dia 11, houve a formação do segundo episódio de ZCAS, o início da formação deste episódio resultou em chuvas persistentes no leste da Região Sudeste, com impactos principalmente nas áreas serranas do Estado do Rio de Janeiro, Figura 5. Em todos os episódios, pode-se notar a formação do canal de umidade em 850 hPa, da Amazônia a Região Sudeste, a região de maior movimento vertical ascendente em 500hPa e a formação de cavado amplificado e vórtice ciclônico sobre o Atlântico no nível de 200hPa. (CPTEC/INPE, 2011).

Figura 5 - Entrada das massas de ar provenientes da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), direção NNW, na região serrana do Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: DRM.

A análise de dados das chuvas que foram responsáveis pela deflagração dos processos mostra o caráter extraordinário desse evento pluviométrico. Não havia estações meteorológicas na localidade de Vieira, dessa forma não há registro de valores das precipitações da época do acidente para região.

No entanto, na época do desastre da serra, havia em operação na região serrana: o Sistema de Alerta de Cheias do INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA, 2011), estação da rede convencional, no município de Nova Friburgo (Estações Nova Friburgo, Pico Caledônia, Torres, Sítio Santa Paula, Olaria e Ypu); e a estação automática do INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET, 2011) de Nova Friburgo. Recentemente, o INEA retificou os índices de chuvas dos dias 11 e 12/01/2011. A tabela 1 apresenta os valores considerados agora corretos, subdivididos pelos horários considerados mais importantes, entre 0h e 3:45h da manhã, de 12 de janeiro de 2011, incluindo os valores de acumuladas em 1h, 4h, 24h, 96h e 1 mês da Estação Sítio Santa Paula mais representativa para região de Viera. Esses valores referem-se as três primeiras horas do dia 12/01/2011 quando a estação Sítio Santa Paula, situada no Córrego D'Antas, teve sua transmissão interrompida durante a tempestade. A estação ainda encontra-se desativada.

Tabela 1 – Precipitação no dia 12 de Janeiro de 2011 na Estação Sítio Santa Paula.

Horário	Precipitação Acumulada (mm)				
	1h	4h	24h	96h	720h
00h	17,4	61,6	128,2	128,2	441,8
01h	11,0	58,4	133,8	139,2	452,8
02h	38,6	96,2	170,4	177,8	491,4
02:45h	48,0	114,2	199,2	209,2	522,8
03:45h*	55,4	135,2	248,2	260,0	573,6

Fonte: INEA *Dados disponíveis a partir de 01 de Janeiro de 2011

As estações pluviométricas do INEA e do INMET registraram, a partir das 22:45h do dia 11 de janeiro, no município de Nova Friburgo, chuvas de intensidades moderada a forte durante várias horas consecutivas, acarretando em grandes acumuladas. A maior concentração das chuvas se verificou nas suas primeiras 4 horas; o valor máximo de chuva em 4 horas foi 135,2 mm.

As maiores intensidades horárias – consideradas como fortes a muito fortes – ocorreram nas estações pluviométricas de Olaria (54,8 mm/h) e Sítio Santa Paula (55,4mm/h) e as maiores acumuladas durante o evento (24 horas) foram registrados em Olaria (241,8mm) e Sítio Santa Paula (248,2mm).

Os trabalhos de D’Orsi (2011) e Canedo et al. (2011) apresentaram dados das chuvas associadas aos escorregamentos generalizados no Megadesastre’11. Canedo et al. (2011) optaram por associar os acidentes à chuva de 130mm em 4h 30min; e D’Orsi (2011) indica que um pluviômetro da CRT chegou a registrar, no dia 11/01/2011, uma intensidade horária máxima de 108mm/h em Teresópolis. O geólogo Ricardo D’Orsi (2011) em sua tese de doutorado, sobre a correlação entre chuva e escorregamentos no trecho da Serra dos Órgãos da BR-116, Teresópolis, indica evento extremo na noite do dia 10 de janeiro de 2011 e prosseguiu até a madrugada do dia 13 de janeiro, quando começou a dissipar. As chuvas atingiram os municípios da região serrana fluminense. Segundo D’Orsi, a estação pluviométrica que registrou os maiores índices foi a estação CRT KM 90, sendo os maiores volumes pluviométricos correspondem a 23mm/h e 80,4/24h. Durante a duração do evento da região serrana, a CRT instalou um pluviômetro no KM 55 da BR 116 RJ que chegou a registrar, no dia 11/01/2011, uma intensidade de horária máxima de 108mm/h, tendo sido registrados aproximadamente 80 ocorrências de escorregamentos na via.

