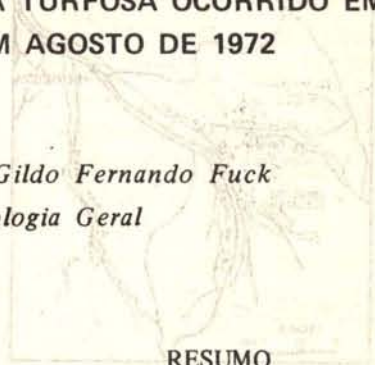


SOBRE O DESLIZAMENTO DE LAMA TURFOSA OCORRIDO EM CAMPOS DO JORDÃO, SP, EM AGOSTO DE 1972

por

Sérgio Estanislau do Amaral e Gildo Fernando Fuck
Departamento de Geologia Geral



SUMMARY

This note describes a 70.000 cubic meters landslide of high rich water and organic material loam (80% water, 15% inorganic residue plus 5% organic material). The organic material was formed by grass leaves, carbonized fragments and humified substances. Spicules of sponges and diatoms fragments occur together, proving the existence of an ancient and small lake in the place of the loam accumulation.

Humified material and the high water content caused the decrease of the loam shear strength. The clay mineral of the loam belongs to the caulinite group, but gibbsite is also present. The coarser minerals are quartz, baueritized biotite and partially decomposed feldspar.

The loam accumulated in an amphitheater of 13.000 square meters and 8 meters thickness, was liquefied due to the weight of a small fill. The vibration caused by the movement of a tractor was the possible start of the landslide, who runned more than 500 meters, covering 60 houses and killing 17 people.

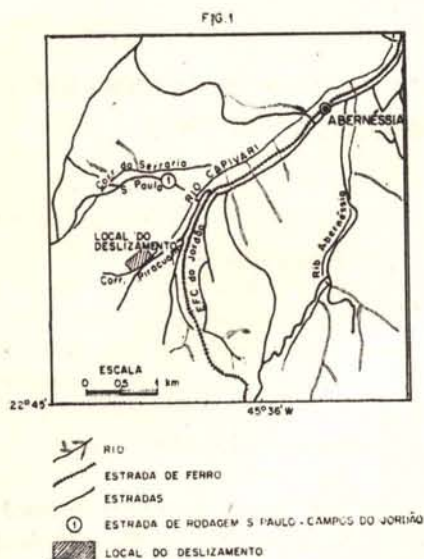
RESUMO

Nesta nota acha-se descrito o fenômeno do deslizamento de 70.000 metros cúbicos de lama contendo 80% de água, 15% de substâncias minerais e 5% matéria orgânica sob a forma de restos de gramíneas, fragmentos carbonizados e material humificado. Ocorrem junto espículas de esponja e fragmentos de diatomáceas. A matéria humificada mais o alto teor em água fizeram aumentar a plasticidade da lama. Esta, originalmente acumulada num anfiteatro de 13.000 metros quadrados, com uma espessura média de cerca de 8 metros, sofreu a liquefação graças à carga de um pequeno aterro, talvez auxiliada pela vibração provocada pelo trabalho do trator que transportava a terra. O mineral argiloso existente na lama é do grupo caulinita, ocorrendo junto a gibbsite. O restante é quartzo, biotita baueritizada e feldspato em vias de decomposição. O alude avançou por mais de 500 metros, soterrando 60 casas e matando 17 pessoas.

INTRODUÇÃO

No dia 18 de agosto de 1972, às 8 e 15 da manhã, verificou-se um deslizamento de cerca de 70.000 mil metros cúbicos de lama altamente aquosa e rica em matéria orgânica de origem vegetal, numa vila operária chamada Vila Albertina, situada quase 2 km a sudoeste da entrada principal para Campos do Jordão (Fig.

1). O fluxo de lama causou o soterramento de 60 casas e a morte de 17 pessoas. A principal finalidade desta nota é descrever com pormenores a lama que se deslizou e sugerir as medidas a serem tomadas a fim de que sejam evitados acidentes análogos, muito embora as probabilidades sejam mínimas para que tal fenômeno se repita. Neste trabalho preliminar foi adotada a técnica proposta por Záruba e Mencl



(1969) e por Philbrick e Cleaves (1958), com algumas modificações e adaptações próprias. Os autores externam o seu sincero agradecimento ao Prof. Dr. Viktor Leinz pelas preciosas sugestões apresentadas durante os trabalhos de campo; ao Dr. José Padovan, Prefeito de Campos do Jordão e ao Engenheiro Dr. Paulo Fauzi, da Prefeitura de Campos do Jordão, pelos mapas de Vila Albertina que nos foram cedidos e pela acolhida dada a nós; à Sra. Eloide M. Fuck, pelo paciente e dedicado trabalho relativo às análises granulométricas e determinações do teor de matéria orgânica da lama. Agradecemos ainda de modo especial à direção do jornal O ESTADO DE SÃO PAULO, que muito gentilmente pôs à nossa disposição todas as fotografias tomadas, que foram de grande utilidade para a ilustração desta nota e para o cálculo da quantidade de lama existente na área acúmulo.

