

18º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

CABECEIRAS DE DRENAGEM: ÁREAS CRÍTICAS PARA A GEOTECNIA

Álvaro Rodrigues dos Santos¹

RESUMO - As cabeceiras de drenagem, por seu natural dinamismo geomorfológico, sua natural instabilidade geotécnica e sua relevância hidrológica, hidrogeológica e ambiental, sugerem e obrigam cuidados especiais para sua correta incorporação em áreas urbanizadas e em empreendimentos de engenharia. Essa incorporação da cabeceira de drenagem a áreas construídas deverá confluir para duas possibilidades, a primeira via uma decisão de sua não ocupação, com sua transformação em parque e área verde florestada, a segunda, por seu aterramento controlado e orientado por rígidos critérios geológicos e geotécnicos. Em ambas situações fica ressaltada a importância de sua correta caracterização geológica e morfológica em campo e de seu registro cartográfico.

ABSTRACT - Drainage headwaters, due to their inherent geomorphological dynamism, natural geotechnical instability and hydrological, hydrogeological, and environmental relevance, require and demand special care for their proper integration into urbanized areas and engineering developments. This integration of the drainage headwater into built environments may follow two paths: the first through a decision of non-occupation, converting the area into a park or forested green space; the second through controlled landfilling, guided by strict geological and geotechnical criteria. In both cases, the importance of accurate geological and morphological field characterization and corresponding cartographic documentation is emphasized.

PALAVRAS CHAVE

Cabeceiras de drenagem, grotas, ravinhas, instabilidade geotécnica

I - A QUESTÃO CONCEITUAL

As feições de relevo associadas a drenagens de encostas podem ser classificadas de variadas maneiras, em dependência dos parâmetros físicos considerados. Para a finalidade desse artigo técnico há interesse apenas em sua classificação quanto à dinâmica de sua evolução. São então assim consideradas as **Cabeceiras de Drenagem Secas**, onde o processo de evolução corresponde ao simples ravinamento erosivo por águas pluviais, e as **Cabeceiras de água Hidrogeologicamente Ativas** (grotas), onde o processo de evolução está também associado ao afloramento da água subterrânea. As cabeceiras de bossorocas constituem um tipo especial de grotas.

Assume-se nesse artigo o entendimento empírico e popular da grotas como uma cabeceira de drenagem em forma aproximada de ferradura, morfológicamente côncava, com paredes íngremes em sua parte superior e hidrogeologicamente ativa, ou seja, associada sempre ao escoamento de águas superficiais de chuva e, eventualmente, à existência de uma nascente que dá origem a um curso d'água perene ou intermitente. Inserir citação da Figura 1 no texto

¹ Geólogo. Ex-Diretor da Divisão de Minas e Geologia Aplicada e de Planejamento e Gestão do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Diretor-presidente da ARS Geologia Ltda. Consultor em Geologia de Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente. Autor de diversas obras na área, incluindo: Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática; A Grande Barreira da Serra do Mar; Diálogos Geológicos; Cubatão; Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções; Manual Básico para Elaboração e Uso da Carta Geotécnica; Cidades e Geologia. Contato: santosalvaro@uol.com.br.



Figura 2: Ocupação de grotas: inevitáveis acidentes e estúpidas perdas de vida. Notar que até conjuntos condomínios habitacionais públicos instalam-se em grotas em busca de menor preço de metro quadrado de terreno. Santo André – SP. Foto do autor.

As grotas são tipos especiais de cabeceiras de drenagem em que o ravinamento atingiu o lençol freático ou um lençol subterrâneo suspenso local. A partir dessa condição a evolução da cabeceira se acelera em processo semelhante ao das bossorocas, ou seja, em uma dinâmica remontante alimentada pela combinação de encharcamento e solapamentos da base da testa da cabeceira, sendo os sedimentos produzidos transportados por enxurradas pluviais para jusante. Não é rara a existência de fenômenos de piping no ponto inicial da nascente (pé da testa da grota), condição que colabora para a potencialização do solapamento da testa. As grotas são fruto, portanto, de uma combinação fenomenológica de águas de superfície e águas profundas. Ao longo desse processo a testa da grota evolui em altura, concavidade e largura, podendo conter mais de uma frente de evolução.

