

## 2

## Tipos de Escorregamentos em Maciços Rochosos

Os diferentes tipos de ruptura são condicionados pelo grau de fraturamento do maciço rochoso e pela orientação e distribuição das descontinuidades em relação ao talude, ficando a estabilidade definida pelos parâmetros de resistência das descontinuidades e da matriz rochosa.

Em maciços rochosos resistentes, as descontinuidades determinam a situação dos planos de ruptura. Em maciços formados por rochas brandas ou pouco competentes, a matriz possui um papel importante na geração destes planos e nos mecanismos de ruptura.

### 2.1.

#### Ruptura Planar

É produzida quando a ruptura se dá em uma superfície pré-existente, que pode ser uma estratificação, uma junta tectônica, uma falha, etc. A condição básica é a presença de uma descontinuidade mergulhando a favor do talude e com a mesma direção, cumprindo a condição na qual o ângulo de mergulho do talude seja maior do que da descontinuidade ( $\psi > \omega$ ), e este por sua vez maior que o ângulo de atrito interno ( $\omega > \phi$ ). Na figura 2.1 é mostrado este tipo de ruptura.

Os diferentes tipos de ruptura planar dependem da distribuição e características das descontinuidades no talude, as mais freqüentes são:

- Ruptura por um plano que aflora na face ou no pé do talude com ou sem uma fenda de tração.
- Ruptura por um plano paralelo a face do talude por erosão ou perda da resistência do pé do talude.

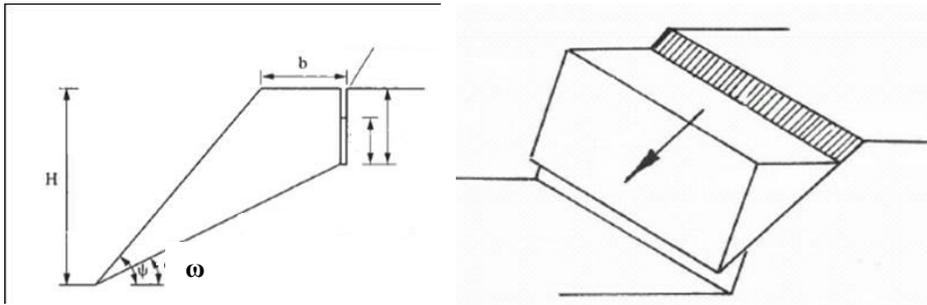


Figura 2.1 – Ruptura Planar

## 2.2.

### Ruptura em Cunha

Corresponde ao deslizamento de um bloco em forma de cunha, formado por dois planos de descontinuidades, na direção de sua linha de intersecção. Para que seja produzido este tipo de ruptura os dois planos devem aflorar na superfície do talude e devem-se cumprir as mesmas condições para ruptura planar ( $\psi > \omega > \phi$ ), mas neste caso  $\omega$  é o mergulho da linha de intersecção, como é mostrado na figura 2.2.

Este tipo de ruptura geralmente apresenta-se em maciços com várias famílias de descontinuidades, cuja orientação, espaçamento e continuidade determinam a forma e volume da cunha.

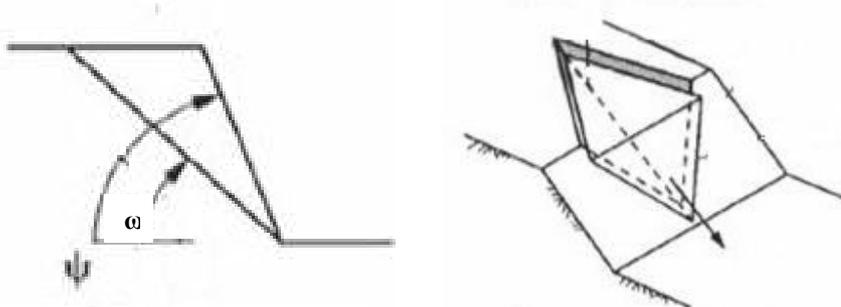


Figura 2.2 – Ruptura em Cunha

### 2.3.

#### Ruptura por Tombamento

Apresenta-se em taludes de maciços rochosos onde as descontinuidades apresentam mergulho contrário a inclinação do talude e em direção paralela ou subparalela ao mesmo, como pode se observar na figura 2.3. Em geral apresentam-se blocos, individualizados por um sistema de descontinuidades ortogonais.