Condições topográficas:

O local que forneceu a lama é um anfiteatro ligeiramente alongado segundo N 70° E e cercado em grande parte por elevações abruptas de cerca de 100 metros de altura em relação ao nível do anfiteatro antes da catástrofe. Os declives destas elevações adjacentes ao local do

fenômeno são fortes, maiores na base e mais suaves em cima, dando um ângulo médio de 22°. A vegetação destas encostas é arbustiva, cobrindo completamente o solo, o que faz evitar uma erosão mais ativa e uma colmatação mais rápida do anfiteatro. Este, segundo informações de moradores da área, possuía uma superfície muito pouco inclinada das bordas para o centro, e caía suavemente em direção à jusante, para onde se escoavam as águas superficiais que vertem das encostas e se infiltravam em parte, encharcando a lama acumulada no interior do citado anfiteatro. Seu diâmetro máximo é de 160 metros, o que foi medido com teodolito, por triangulação. Quase a 90° desta direção ocorre um pequeno vale, que por sua vez, desemboca no vale principal, por onde corre o riacho Piracuama, cujo rumo a jusante, na área afetada é para NNE (Foto 1). Um dos fatos mais notáveis que observamos é a declividade anormalmente pequena existente entre o fundo do anfiteatro e o fundo do vale do córrego Piracuama, o que foi verificado por meio dos ângulos verticais e distância horizontal por triangulação, medidos com teodolito. Segundo informações de moradores da própria área do anfiteatro, a declividade existente entre a antiga superfície destruída pelo deslizamento e o citado córrego era também pequena. Tudo indica que a principal causa do movimento da lama foi o seu próprio peso. A diferença de nível entre a base e o nível da margem conservada do anfiteatro é de 12 metros, dos quais deve ser descontada a diferença decorrente do abaulamento do terreno, também pequeno, como já mencionamos. É provável que a espessura total de lama mais solo seco, no centro do anfiteatro, tenha sido originalmente de 9 a 10 metros, o que causou uma elevada pressão hidrostática após a liquefação da lama, cuja densidade é de apenas 1,2. Destacamos o fato desta medida ter sido feita numa amostra coletada uma semana após o deslize. Tendo-se em vista a evaporação parcial da água, uma vez que não choveu antes da coleta da amostra, deveria ter sido ainda menor o valor citado.

Descrição e interpretação do fenômeno:

A área ocupada pelo anfiteatro acumulador da lama era coberta por um solo firme e seco,

de 30 a 40 cm de espessura, abaixo do qual ocorria a citada lama, que, em repouso, sustentava o solo firme. O equilíbrio entre a lama e o solo foi rompido pela carga de um pequeno aterro que estava sendo construído nas proximidades do edifício do orfanato, bem no canto esquerdo da foto 1, onde ainda podem ser observadas as marcas do trator. Segundo Záruba e Mencl (1969) as cargas produzidas por barragens ou aterros podem ser responsáveis por deslizamentos. A explicação dos citados autores é esta: a sobrecarga pode determinar um aumento do esforço cisalhante e da pressão da água intersticial das rochas argilosas, o que por sua vez provoca uma diminuição da resistência da rocha. Quanto mais rápido o aumento de peso, mais perigoso. É provável que a vibração ocasionada pelo movimento do trator que executava o serviço de aterragem tenha contribuído para facilitar a liquefação da lama. Ainda, segundo os mesmos autores, em areias finas saturadas e argilas muito sensíveis, os choques podem determinar um deslocamento ou rotação das partículas, provocando uma rápida liquefação do solo. No nosso caso, não acreditamos ter havido relação com o fenômeno da tixotropia, pelo fato de predominar a caulinita entre os minerais argilosos da lama deslizante. Segundo Grim (1962) a caulinita não apresenta propriedades tixotrópicas, que são mais inerentes às esmectitas. Terzagui (1954) refere-se ao fenômeno como *liquefação espontânea*, podendo ela ser produzida por vibrações. Segundo o autor citado verifica-se a diminuição da porosidade dos sedimentos areno-siltosos, e se tal acontecer abaixo do nível hidrostático as consequências podem ser catastróficas. É provável que nesse caso tenha havido influência da vibração junto à carga adicionada. Ainda, segundo o mesmo autor, a água em si não age como lubrificante, e sim, faz aumentar o coeficiente de atrito, fato conhecido para os sedimentos onde predominam as frações mais grosseiras. Záruba e Mencl (1969), no entanto, dão ênfase à diminuição da coesão e da fricção interna por parte da água. Esta aparente discrepância é explicada pelas dimensões e propriedades estruturais das partículas, bem como, pelas impurezas que as rodeiam, como por exemplo, a matéria húmica. No nosso caso não há dúvida

alguma de que foi a água o principal fator, pelo fato de estar ela associada à matéria húmica, fato a ser discutido logo adiante, ao descrevermos a lama e suas propriedades relacionadas ao deslizamento. Segundo Young (1972) poder-se-ia aplicar a este fenômeno a designação de *gelifluxão*, sendo que a gelificação seria propiciada principalmente pela matéria orgânica totalmente humificada.

Segundo Grim (1962), nem todas as substâncias orgânicas são ativas no aumento da fluidez. As de natureza hidrófoba fazem diminuir a plasticidade, que somente é aumentada com a adição de líquidos orgânicos, e não da água. Os autores acreditam que seria o caso das substâncias sapropélicas, de propriedades completamente diferentes das dos compostos húmicos, sendo muitas delas antagônicas.

