

ANÁLISE DOS CONDICIONANTES PARAMÉTRICOS UTILIZADOS EM ESTUDO DE MOVIMENTOS DE MASSA RÁPIDOS SOBRE ENCOSTAS - SALVADOR - BAHIA - BRASIL*

Maria do Carmo Barbosa de Almeida

A degradação das encostas sob forma de erosão e movimentos rápidos de massa, na cidade de Salvador-Bahia, situada no Nordeste do Brasil (**Fig. 1**), trazem sérias conseqüências, tanto no aumento da susceptibilidade a esses processos, quanto à qualidade de vida da população, sobretudo carente. A ocupação acelerada e os processos de crescimento desordenado, tem propiciado o desequilíbrio ambiental da própria estrutura do sítio urbano. O presente trabalho se refere ao levantamento sistemático de parâmetros físicos no estudo da tipologia dos processos mais freqüentes: como os desmoronamentos e/ou escorregamentos em litologias diferenciadas com enfoque para os condicionantes imediatos.

A partir das variações quanto à instabilização, tentou-se fazer uma avaliação da predisponibilidade de cada domínio litológico para tais eventos. Na abordagem metodológica as análises dos dados de concentração das precipitações diárias, distribuição textural, parâmetros geotécnicos, lâminas delgadas, corresponderam àqueles que expressam melhor a vulnerabilidade diferenciada dos domínios litológicos aos processos em questão.

Quadro Natural. - O Embasamento Cristalino de Salvador é constituído de rochas em alto grau de metamorfismo definidas como granulitos ácidos e básicos associados a pegmatitos, cortados por diques de diabásio (FUJIMORI, 1968). A feição estrutural marcante é a escarpa de linha de falha de Salvador, com orientação geral na região N10°E a 15°E; as fissuras e diáclases evidenciadas, cortam o substrato rochoso em diversos planos e direções. Os sedimentos da Formação Barreiras capeia o substrato cristalino, em alguns trechos. A espessura varia de 10 a 15 metros, com alternâncias de camadas arenosas, argilosas, siltico-argilosa e conglomerática (BIGARELLA, 1974, 1994; LOBO, 1984). O aspecto geomorfológico inclui os compartimentos topográficos identificados por ALMEIDA et alii (1978). No domínio das rochas cristalinas identificam-se: o baixo planalto (espigão) cortado por densa rede de drenagem; o nível intermediário, no qual sobressaem os morros de encostas convexas que incluem parte significativa da área de estudo. No domínio dos sedimentos barreiras ocorrem “*tabuleiros*” - formas alongadas de topos planos e encostas retilíneas. A cobertura florestal dos dois domínios é pontual em função da ação antrópica: desmatamento e intensa ocupação sem planejamento.

Avaliação dos Resultados. - O domínio do embasamento cristalino revela homogeneidade textural nas amostras, pela intensa alteração em função do clima e relativa uniformidade litológica. Na distribuição percentual da textura destaca-se a fração arenosa e siltica e na base do corte blocos muito alterados (**Fig. 2**). Em determinados pontos, estruturas reliquias (diáclases e fissuras) interferem, resultando