Quanto à análise de Canedo et al. (2011) discutiram 3 eventos chuvosos: (i) um período chuvoso na região Sudeste, que provocou precipitações de oito a dez dias na serra do Estado do Rio de Janeiro e iniciou o processo de infiltração do solo, combinou-se com chuvas pré-frontais, que caíram com intensidade forte durante 32 horas em boa parte da serra, entre os dias 10 e 12 de janeiro; (ii) o terceiro evento foi a formação de uma *cumulus nimbus* realimentada por umidade proveniente da Amazônia. As *cumulus nimbus* alcançaram a tropopausa (camada intermediária entre a troposfera e a estratosfera), atingindo alturas de nuvem superiores a 13Km, que resultou em chuvas localizadas nas cabeceiras de vales, de intensidade fortíssima e com duração de 4,5horas, na noite de 11 para 12 de janeiro, com intensidades na ordem de 130mm/h. No caso do Megadesastre 11 da região serrana, o que se sabia até Novembro de 2012, é que a chuva extrema, vinda do Norte e que se prolongou por mais de 10 horas, foi resultado da ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, que, segundo Silva Dias (1995), é uma faixa espessa

de nebulosidade, orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central, ou seja, alguns milhares de quilômetros, bem caracterizada nos meses de verão. Os dados de chuvas mais significativo para deflagração do megadesastre provém da Estação S.S.Paula (INEA), em 12.01.2011 às 03:45h, 55,4mm/1h; 248,2mm/24h; 260mm/96h; 573,6mm/mês, corroborando os índices apresentados por D'Orsi (2011) e Canedo et al. (2011).

Porém, novos dados foram divulgado no *Jornal O Globo*, em 21 de Fevereiro de 2011, onde de acordo com dados de um equipamento não oficial, da marca americana Davis, no Sítio da Família Bittencourt, no distrito de Macaé de Cima, Nova Friburgo, os registros mostraram que em 07 (sete) horas, o índice pluviométrico chegou a 440mm. Foram duas marcas de 140mm/hora, uma de 110/hora e uma de 50mm/hora – sem precedentes na série histórica das estações do poder público. Entretanto, esta estação, apesar de nova, não passa pela calibragem exigida por órgãos públicos, e, por isso, não gera dados oficiais. Este cenário de chuvas confirma os possíveis índices do evento pluviométrico de Megadesastre ocorrido em Vieira, vale de Bonsucesso, Teresópolis.

3.5 Estudos sedimentológicos do fluxo gravitacional do Vieira

Análises estratigráficas e geomorfológicas de campo são poderosos instrumentos para o reconhecimento da sequencia de eventos pretéritos ou recentes operantes na paisagem.

Os processos sedimentares geram produtos de grande variabilidade, os depósitos sedimentares, cujas partes elementares são as fácies sedimentares. Segundo Della Fávera (2001) fácies sedimentares corresponde a conjunto de feições que caracteriza um corpo de sedimentos litificados ou não com características específicas, sejam elas a cor, granulação, estruturas internas, geometria deposicional, espessura, fósseis ou paleocorrentes. A compreensão da distribuição das fácies deposicionais é de extrema importância para a interpretação das condições reinantes durante a formação do depósito.

No presente estudo, os atributos utilizados para a classificação das fácies em escala macroscópica serão textura, composição e estruturas sedimentares, dados de granulometria, forma dos depósitos, sistema de transporte, selecionamento das partículas, presença de depósitos não estratificados, composição da matriz dos depósitos por meio de perfis faciográficos colunares.