Voltando ao nosso caso, a pressão hidrostática da lama liquefeita determinou o rompimento da delgada crosta de solo firme e seco, e com isso, a lama constituída de mais de 80% de água (incluindo a água contida na matéria orgânica) e o restante de areia fina, silte e argila, deslizou-se repentinamente, ocasionando o acidente. O citado solo firme rompeu-se em fragmentos irregulares de um a vários metros de tamanho, que se espalharam por toda a área acidentada. (Foto 2) Fomos informados de que uma pequena casa deslizou como se fosse uma embarcação, percorrendo uma distância de mais de 20 metros em 5 minutos, aproximadamente. Não há dúvida de que a velocidade da lama deveria ter sido maior em baixo, onde o grau de umidade é maior, além da maior pressão ocasionada pelo peso da zona superior. Soubemos de pessoas que tentaram fugir da desgraça e não conseguiram, sendo englobadas pelo alude. Inclusive nas proximidades do final do derrame, onde a velocidade deveria ser menor, foram registrados casos fatais, o que comprova a alta fluidez da lama, fato que verificamos no gabinete. Observada a certa distância a coloração preta e o aspecto amontoado do material fazia lembrar um derrame de lava aglomerática. De perto pode-se observar a abundância de folhas e talos de gramíneas envolvidas por um material extremamente plástico, preto e de

granulação finíssima ao tacto, adquirindo uma cor castanha escura depois de seco. A altura máxima que esta lama formava nas proximidades do final do derrame, considerando-se a base o fundo do vale atingido, é de cerca de 6 metros. Tudo indica a existência de um fluxo interno mais fluido que teria empurrado e amarrutado a parte externa mais seca e rija, à maneira de um derrame de lava que perdura líquida por longo tempo na parte interna, graças ao efeito isolante da crosta superior solidificada. A foto 3 mostra bem este aspecto, podendo a altura do final do alude ser avaliada em comparação com as residências próximas. Sobre a corrente de lama observa-se grande número de fragmentos de madeira e até mesmo de fragmentos grandes de cercas que foram arrastadas após o rompimento. Observamos uma cerca ainda em pé, de mais de 5 metros de extensão, na parte inferior do anfiteatro, situando-se originalmente ao redor de 5 a 6 metros acima de onde estava. O comprimento atingido pelo deslizamento de lama no vale principal é de 360 metros a jusante do pequeno vale que faz ligação com o anfiteatro. A lama ainda avançou mais de 100 metros a montante do vale citado, barrando as águas do ribeirão Piracuama, fato que obrigou a execução de um serviço de emergência de dragagem, a fim de serem evitados novos deslizamentos após o eventual escoamento desastroso das águas acumuladas. A foto 1 mostra com clareza a linha encurvada que separa a zona da lama a montante da lama a jusante, tudo indicando que a primeira representa a invasão inicial, seguida do derrame que continuou vale abaixo. A mesma foto ainda mostra os dois cursos d'água originados pelos mananciais que fluem das encostas para o anfiteatro. Somente neste local é que se formou a lama rica em matéria orgânica, assunto a ser abordado logo adiante. O fundo do vale junto ao término do derrame revelou-se de natureza areno-argilosa, sem matéria orgânica. Ao descrevermos a lama mencionaremos os argumentos que indicam ter havido um represamento no local do anfiteatro, que inicialmente foi um pequeno lago que sofreu posterior colmatção por detritos minerais e restos orgânicos. Este tipo de sedimento relacionado ao citado ambiente é citado por Terzaghi (1948), que menciona os perigos deste tipo de material,

mormente sob o ponto de vista do seu comportamento estático, sem contudo mencionar o fenômeno do deslizamento.

Condições hidrológicas locais:

Não há dúvida alguma de que a causa do deslizamento foi o alto teor de água da lama. No entanto, segundo informações locais, fazia 6 dias que tinha caído a última chuva, classificada como "forte". No decorrer destes seis dias deve ter-se verificado o aumento da quantidade de água da lama sedimentada, pois, existem três locais onde a água verte das encostas para o interior do anfiteatro. Muito embora não saibamos a porcentagem de água que se infiltra solo adentro, é provável ter-se verificado um aumento contínuo de água durante longo tempo após as precipitações, mormente tendo-se em vista a pequena declividade do terreno. Este estado de perigo certamente repetiu-se por diversas vezes, no decorrer de muitos anos, desde que se iniciou a ocupação humana do local. Várias semanas após as últimas chuvas retornamos ao local e calculamos a quantidade aproximada de água de uma das vertentes (as outras duas já estavam secas) em cerca de 10 a 15 litros de água por segundo, quantidade que representa uma altura de 8 a 9 centímetros de água por dia nos 13.000 metros quadrados do anfiteatro, na hipótese da água ficar retida nas argilas turfosas. Durante as chuvas fortes deve ser grande a quantidade de água infiltrada, mesmo considerando-se o escoamento superficial. Esta lama encharcada ficava durante longo tempo em estado quase líquido. O que impedia o seu deslizamento era a camada de solo seco com vegetação de gramíneas, que por sua vez, auxiliava a retirada da água graças ao fenômeno da evapotranspiração. Esta crosta de solo seco que observamos comportava-se de maneira análoga à crosta solidificada que se forma à superfície dos derrames de lava sobre uma superfície ligeiramente inclinada, fato comumente verificado em derrames de lavas dotadas de um grau adequado de viscosidade. Qualquer esforço interno que rompa a resistência da crosta externa determina o extravasamento do líquido, fenômeno que dá origem aos túneis de lava. No caso da nossa lama, acreditamos que a principal causa seja realmente o peso do aterro,