* Apoio CNPq-Brasil.
PGGMA/DGEOQ/IGEO-UFBA

em uma massa diferenciada. Nos sedimentos do Barreiras (**Fig. 3**) são características as intercalações texturais variadas e presença da carapaça laterítica consolidada ou fragmentada na qual a morfogênese interfere favorecendo condições de porosidade e conseqüente infiltração (ALMEIDA et alii, 1995). Com as lâminas delgadas pretendeu-se investigar o comportamento estratigráfico de alguns níveis amostrados a partir de sua composição mineralógica. No caso da carapaça compacta com níveis sobrejacente e subjacente arenosos, percebe-se traços nítidos de erosão diferencial. Nas rochas granulíticas a alteração diferenciada em função do óxido de ferro e manganês, pode indicar irregularidades na infiltração e pela presença de estrutura reliquiar, causar desequilíbrio na encosta (ALMEIDA, op. cit., LOBO, op. cit.). Os ensaios de mecânica do solo (**Tabela 1**), demonstram que os limites de Atterberg (plasticidade e liquidez) (COLANGELO, 1995, IPT, 1992), são os mais elevados do perfil, em função do maior percentual de frações finas (argila e secundariamente silte) havendo, portanto, tendência a escorregamentos. As camadas mais vulneráveis à erosão superficial, são aquelas que têm coesão e ângulo de atrito menores. A análise dos parâmetros climáticos, em especial, a concentração da precipitação diária (ALMEIDA, 1995; CRUZ, 1982) desempenhou papel primordial nas interpretações (**Tabela 2, 3, 4 e 5**). A análise constou do estudo particularizado de anos padrão, no período 1959/1989 (30 anos), identificando-se: 1961, ano mais seco; 1964, ano mais chuvoso; 1988, ano médio; 1971, ano excepcional (**Figs. 4, 5 e 6**); anos mais recentes 1987 e 1989, para verificar modificações atuais nos padrões climatológicos.

Considerações Finais. - Os procedimentos utilizados para avaliação da predisponibilidade das encostas para desmoronamentos e escorregamentos dentre outros, alguns satisfizeram parcialmente e outros responderam positivamente às expectativas, **(i)** o clima tem papel preponderante nos eventos sobre encostas por que é responsável pela formação de um regolito espesso e de maneira imediata pelos episódios de precipitação intensa e/ou freqüente; **(ii)** a análise das lâminas delgadas foi conclusiva para o embasamento cristalino: a alteração diferenciada que reflete no regolito em função da composição mineralógica indica susceptibilidade a escorregamento. No caso dos sedimentos barreiras a presença de carapaças lateríticas, quando compactas, retarda a morfodinâmica e quando fragmentada e associada ao solo, promove permeabilidade variada, acelerando os processos erosivos; **(iii)** os dados geotécnicos deram subsídios positivos na avaliação de algumas características do material. Em ambos os domínios litológicos, determinados setores revelam cortes susceptíveis e/ou sinais desses processos; **(iv)** a análise granulométrica respondeu às expectativas: nos sedimentos barreiras, a nítida heterogeneidade do material, resulta na variedade de processos erosivos atuantes. Nesta área a ocupação é mais recente, portanto as modificações são menores. No embasamento cristalino com declive acentuado ($> 27^\circ$) os cortes são numerosos e estáveis quando a alteração é homogênea pela maior coesão e resistência ao cisalhamento. Observa-se sinais de instabilidade quando as estruturas reliquias estão presentes ou no contato de horizontes cujos estágios de alteração são diferenciados ou ainda, entre estes e a rocha sã. As condições mais favoráveis para a instalação e evolução de desmoronamentos e escorregamentos, dentre outros, encontra-se nos sedimentos barreiras; todavia, a área do embasamento cristalino é mais submetida à ação antrópica, desde a ocupação e atividade inadequada da população de baixa renda, às obras de construção civil; em conseqüência, esses

fenômenos são numerosos e freqüentes, embora não se observe relação tão direta como no primeiro caso.