Para a identificação das fácies, será adotado um código alfanumérico, a fim de representá-las de forma simplificada. Desta forma, foram identificadas 05 fácies, em alguns afloramentos estudados, indicadas abaixo juntamente com sua descrição e interpretação particular para a área de estudo:

- **Fácies C1** - Descrição: composta por cascalhos, variando de grânulos a matacões, suportados por clastos. Muitos clastos apresentam-se imbricados, sendo mais comum paralelo à direção do fluxo. Os matacões são formados por rochas, arredondados e mal selecionados, Foto 29.

Foto 29- Cascalhos métricos e areias médias a grossas desorganizadas



- **Fácies C2** - Descrição: constituída por cascalhos suportados por matriz arenosa. A granulometria do arcabouço é variada; constituído de grânulos e seixos subangulosos a subarredondados, com média de 5cm de diâmetro. Apresenta matriz arenosa fina a grossa (quartzosa), Foto 30.

Foto 30 - Grânulos e seixos com matriz arenosa



- **Fácies C3** - Descrição: constituída por cascalhos com granulometria variando de grânulos a seixos, na maioria arredondada, de esfericidade baixa a média, suportados por matriz lamosa. No campo os perfis mostram uma variabilidade de finos e em alguns locais os clastos se suportam de maneira caótica no seio da matriz (Foto 31).

Foto 31 - Cascalhos (arredondados) suportados por matriz silto-arenosa.



- **Fácies Am** – Descrição: constituída por areias finas a grossas, maciços, com matriz argilosa. Têm seleção moderada a má, subanguloso a anguloso, com matriz argilosa de composição quartzo feldspática. Apresentam-se dispostos em camadas tabulares com espessuras decimétricas a métricas.
Interpretação:
- **Fácies Sm** - Descrição: composta por silte e argila, de cor amarelada que podem apresentar partículas de grãos de areia e até grãos dispersos, mas isso é pouco comum (Foto 32). E alguns perfis aparecem com estruturas laminadas.

Foto 32 – Composto por silte e argila, e grãos dispersos, podem aparecer com estruturas laminadas (rítmicas); depósito mais distal da corrida de massa em RJ-130, KM 33,5.



A partir da análise sedimentológica e estratigráfica dos afloramentos, bem como da interpretação de fotomosaicos dos afloramentos, foram definidas cinco fácies estudadas, nomeadas de C1, C2, C3, Am e Sm. A análise das fácies foi realizada procurando-se observar as associações de fácies. A associação de fácies consiste em um conjunto faciológico, onde cada unidade individual representa o registro da atuação de um determinado processo de formação, e a soma de todos os processos, com suas características e inter-relações, permite que se delineie o ambiente de sedimentação. (DELLA FAVERA, 2001).

Desta forma, foram reconhecidas 4 associações de fácies, numeradas com algarismos romanos, vide tabela 2. A descrição assertiva de uma associação de fácies permite a interpretação do paleoambiente de sedimentação.

Tabela 2 - Associações de fácies estabelecidas para os depósitos recentes e atuais da corrida de massa do rio Vieira.

Conjunto de fácies	Associação de fácies
C1 + Bem	I
C3 + Am	II
Sm + C2 + Am + C2	III
Am + C3	IV

A associação de fácies I e II é a que constitui o menor volume dos depósitos, são resultados de processos deformacionais (Fotos 33 e 34). Compreendem pacotes de 2 – 3 metros de espessuras; os perfis de deposição desse material são constituídos por blocos métricos e decimétrico e arcabouço clasto-suportado. Aparentemente os clastos apresentam imbricação causada pela colisão e natureza desorganizada da fábrica (Foto 35). Observa-se uma distribuição granulométrica invertida, ou seja, os materiais mais finos encontram-se na base da camada e os de maior granulometria na sua porção superior, mostrando uma forma de deposição típica da parte frontal do fluxo gravitacional.