provavelmente somado ao fenômeno da vibração ocasionada pelo trator. Cabe aqui uma consideração que julgamos de alta importância. Muito embora os autores não tenham conhecido o local antes do acidente, não têm a menor dúvida de que se algum técnico especializado fosse chamado ao local a fim de opinar sobre as condições de segurança do pequeno aterro a ser executado (este aterro era de pequena espessura e pequena área, como pudemos observar; destinava-se a um pequeno campo de futebol para as crianças do orfanato adjacente) minutos antes do deslizamento, ele não teria meios de prevê-lo, dada a crosta firme que escondia a lama traiçoeira. Num trabalho de tão pouca monta, não passaria pela idéia de nenhum técnico executar sondagens no local. Julgamos este testemunho de alta importância, a fim de que seja evitado o remorso aos que planejam tão benéfica tarefa, mas que redundou em tão impressionante tragédia.

As paredes que delimitam o anfiteatro são bastante abruptas, como se pode ver na foto 4, fato que auxilia a infiltração das águas que minam ou que drenam durante as chuvas. São constituídas de rocha semi-decomposta (horizonte C) altamente argilosa. A coloração clara e esverdeada destas paredes contrastam com a cor vermelha acastanhada do solo logo acima, certamente graças ao elevado teor em matéria orgânica em zona saturada e provavelmente redutora.

Infelizmente não conseguimos encontrar os dados pluviométricos das chuvas anteriores ao fenômeno aqui estudado, mas ressaltamos o fato de que a região possui uma pluviosidade média entre 1.500 a 2.000 mm por ano, segundo o Atlas Pluviométrico do Brasil. A temperatura oscila entre 25° no verão e de 0° a -10° C no inverno. Esta baixa temperatura certamente constitui um dos principais fatores responsáveis pela conservação da matéria orgânica junto à lama acumulada no anfiteatro.

Litologia da área:

A rocha que forma as elevações que circundam o anfiteatro é um biotita gnaiss levemente cataclásado, bem orientado segundo N45E 80SE. A litologia permite caracterizar a fácies

anfíbolito do metamorfismo regional e, no esquema Jung e Roques (1962) como uma rocha da fácies gnáissica superior. Os minerais desta rocha apresentam-se com as seguintes proporções: 39% de microclínio (comum apresentar-se pertitzado); 30% de quartzo (cataclásado e com extinção ondulante); 22% de biotita (regularmente isorientada), 4% de plagioclásio sódico (apresenta a textura mirmequítica), 4% de moscovita e 1% incluindo apatita e zircão.

A textura é xenomórfica e porfiroblástica granular, sendo o microclínio, o quartzo e a biotita bem desenvolvidos numa matriz fanerítica fina. A granulação situa-se entre 10 e 0,02 mm para o microclínio de 5 a 0,015 mm para o plagioclásio sódico e de 0,15 a 0,06 mm para a moscovita.

Estes gnaisses costumam ser comumente atravessados por inúmeros veios centimétricos a decimétricos de quartzo e feldspato, sendo alguns pegmatíticos. São mais ou menos frequentes zonas de forma irregular de 1 a 2 metros de tamanho de aspecto granitóide. O horizonte C é bem vermelho nas zonas mais biotíticas, e ligeiramente róseo na zona pegmatítica ou na de aspecto granitóide. Ocorrem com frequência espelhos de falhas praticamente verticais com várias direções, sendo a movimentação também vertical. Acham-se preenchidos por óxidos de manganês ou por material esverdeado, provavelmente de natureza clorítica. A espessura do solo varia desde zero a cerca de 10 metros, e o horizonte C varia de 1 a 8 metros de espessura. A fig. 2 mostra a análise granulométrica dos solos avermelhados derivados do gnaiss a poucos metros de distância das margens do anfiteatro e a menos de dois metros acima do antigo nível de acumulação, agora desaparecido.

Composição Mineralógica:

As amostras coletadas e analisadas quanto à composição mineralógica e distribuição granulométrica são em número de 9, das quais 5 pertencem ao solo derivado da alteração do gnaiss, e 4 da lama turfosa. A foto 4 exibe os locais de coleta das amostras estudadas, exceto a nº1. Os símbolos S-1 e S-2 correspondem aos solos avermelhados (horizonte A) situados acima da zona de sedimentação do anfiteatro, sen-

do derivados do gnaiss. As amostras 2, 6 e 7 pertencem ao horizonte C (gnaiss semi-decomposto) do interior do anfiteatro, enquanto que as amostras 3, 4 e 5 são da lama não deslizante.

As análises granulométricas acham-se representadas por curvas acumulativas, usando-se a escala de probabilidade aritmética e a escala granulométrica de Wentworth. Chama a atenção a similaridade da distribuição existente entre os dois solos (solo 1 e solo 2, que na foto 4 são S-1 e S-2), mais os horizontes C e as lamas deslizantes, coletadas dentro do próprio anfiteatro. Esta similaridade das curvas sugere uma deposição inicial mais rápida, num transporte aquoso não seletivo. No entanto, a amostra nº 1, da lama deslizante, difere bastante das demais, pela diminuição sensível da fração arenosa. É provável que as águas que carream os detritos das encostas para o interior do anfiteatro tenham sofrido uma redução na energia transportadora. Como a declividade das encostas é acentuada, como já referimos, é mais provável que a principal causa reside no aumento da vegetação. Não cremos na diminuição da pluviosidade, que determinaria a secagem do pequeno lago, por ser pequena a área de abastecimento, de captação. De acordo com a nossa idéia a fração arenosa ficaria retida junto ao solo, enquanto que as frações silteosas e argilosas seriam deslocadas para a zona em vias de colmatagem, no centro do anfiteatro acumulador.