Referências

- ALMEIDA, M.C.B. et alii, 1978. Estudo do Sítio do Município de Salvador. IGEO/UFBA/OCEPLAN, Salvador, pp. 110.
- ALMEIDA, M.C.B. et alii, 1995. Estudo Comparativo do Potencial Erosivo no Embasamento Cristalino e nos Sedimentos Barreiros-Escorregamentos. Memória del Encuentro de Geografos de America Latina. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana - Cuba, pp. 101-108.
- BIGARELLA, J.J. et alii, 1974. Estratigrafia dos Sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Formação Barreiras). An Inst. Ciên. Terra, v. 2, Recife, p. 2-14.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F., 1994. Estrutura e origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Vol. 1. Florianópolis, Ed. UFSC, 425 p.
- COLANGELO, A.C. 1995. Os Mecanismos de Compensação e o Equilíbrio de Forças na Dinâmica dos Materiais de Vertente. Rev. Depto. Geografia, nº 09, USP, São Paulo, pp. 13-20.
- CRUZ, O. 1982. Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba - SP. Tese de Livre Docência em Geografia Física. USP, 151 p.
- FUJIMORI, S. 1968. Granulitos e Charnorckitos de Salvador, Bahia. An. Acad. Bras. Ciênc., Rio de Janeiro, v. 2, nº 40, p. 181-202.
- IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica), 1992. Alterações no Meio Físico Decorrentes de Obras de Engenharia. Boletim 61. São Paulo, 165 p.
- LOBO, H.R.C. 1984b. Pedologia Geológica do Intemperismo Cenozóico no Nordeste Oriental: 2. Granulometria e Intemperismo Físico. Bol. Núcleo Nordeste, Soc. Bras. Geol. Atas XI Simp. Geol. Nordeste, Natal (RN) (no prelo).

Tabela 1. Parâmetros Geotécnicos.

| Parâmetros Geotécnicos | | Limite de Atterberg (%) | | | Coesão | | | | Ângulo de Atrito | | | | Análise Granulométrica (ABNT) | | | |
|------------------------|-----|-------------------------|----|----|--------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|-------------------------------|----|------|------|
| Nome | Am. | LL | LP | IP | Nat. | Imun. | Pic. | Res. | Mat. | Imun. | Pic. | Res. | Ped. | AR | Sil. | Arg. |
| <i>Barreiras</i> | 1B | 25 | 15 | 10 | 6 | | | | 31 | | | | 0 | 86 | 3 | 11 |
| | 1D | 30 | 10 | 11 | 6 | | | | 31 | | | | 1 | 85 | 2 | 12 |
| | 1F | 23 | 19 | 8 | 6 | | | | 31 | | | | 1 | 85 | 2 | 12 |
| | 1G | 0 | 0 | 0 | 6 | | | | 31 | | | | 0 | 88 | 0 | 12 |
| | 1H | 79 | 39 | 40 | 9 | | | | 37 | | | | 0 | 7 | 6 | 87 |
| | 1I | 0 | 0 | 0 | 6 | | | | 31 | | | | 0 | 85 | 1 | 14 |
| | 1J | 69 | 30 | 39 | 9 | | | | 37 | | | | 0 | 13 | 16 | 71 |
| | 1K | 0 | 0 | 0 | 6 | | | | 31 | | | | 0 | 87 | 3 | 10 |
| | 1L | 68 | 34 | 34 | 9 | | | | 37 | | | | 0 | 16 | 8 | 76 |
| | 1M | 27 | 17 | 10 | 6 | | | | 31 | | | | 0 | 86 | 2 | 14 |
| | 1N | 37 | 19 | 18 | 6 | | | | 31 | | | | 0 | 72 | 0 | 28 |
| | 1P | 39 | 20 | 19 | 6 | 6 | 80 | 6 | 31 | 31 | 53 | 44 | 0 | 65 | 1 | 34 |
| <i>Embasa-mento</i> | 01 | 67 | 36 | 31 | | | | | | | | | 8 | 21 | 10 | 61 |
| | 02 | 102 | 49 | 53 | | | | | | | | | 0 | 14 | 12 | 74 |
| | 03 | 66 | 67 | 29 | | | | | | | | | 12 | 23 | 6 | 59 |
| | 04 | 61 | 36 | 25 | | | | | | | | | 0 | 29 | 6 | 67 |
| | 05 | 89 | 45 | 44 | | | | | | | | | 1 | 18 | 31 | 50 |
| | 06 | 96 | 44 | 52 | | | | | | | | | 0 | 29 | 16 | 55 |
| | 07 | 50 | 35 | 15 | | | | | | | | | 1 | 61 | 20 | 18 |
| | 08 | 111 | 51 | 60 | | | 23 | | | | 28 | | 3 | 22 | 22 | 53 |
| | 09 | 81 | 44 | 37 | | | 23 | | | | 28 | | 11 | 23 | 28 | 38 |
| | 10 | 100 | 52 | 48 | | | 18 | | | | 35 | | 0 | 17 | 30 | 53 |
| | 11 | 97 | 51 | 46 | | | 24 | | | | 36 | | 3 | 10 | 18 | 69 |
| | 12 | 95 | 52 | 43 | | | | | | | | | 5 | 6 | 22 | 67 |