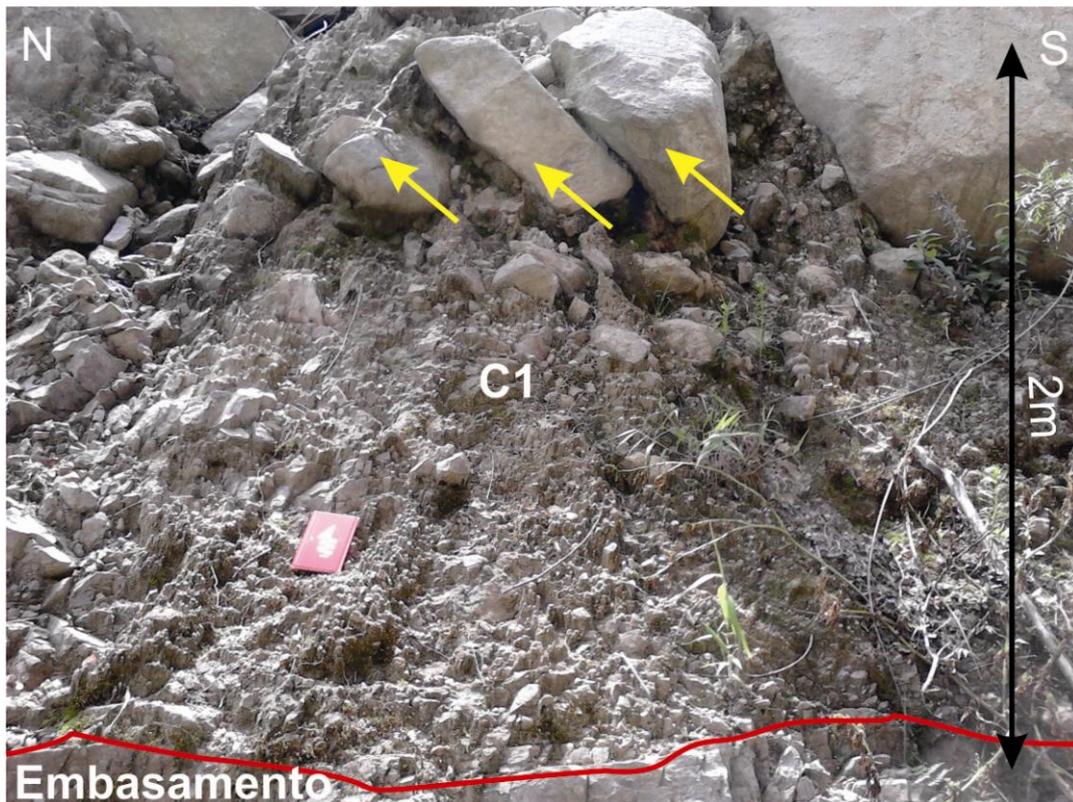
Foto 33 - Depósito antigo de corrida de massa com estruturas de granocrescência ascendente (gradação invertida), incremento de fração cascalho em relação ao topo.



Foto 34 - Depósito antigo de corrida de massa; ocorrência de cascalhos em associação com areias media a grossas, depositados por processos de fluxos de detritos