Este tipo de ruptura implica um movimento de rotação dos blocos e a estabilidade dos mesmos não está unicamente condicionada pela resistência ao deslizamento.

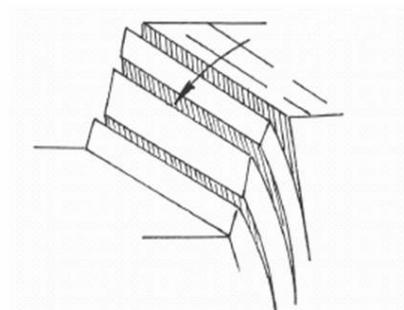


Figura 2.3 – Ruptura por Tombamento

### 2.4.

#### Ruptura Circular

Pode ocorrer em maciços rochosos brandos pouco competentes e em maciços muito alterados ou intensamente fraturados, que apresentam um comportamento isotrópico e onde os planos de descontinuidades não controlam o comportamento mecânico. Neste caso, o maciço comporta-se como um solo; conforme a figura 2.4. Mas a existência de outras áreas de debilidade e grandes planos de descontinuidades neste tipo de maciço, como falhas podem condicionar modelos de ruptura com outras tipologias.

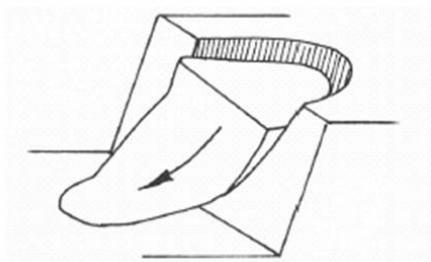


Figura 2.4 Ruptura Circular

## 2.5.

### Movimento de Blocos Rochosos

Os processos de movimentos de blocos rochosos consistem em deslocamentos, por gravidade, de blocos de rocha, podendo ser classificado em vários tipos, conforme descrito a seguir.

#### 2.5.1.

##### Queda de Blocos

Envolve materiais rochosos de volume e litologia diversos, que se destacam de taludes ou encostas íngremes e se deslocam em movimentos do tipo queda livre. Na figura 2.5 se mostra este tipo de movimento.



Figura 2.5 Queda de Blocos

#### 2.5.2.

##### Rolamento de blocos

Corresponde ao movimento de blocos rochosos ao longo de superfícies inclinadas, como é mostrado na figura 2.6. Esses blocos, geralmente encontram-se parcialmente imersos em matriz terrosa, destacando-se dos taludes e encostas por perda de apoio.

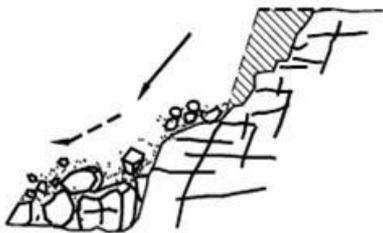


Figura 2.6 Rolamento de Blocos

### 2.5.3.

#### Desplacamento

Consiste no desprendimento de lascas ou placas de rocha que se formam a partir de estruturas (xistosidade, acamamento, etc), devido às variações térmicas, ou por alívio de tensão. O desprendimento pode se dar em queda livre ou por deslizamento ao longo de uma superfície inclinada, conforme a figura 2.7.