As frações arenosas foram estudadas ao microscópio petrográfico, e as frações silteosas e argilosas foram caracterizadas pela difração de raios X e pela análise térmica diferencial. (Grim, 1968; Caillère et Hénin, 1963).

Os solos originados do gnaiss (fig. 2) apresentam-se com uma textura areno-argilosa. As frações arenosas compõem-se predominantemente de quartzo (65 a 90%), ocorrendo junto a biotita baueritizada (5 - 25%) e feldspato caulinitizado (5 - 20%). As frações argilosas são constituídas pelo argilo-mineral do grupo da caulinita e pelos minerais gibbsita e quartzo.

O solo 2 representa o horizonte C, coletado junto à parede abrupta que delimita o anfiteatro, originando-se da alteração da rocha gnáissica

(Foto 4). Esta amostra apresenta uma textura areno-siltosa (Fig. 3), cuja composição mineralógica da fração arenosa é constituída por quartzo (50-75%) e acompanhado por feldspato caulinitizado (15-45%) e pela biotita baueritizada (5-15%). A fração silte argiloso é formada pelo argilo-mineral do grupo da caulinita e pelos minerais gibbsita e quartzo.

O solo 6 (horizonte C), coletado no centro do anfiteatro a 10 metros da amostra 7, origina-se da alteração da rocha gnáissica (foto 4). Esta amostra apresenta uma textura areno-argilosa (Fig. 3) cuja fração arenosa apresenta-se constituída por quartzo (65-80%), feldspato caulinitizado (10-35%) e biotita baueritizada (até 10%) e cuja fração silteosa e argilosa apresentam o argilo-mineral do grupo da caulinita e os minerais gibbsita e quartzo.

O solo 7 (horizonte C), coletado no centro do anfiteatro (foto 4), origina-se do gnaiss. Este solo apresenta uma textura areno-siltosa (fig. 3), cuja fração arenosa apresenta quartzo (50-60%), feldspato caulinitizado (20-35%) e biotita baueritizada (5-20%) e cuja fração argilosa apresenta-se constituída pelo argilo-mineral do grupo da caulinita e pelo mineral quartzo.

As amostras 3, 4 e 5 representam a lama coletada dentro do anfiteatro, enquanto que a 1 foi coletada no final do derrame (fotos 3 e 4). Após a destruição da matéria orgânica pela água oxigenada, determinamos ao microscópio petrográfico a seguinte composição mineralógica: quartzo (75%), feldspato caulinitizado (20%) e biotita baueritizada (até 15%), na fração arenosa. Além desses minerais foi observado na nº 1 a presença de zircão e granada em percentagens menores do que 1%. Nas frações mais finas ocorrem o argilo-mineral do grupo da caulinita e os minerais gibbsita e quartzo.

Em resumo, observou-se que a composição mineralógica da fração arenosa no solo e na lama apresenta um predomínio absoluto do quartzo, seguido do feldspato caulinitizado e da biotita baueritizada. A fração fina é formada pelo argilo-mineral do grupo da caulinita e pelos minerais gibbsita e quartzo. A ausência de gibbsita na amostra indica condições de aci-

dez e de drenagem insuficientes para a formação deste mineral (Millot, 1964; Grim, 1968). A presença de limonita hematizada na amostra 2 relaciona-se às variações do nível hidrostático e a uma maior aeração no local da coleta.

Considerações sobre a lama:

Dedicamos atenção especial ao estudo da lama coletada no término do derrame, pelo fato de representar com maior probabilidade a mais fluida. Determinamos a sua densidade pelo método da flutuação em soluções aquosas de densidades aferidas, sendo de 1,2 o valor encontrado. A quantidade de água livre, eliminada a 110°C é de 80%. O resíduo constitui-se de 5,0% de matéria orgânica e o restante de areia fina, silte, argila e restos silicosos de espículas de esponjas e eventuais fragmentos de carapaças de diatomáceas, que perfazem cerca de 10% do total sólido, desprezando-se a água. As outras três amostras de lama foram coletadas na área do anfiteatro, ocorrendo "in situ", junto à base do depósito de lama. É provável que já tenham sofrido um início de compactação, fato sugerido pela menor quantidade de água em relação à amostra já descrita, que deslizou até ao final do derrame. Apresentam a seguinte composição:

	Porcentagem em Peso		
Água	30	39	34
Matéria orgânica	9	6	4
Matéria inorgânica	61	55	62

Os resíduos silicosos de natureza orgânica encontrados na amostra descrita inicialmente vêm comprovar a existência pretérita de um pequeno lago no local do anfiteatro. Acreditamos que após uma fase erosiva mais intensa tenha-se processado a colmatação dos principais cursos d'água (fato constatado pelos planos de inundação do riacho Piracuama a poucos quilômetros a jusante do local acidentado) e o conseqüente represamento das águas que fluíam do anfiteatro, cuja área de captação é pequena.