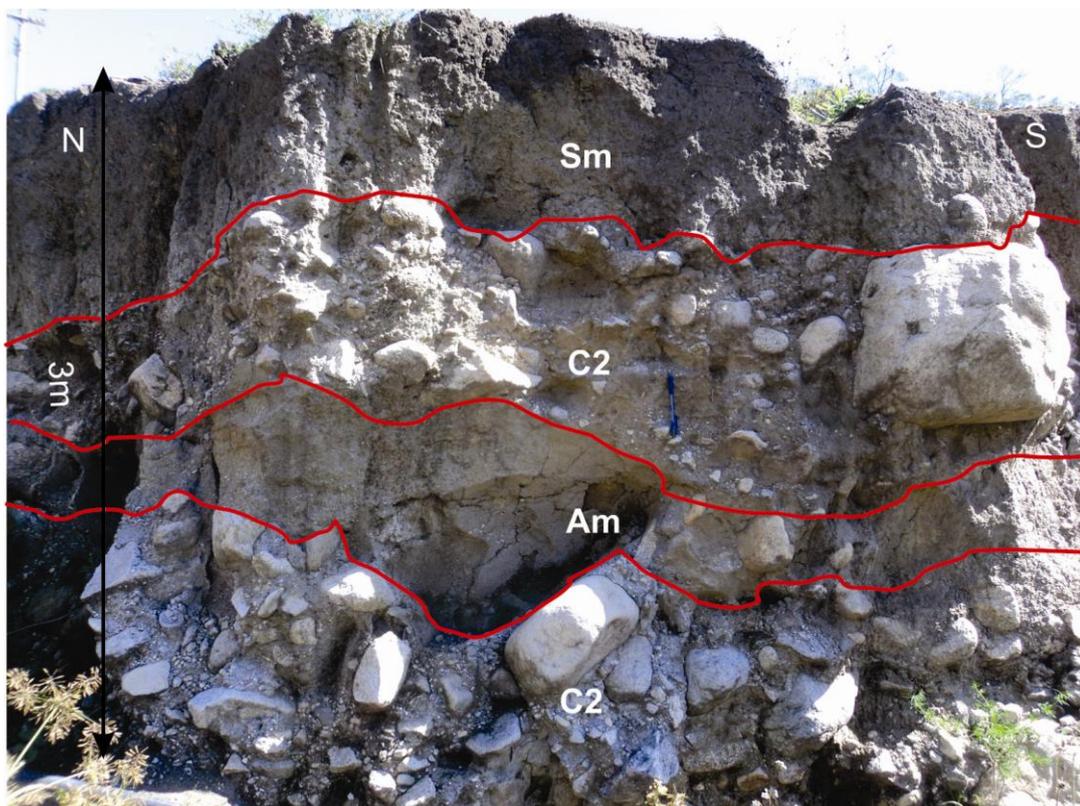


Foto 35 - Perfil deposicional recente de corrida de massa (evento de 11-12 de janeiro de 2011), geometria de canal, onde predominam fácies de cascalhos, seixos e areias de caráter erosivo, representando a porção mais proximal do sistema (Alto Vieira). Setas de cor amarela indicam a direção dos clastos imbricados.



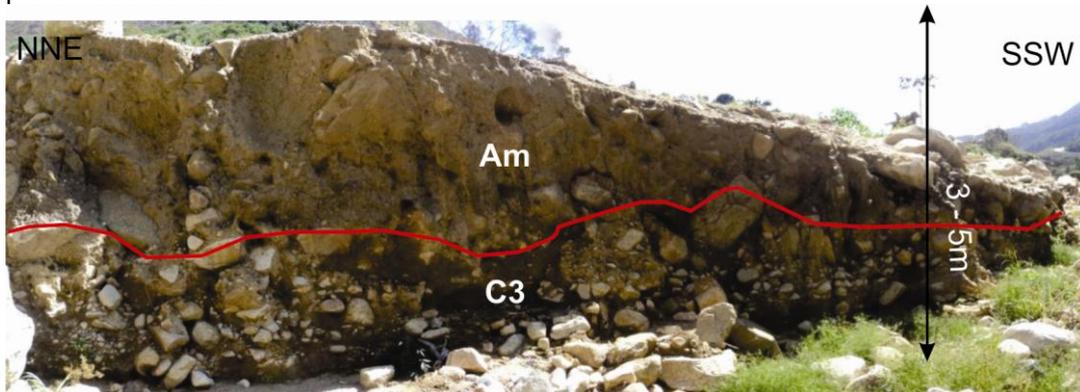
As fácies agrupadas na associação III são relacionadas a diferentes pulsos e diferentes energias de transportes (Foto 36). Compreendem cascalhos, mal selecionados que variam de grânulos a blocos, predominando tamanho de seixos, matriz constituída de areia fina a grossa; ocorre em camada de porte médio, apresenta contato superior nítido e inferior erosivo (fácies C2). As fácies Am são areias fina a grossa, maciça e ocorre em camada de porte métrico. E as fácies Sm, constituído de material fino (areia média/grossa, areia fina e silte), resultam de processos de baixa energia. Apresentam geometrias tabulares e pouco espessas (às vezes com continuidade lateral).