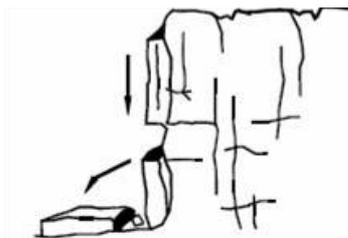


Figura 2.7 Desplacamento

### 2.6.

#### Taludes Rochosos No Estado De Rio De Janeiro

Segundo Amaral (1997), os condicionantes mais destacados para os escorregamentos no Rio de Janeiro, incluem fraturas tectônicas e de alívio, as discontinuidades nos perfis de alteração, a foliação das rochas metamórficas, a morfologia das encostas e os depósitos de encostas.

Dentre estes fatores, as falhas, fraturas tectônicas e de alívio, e as foliações e bandeamento, discretizam blocos rochosos e matacões, formam lascas, desenvolvem perfis de alteração favorecendo a ocorrência de rupturas em taludes rochosos e quedas de blocos.

No Estado de Rio de Janeiro, o tipo de movimento em rochas mais representativo é a queda de blocos, que no ano 1999, como ilustrado na figura 2.8, alcançou aproximadamente uma frequência de 8% de todos os tipos de escorregamentos reportados. (Silva et al.,2000).

A atividade do homem influencia no aumento das áreas de risco ao serem feitas construções perto da base de escarpas rochosas e na aceleração destes movimentos rochosos, já que segundo Amaral (2004) a partir de 1993, o número de quedas de lascas e blocos rochosos, a partir de faces de pedreiras desativadas, aumentou muito, provocando danos crescentes.

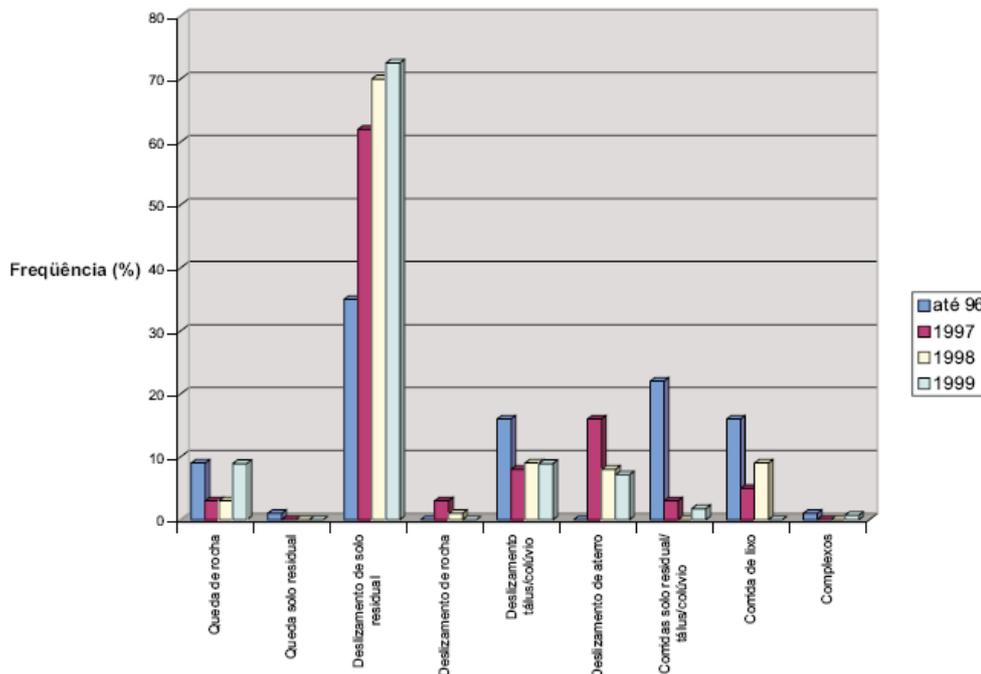


Figura 2.8 Tipologia dos escorregamentos significativos no Estado de Rio de Janeiro (Silva et al., 2000).