Tabela 2. Concentração de Chuvas - 1961 (ano seco).

| Meses | Nº Dias de Chuva | Altura Total (mm) | Máxima em 24 h (mm) | % Concentração (24 h) |
|-------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Jan | 11,0 | 48,0 | 19,0 | 39,6 |
| Fev | 3,0 | 8,0 | 3,9 | 48,8 |
| Mar | 10,0 | 76,0 | 25,3 | 33,3 |
| Abr | 19,0 | 91,0 | 37,5 | 41,2 |
| Mai | 24,0 | 195,0 | 25,2 | 12,9 |
| Jun | 23,0 | 223,0 | 30,6 | 13,7 |
| Jul | 23,0 | 108,0 | 15,1 | 14,0 |
| Ago | 19,0 | 77,0 | 31,4 | 40,8 |
| Set | 3,0 | 6,0 | 2,5 | 41,7 |
| Out | 15,0 | 40,0 | 13,1 | 32,8 |
| Nov | 5,0 | 8,0 | 3,0 | 37,5 |
| Dez | 9,0 | 66,0 | 44,0 | 66,6 |

Tabela 3. Concentração de Chuvas - 1964 (ano chuvoso).

| Meses | Nº Dias de Chuva | Altura Total (mm) | Máxima em 24 h (mm) | % Concentração (24 h) |
|-------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Jan | 20 | 588,0 | 112,4 | 19,1 |
| Fev | 17 | 250,0 | 118,2 | 47,3 |
| Mar | 20 | 360,0 | 87,5 | 24,3 |
| Abr | 26 | 378,0 | 84,4 | 22,3 |
| Mai | 28 | 424,0 | 61,5 | 14,5 |
| Jun | 20 | 259,0 | 63,6 | 24,5 |
| Jul | 21 | 225,0 | 42,9 | 19,1 |
| Ago | 23 | 256,0 | 43,1 | 16,8 |
| Set | 21 | 110,0 | 14,2 | 12,9 |
| Out | 12 | 177,0 | 141,6 | 80,0 |
| Nov | 15 | 222,0 | 126,5 | 57,0 |
| Dez | 8 | 190,0 | 78,6 | 41,4 |

Tabela 4. Concentração de Chuvas - 1988 (ano médio).

| Meses | Nº Dias de Chuva | Altura Total (mm) | Máxima em 24 h (mm) | % Concentração (24 h) |
|-------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Jan | 13 | 170 | 130,8 | 76,9 |
| Fev | 11 | 81 | 21,3 | 26,3 |
| Mar | 20 | 331 | 85,0 | 25,7 |
| Abr | 23 | 272 | 76,2 | 28,0 |
| Mai | 19 | 179 | 59,9 | 33,5 |
| Jun | 19 | 236 | 56,4 | 23,9 |
| Jul | 26 | 293 | 39,8 | 13,6 |
| Ago | 19 | 137 | 26,0 | 19,0 |
| Set | 15 | 50 | 8,1 | 16,4 |
| Out | 6 | 77 | 25,3 | 32,8 |
| Nov | 13 | 138 | 39,6 | 28,7 |
| Dez | 15 | 174 | 35,0 | 20,1 |

Tabela 5. Concentração de Chuvas - 1971 (ano excepcional).