Foto 36 - Natureza da matriz suportada dos depósitos é característica de eventos com elevada concentração de sedimentos. Depósito antigo de corrida, representando porções mais distais do canal.



As fácies sedimentares descritas e interpretadas na **associação IV** são depositadas por fácies grossas geradas, com indicações de exposição subaérea (foto 37). O perfil de deposição apresenta material granular (areias e siltes), predominando camadas de areia grossa, média e fina.

Foto 37 – Base composta por seixos arredondados a angulosos de tamanho métrico, imersos em matriz arenosa; e topo constituído de areias finas a grossas, maciças de porte métrico. Depósito pretérito de corrida.



3.6 Mapeamento sistemático de blocos rochosos na frente do fluxo gravitacional do Vieira

O mapeamento de blocos rochosos na frente do fluxo gravitacional é uma etapa fundamental ao entendimento da fenomenologia do acidente. O mapeamento sistemático foi realizado durante 03 meses, Foto 38. O trabalho consistiu em mapear os blocos rochosos linearmente, num sentido perpendicular ao eixo do canal de drenagem, em faixas espaçadas de 150m (cada linha era determinada estendendo a trena digital perpendicularmente a drenagem), determinando-se principalmente: o eixo maior e o eixo menor de cada bloco (indica o tamanho médio dos blocos); os sinais de transporte dos blocos (indica se o bloco foi exumado ou transportado); a litologia de cada bloco rochosos (indica a densidade média do material grosso).

Foto 38 – Blocos rochosos e matações de com marcas de impacto, o que revela o transporte de blocos rochosos.



Foram geradas 23 seções paralelas a cada linha, indicando-se: a largura do canal, a profundidade, a composição do material das paredes laterais do canal, o comprimento total da seção. (APÊNDICE B e APÊNDICE C). Apesar das dificuldades relacionadas às alterações das seções mapeadas (devido à dragagem do rio Vieira), cada seção apresenta uma média de 25 blocos rochosos. Observar nas figuras 6 e 7 a área antes e depois da passagem do fluxo gravitacional do Viera e a figura 8 representa perfil transversal da área afetada.

Figura 6 – Área antes do evento do fluxo gravitacional do Vieira, imagem Google Earth, 26 de novembro de 2006 (destaque para Perfil A-B).

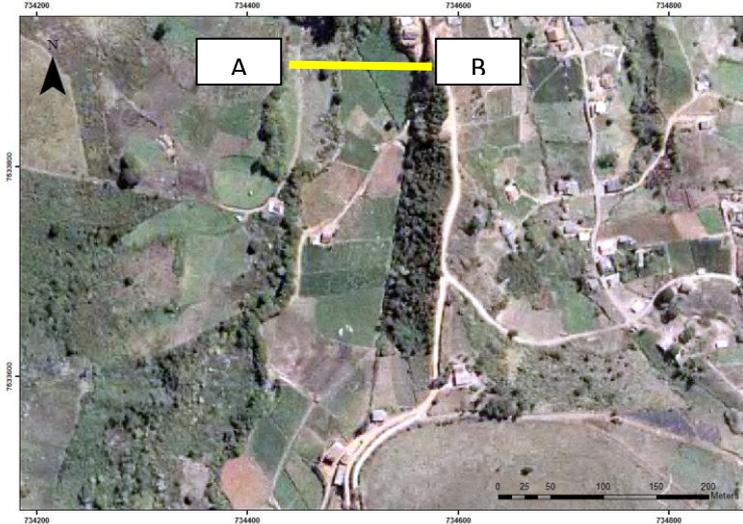


Figura 7 – Área pós-evento do fluxo gravitacional do Vieira, imagem Geoeye-1, 19 de janeiro de 2011 (destaque para Perfil A-B).