A existência de um lago antigo que foi posteriormente atulhado, sugere modificações climáticas no sentido de uma maior pluviosidade em tempos passados, talvez há poucos milhares de anos atrás. Esta suposta modificação climática encontra apoio no trabalho de Petri e Su-

guio (1971), que tecem ponderadas considerações sobre as variações climáticas locais processadas durante o quaternário. O lago assim formado foi aos poucos sendo atulhado por sedimentos finos, como comprovam os histogramas da fig. 4, mais matéria orgânica, de natureza celulósica e em parte silicosa, como já mencionamos. Muito embora o teor em peso seja menor, o volume ocupado pela matéria orgânica celulósica é grande, mormente por parte do material gelificado. Os constituintes orgânicos de natureza celulósica ocorrem de três maneiras diferentes: a) como folhas e talos conservados no seu estado original, parecendo haver um grande predomínio de gramíneas; não encontramos fragmentos de ciperáceas, características pela secção triangular do talo; b) como fragmentos das partes mais resistentes carbonizados, de coloração preta, idênticos ao carvão vegetal comum, com a diferença que dão forte e imediata coloração castanha escura à solução de KOH; estes fragmentos variam de fração de milímetro a 2 milímetros de tamanho; c) finalmente, a forma mais importante, que é a do material gelificado, certamente proveniente das partes mais tenras, mais facilmente decompostas anaerobicamente; esta fração impregna toda a lama, conferindo a ela a cor preta característica. Segundo Grim (1968), bastam pequenas quantidades de substâncias orgânicas para que seja grande a mudança da coloração de um solo ou de um sedimento argiloso, fato verificado em diversos sedimentos escuros de diversas idades. Muito comumente a coloração é acentuada pela água, o que não se verifica no nosso caso.

A lama depois de seca continua com a coloração preta a castanho bem escura quando finamente espalhada sobre uma porcelana branca.

A importância desta fração gelificada é a de conferir ao sedimento a elevada plasticidade, que por sua vez, facilitou o movimento da lama, devendo ser considerados dois fatores principais: em primeiro lugar, a elevada retenção da água por parte dos compostos húmicos, e em segundo, pela formação de membranas gelatinosas formadas pela combinação dos óxidos de ferro e de alumínio com os ácidos húmicos, segundo Swain (1963). Os óxidos de ferro deri-

var-se-iam da biotita, constituinte abundante como já foi referido. O óxido de alumínio acha-se representado pela gibbsita, sendo provável a sua gelatinização e conseqüente fluidificação da lama.

Medidas preventivas:

Os autores julgam ser extremamente pequena a probabilidade de repetir-se o fenômeno, bastante raro, como já foi mencionado. No entanto, em se tratando de região úmida e fria, é perfeitamente provável a existência de outros depósitos de lama turfosa, contudo, em situação topográfica estável, sem possibilidade de deslizar de maneira catastrófica. Foram examinadas as fotografias aéreas dos arredores da cidade de Campos do Jordão, com a finalidade de serem identificadas novas áreas em condições análogas às de Vila Albertina. No entanto, a escala de 1:25.000 não é adequada para uma verificação segura das citadas condições topográficas. O próprio anfiteatro do acidente não é facilmente reconhecível como tal, pelo fato de ser parcialmente encoberto pelas elevações adjacentes. Assim sendo, julgam os autores ser de maior interesse um reconhecimento feito a uma distância mais próxima, o que poderia ser executado com o auxílio de um helicóptero. Este sobrevoaria e fotografaria as regiões habitadas próximas a cabeceiras de vales. Caso fosse reconhecida a existência de eventual depósito aluvionar em situação topográfica mais elevada em relação a habitações, tal ocorrência seria anotada para um estudo posterior de campo. Este, por sua vez, constituiria em dois a três furos com trado manual até 5 a 6 metros de profundidade. Esta seria aumentada caso a diferença de nível entre o depósito aluvionar e o vale adjacente fosse maior que 10 metros, como deveria ter sido o caso de Vila Albertina. Na hipótese de ser positivada a existência de argilas turfosas espessas, em situação topográfica elevada, em área propícia ao acúmulo de água, e ainda, havendo habitações ou benfeitorias nas proximidades e em cotas inferiores à cota do terreno aluvionar, proceder-se-ia à drenagem cuidadosa, lenta, e em épocas de estiagem, a fim de ser evitado um eventual fluxo desastroso. Posteriormente seriam colocados drenos definitivos que impediriam o encharcamen-

to das argilas.

Durante o reconhecimento geral da região seria de grande utilidade o estudo dos locais de escorregamento de talus, fenômeno frequente em todas as regiões escarpadas e chuvosas e que pode eventualmente causar danos ao homem.