| Meses | Nº Dias de Chuva | Altura Total (mm) | Máxima em 24 h (mm) | % Concentração (24 h) |
|-------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Jan | 16 | 95 | 20,4 | 21,5 |
| Fev | 12 | 56 | 11,7 | 20,9 |
| Mar | 19 | 83 | 33,0 | 39,8 |
| Abr | 11 | 654 | 36,72 | 56,1 |
| Mai | 22 | 436 | 92,4 | 21,2 |
| Jun | 20 | 312 | 74,1 | 23,8 |
| Jul | 25 | 429 | 79,2 | 18,5 |
| Ago | 24 | 288 | 86,1 | 29,9 |
| Set | 14 | 158 | 68,7 | 43,5 |
| Out | 21 | 162 | 42,2 | 26,0 |
| Nov | 10 | 67 | 11,4 | 17,0 |
| Dez | 7 | 68 | 44,8 | 65,9 |

Fonte: 4º Distrito de Meteorologia da Estação Ondina (Salvador-Ba).

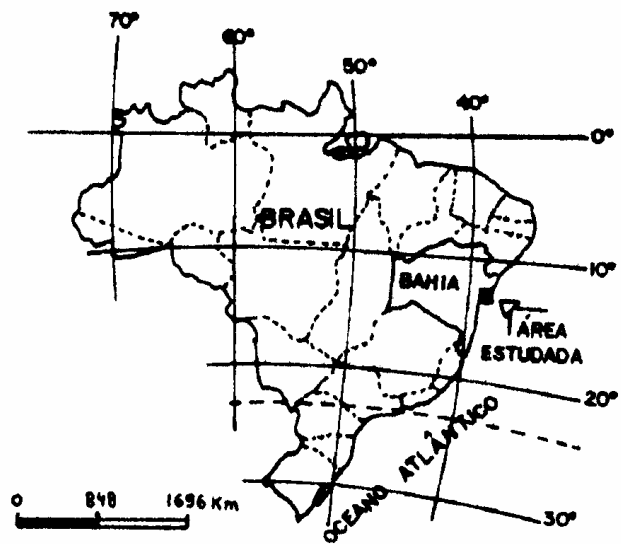


FIG. 2

DISTRIBUIÇÃO TEXTURAL NO PERFIL

SEDIMENTOS BARREIRAS
SALVADOR

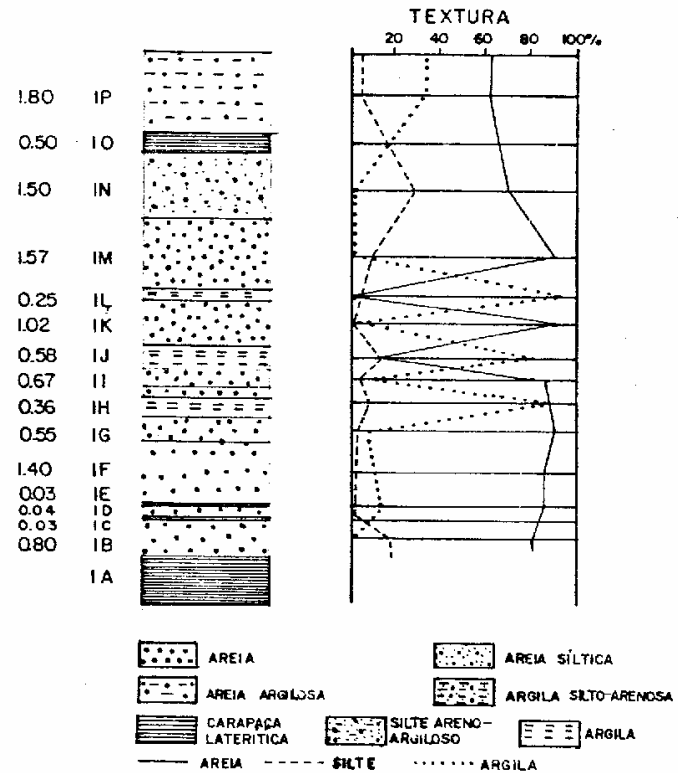


Fig. 3