No Rio de Janeiro o substrato geológico é composto por uma seqüência de rochas pré-cambrianas altamente metamorfizadas intrudidas tardiamente por diques de diabásio mesozóicos e rochas alcalinas terciárias. As litologias mais comuns são gnaisses finos a porfiríticos e granitos, os quais sofreram dobramentos e são profundamente afetados por falhas normais. As tendências “trends” estruturais principais são NE-SW e NW-SE (Vargas, 2004).

Os sistemas de juntas ou falhas verticais e subverticais associados a este sistema estrutural e as juntas de alívio individualizam e discretizam blocos rochosos e impõem um considerável grau de fraturamento nos taludes rochosos da região, sendo condicionantes importantes para escorregamentos e queda de rocha.

Em taludes verticais os problemas de estabilidade são mais graves e no Estado do Rio de Janeiro, além da compartimentação estrutural, muitas escarpas íngremes correspondem as das pedreiras (jazidas de agregados) abandonadas, aonde a frequência e abertura das discontinuidades são aumentadas, e fraturas novas induzidas devido ao processo de extração (desmonte) com dinamite, ocorrido durante o período de extração, tornando mais lajes e blocos instáveis.

Entre as principais causas que diminuem a resistência ao cisalhamento destas juntas que compartimentam os maciços rochosos, tem-se o intemperismo e as pressões de fluido devido ao fluxo de água, este último pode ocorrer durante a temporada de chuvas intensas. Sem dúvida, levando-se em consideração as datas mostradas na tabela 2.1, pode-se notar que a maioria dos casos de quedas acontece sem precedentes de chuva e é associado às flutuações diárias de temperaturas máximas e mínimas.

### 2.6.1.

#### Casos de queda de Rocha

Nos relatórios técnicos de GEO-Rio é encontrada documentação importante relacionada à queda de blocos rochosos a partir de faces de pedreiras no ano 2000. A tabela 2.1 mostra as propriedades principais destes casos.

Outros casos de quedas de rocha descritos por Vargas et al (2004) são e apresentados a seguir.

Tabela 2.1 – Casos de quedas de rocha (Vargas et al, 2004)

Localização	Data (aa/mm/dd)	Volume m <sup>3</sup>	Chuva mm/24h	AT° C
Felipe Oliveira Copacabana	01.02.18	0.002	0	?
Niemeyer, Leblon	01.05.29	0.002	0.2	11
Cond. Village, Jacarepaguá	01.06.18	3.5	48.8	14
R.Barros Pedra Lisa	01.07.21	3.0	8.0	17
A. Ramos Botafogo	01.07.23	12.0	13.0	16
Clarimundo de Melo, Piedade	01.07.27	0.2	0.8	16
Cel Tito Carrilo Paciência	01.10.26	-	0.0	9
Sta Terezinha, Madureira	01.12.24	2	16.8	7
Blumenau, Cascadura	01.12.24	7	16.8	7
Aimará, Ramos	01.12.24	3	18.0	8
Luís Catanhede, Laranjeiras	02.05.07	0.4	1.4	9
Cascatinha, Vargem Grande	02.07.31	2	0	15
Mal Rondon, Riachuelo	02.11.06	0.15	33.0	5
V. de Sabóia, Cavalcante	02.12.10	1.0	2.6	2
Sta Luzia, Grotão da Penha	03.01.08	0.5	0.0	-
Clarim. de Melo, Piedade	03.08.29	1	20.8	4

- **Queda de Bloco na Village das Pedras (GEO-Rio Rel. Téc. No 290/2001)**

Neste acidente relata-se a queda de uma lasca de 3,5 m<sup>3</sup> em um corte de cerca 50m, como se vê na figura 2.9 atrás de uma linha de seis casas. Devido à presença de diversos trabalhos de estabilização no local, por exemplo, chumbadores na rocha “rock bolts”, redes reforçadas duplas e muros de concreto, o bloco destacou-se a uma altura de 10m não causando nenhum dano severo, só a destruição de uma parede de alvenaria localizada a 8m de distância das casas.