BIBLIOGRAFIA

- CAILLÈRE, S. e HÉNIN, S., 1963, "*Mineralogie des Argiles*", Masson et Cie., Ed., Paris.
- GRIM, R.E., 1962, "*Applied Clay Mineralogy*", McGraw-Hill Book Co., N.Y..
- GRIM, R.E., 1968, "*Clay Mineralogy*", 2ª ed., McGraw-Hill Co., N.Y.
- MILLOT, G., 1964, "*Geologie des Argiles*", Masson et Cie., Ed., Paris.
- PETRI, S. e SUGUIO, K., 1971, "*Características granulométricas dos materiais de escorregamentos de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídio para o estudo da sedimentação neocenozóica do Sudeste Brasileiro*", Anais do XXV Congresso da Soc. Br. de Geol.
- PHILBRICK, S.S. and CLEAVES, A.P., 1958, "*Field and Laboratory Investigations*" - in *Landslides and Engineering Practice*, Ed. por Edwin Eckel, N.A.S., N.R.C. Publ. nº 544.
- SWAIN, F.M., 1963, "*Geochemistry of Humus*", in *Geochemistry Organic*, Monogr. 16, Earth Sci. Series, Univ. Texas, Austin, E.U.A.
- TERZAGHI, K., 1948, "*Soil Mechanics in Engineering Practice*", John Willey & Sons, Inc., N.Y..
- TERZAGHI, K., 1953, "*Mecanismo dos Escorregamentos de Terra*", trad. de Ernesto Pichler, Publ. do Inst. de Pesq. Tecn. da Univ. de S. Paulo.
- YOUNG, A., 1972, "*Slopes*", Oliver & Boyd - Edinburg.
- ZÁRUBA, Q. e MENCL, V., 1969, "*Landslides and their Control*", Elsevier, Amsterdam.

FIG. 2 Curvas acumulativas das análises granulométricas dos solos derivados dos gnaisses adjacentes ao anfiteatro, poucos metros acima da zona de acumulação da lama.

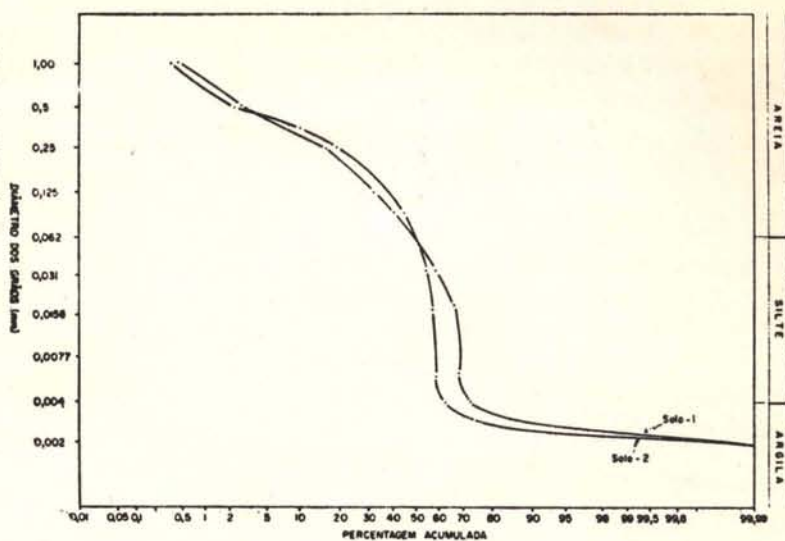


FIG 3 Curvas acumulativas das análises granulométricas dos solos 6 e 7, que correspondem ao horizonte C, coletados no interior do anfiteatro.

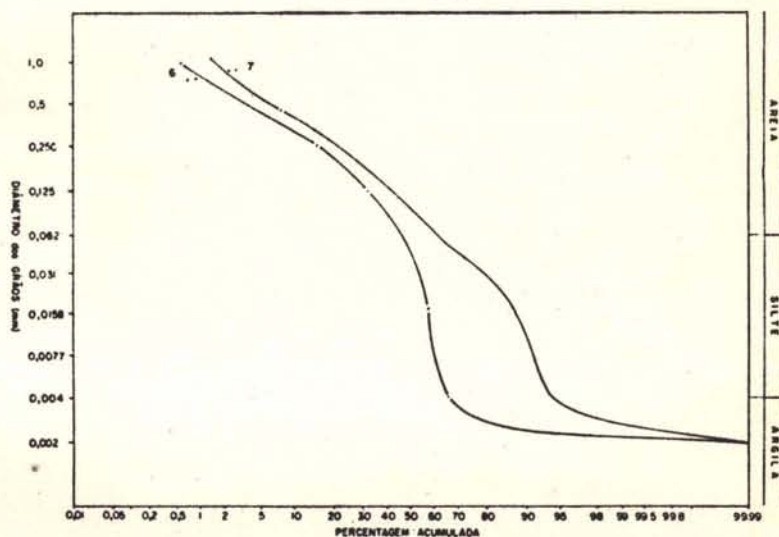


FIG. 4 Curvas acumulativas das análises granulométricas das lamas, sendo a nº 1 coletada na frente do derrame, e as demais, no interior do anfiteatro.

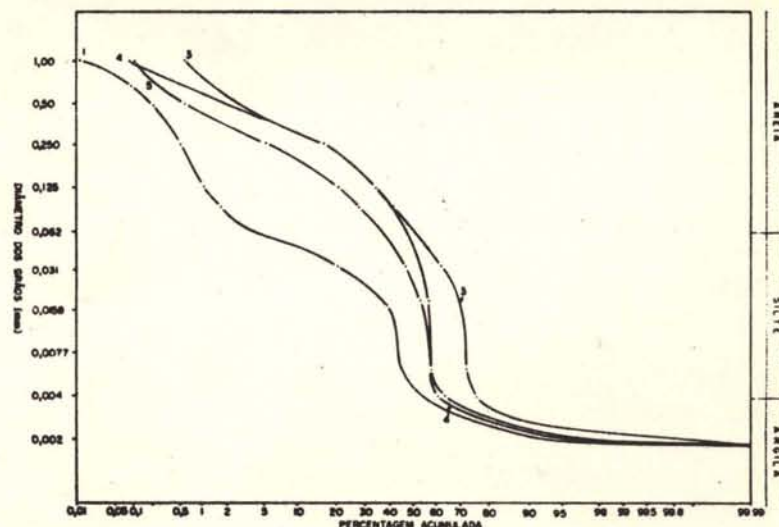


FOTO Nº 1 Vista aérea da área afetada pelo deslizamento. Nesta foto pode ser observado o anfiteatro, área fonte do material turfoso, e o vale afetado. (Fotografia cedida pelo jornal O Estado de São Paulo).



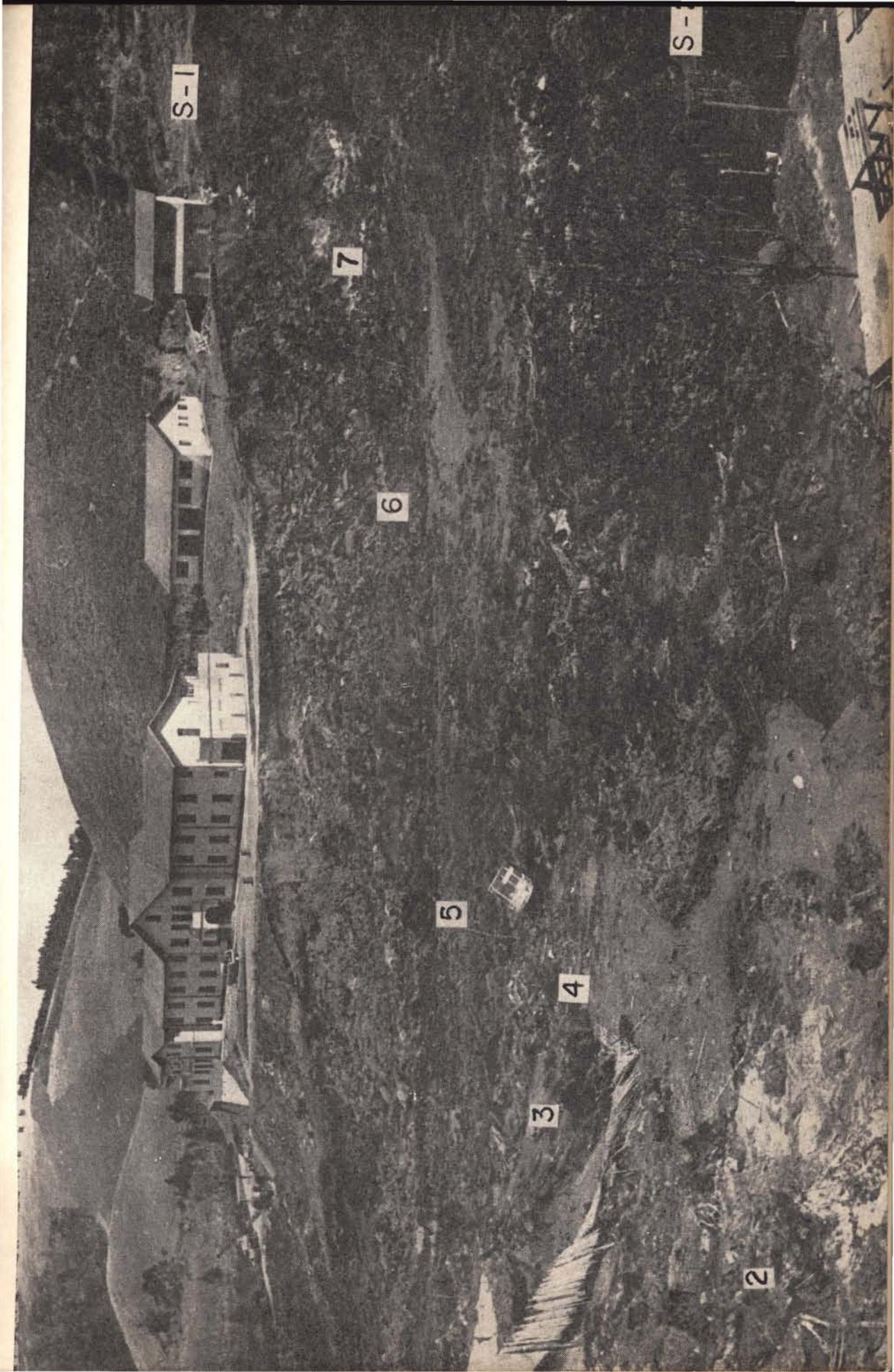
FOTO Nº 2 Vista aérea do vale e do represamento da água do Córrego Piracuama pelo material turfoso deslizado. (Fotografia cedida pelo jornal O Estado de São Paulo).



FOTO Nº 3 Vista aérea da área atingida pelo material turfoso e os seus efeitos catastróficos. Observe-se a altura da lama em relação às casas. (Fotografia do jornal O Estado de São Paulo).



FOTO Nº 4 Aspecto do anfiteatro após o deslizamento e a localização da coleta das amostras estudadas. O corte à direita corresponde à zona de empréstimo para o aterro. Observa-se a profundidade do anfiteatro comparando-se com a construção junto à sua margem.



S-1

7

6

5

4

3

2

S-2