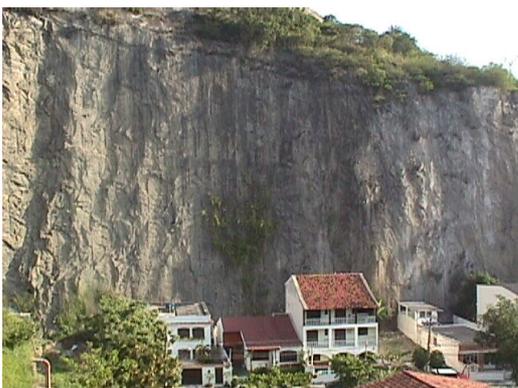


Figura 2.9 Vista Frontal da escarpa rochosa no local Village das Pedras.

- **Queda de Bloco Rego Barros (GEO-Rio Rel. Téc.No 340/2001)**

Neste caso teve-se o desprendimento de uma laje de rocha ligeiramente intemperizada de 3,0m<sup>3</sup> ao longo de um corte de 25m, com localização mostrada na figura 2.10, no interior da densamente ocupada Favela Pedra Lisa. O bloco de rocha impactou uma das casas de ocupação ilegal situadas ao pé do talude, causando uma morte. Após do acidente, mais de 20 casas foram removidas do local.



Figura 2.10 Pé do talude depois da remoção de casas no Rego Barros

- **Queda de Bloco Contorno s/no. (GEO-Rio Rel. Téc. No 514/2002)**

É relatado o destacamento de um bloco de rocha de  $2 \text{ m}^3$  a 60m de um talude rochoso natural. Este local foi afetado por severas queda de rochas seis anos antes, a figura 2.11 apresenta uma vista da região e paredes de impacto foram construídas para proteger as casas, sendo que o último acidente matou um cavalo.



Figura 2.11 Acidente de queda de rocha em 1996 no local de Contorno.

- **Queda de Bloco Mal. Rondon 477 (GEO-Rio Rel. Téc. No 635/2002)**

Relata-se neste caso o destacamento de lajes de  $0,15 \text{ m}^3$  que alcançaram a área situada atrás de um edifício. Devido à presença de diversos trabalhos de estabilização, nenhum dano foi registrado. A figura 2.12 apresenta uma foto da escarpa rochosa.



Figura 2.12 Vista frontal do talude rochoso no Mal. Rondon

- **Queda de Bloco Visconde de Sabóia, 54 (GEO-Rio Rel. Téc. No.662/2003)**

É relatado o destacamento de um bloco de rocha de 1 m<sup>3</sup> de uma escarpa de 50m de altura altamente fraturada, mostrada na figura 2.13, o qual atingiu e destruiu uma casa localizada a 10m do pé do talude.

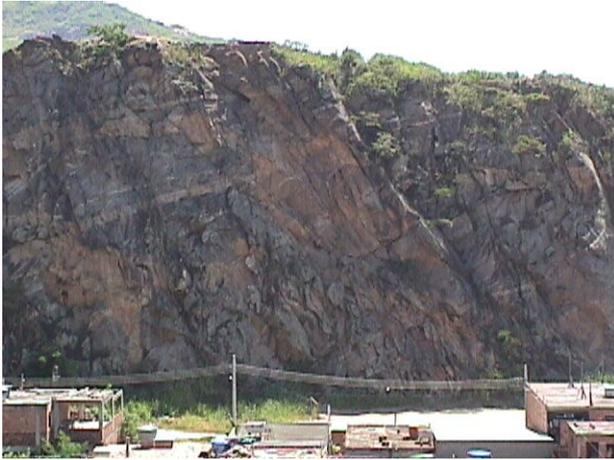


Figura 2.13 Vista Frontal da escarpa rochosa no Visconde de Sabóia.