A grota constitui a feição mais ativa de evolução do relevo em uma determinada região, o que se traduz em sua alta suscetibilidade a movimentos de massa.

As grotas formam-se nos variados tipos de relevo. Nos relevos mais suaves e arenosos sua representação mais destacada é a bossoroca (vide Figura 3). Nos relevos medianamente acidentados, como os mais fortemente colinosos, mar de morros, morros e morrotes isolados, serras

restritas... as grotas são conhecidas como tal, constituindo feições naturais típicas e plenamente integradas na cultura popular.



Figura 3: Bossoroça em evolução. Notar ravinamentos secundários que tendem a se transformar em novas bossorocas. Foto Fazenda Glória, Uberlândia MG.



Figura 4: Grota com densa urbanização. Nova Friburgo RJ. Foto HCMiranda.



Figura 5: Quantos ainda precisarão morrer? Foto FAEP.

I.2 - Grotas dormentes. Reativação antrópica da dinâmica evolutiva

Dois fatores especialmente contribuem para determinar a intensidade maior ou menor da dinâmica evolutiva das grotas, o domínio florestal da grota e o volume de águas pluviais que se direcionam da região a montante para o interior da grota.

O domínio florestal é o principal fator de inibição da dinâmica evolutiva das grotas. Esse domínio florestal acontece em períodos geológicos de condições climáticas favoráveis. Em períodos geológicos mais áridos com recuo florestal e chuvas torrenciais temporalmente concentradas a dinâmica evolutiva das grotas mostra-se acentuadamente acelerada. Na maior parte da extensão do território brasileiro predominam hoje condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de concentrações florestais nas grotas, considerando que essas feições se destacam em sua região por manter um nível maior de umidade dos solos.

É assim comum em regiões que guardam suas características naturais que as grotas encontrem-se relativamente estabilizadas, tanto pela prevalência do domínio florestal como pela dispersão das águas pluviais superficiais de montante. Pode-se considerar que nesta condição as grotas tem sua dinâmica evolutiva praticamente contida, mas em condição latente. Ou seja, na dependência de alteração dos dois fatores estabilizadores certamente essa dinâmica será reativada.

É justamente o que normalmente sucede em regiões onde a atividade humana, seja em práticas rurais de agricultura e pecuária, seja em práticas tipicamente urbanas, implica notoriamente em desmatamentos e concentração de fluxos de escoamento de águas de chuva.

Por decorrência, as medidas essenciais para a estabilização dos processos evolutivos de um grota são a imediata interrupção do acesso de escoamentos de águas de chuva em sua crista, sua limpeza e seu reflorestamento.



Figura 6: Reativação da dinâmica evolutiva de grotas por ocupações de cabeceira. Santo André SP.
Foto do autor.

II - GROTAS COMO ÁREAS DE RISCO NO ESPAÇO URBANO

A correlação de grotas com riscos geológicos é já conhecida do meio profissional que lida com áreas de risco, em especial em áreas urbanas. Entretanto, a continuidade da ocupação dessas feições geomorfológicas, com notável incidência de graves acidentes, está a exigir um posicionamento mais resolutivo e firme do meio técnico quanto ao seu destino urbano, o que significaria, no entendimento do autor, que se vá além dos cuidados e alertas sobre a suscetibilidade a deslizamentos das citadas feições, e se avance para a radical proibição de sua ocupação por edificações e infra-estruturas urbanas.

Como já referido, as grotas constituem feições de relevo extremamente susceptíveis a deslizamentos. Essa condição é sumamente agravada pelo fato das grotas se apresentarem aos moradores próximos como destino fácil para todos os tipos de resíduos urbanos: lixo doméstico, entulhos de construção civil, animais mortos, carcaças de equipamentos, etc. Ou seja, quando a própria grota recebe edificações essas se instalam em condições geológicas e geotécnicas extremamente críticas quanto a sua estabilidade. Cumpre ainda considerar a temerária cultura técnica, totalmente inadequada para terrenos declivosos, de se cortar a encosta para a obtenção de um platô plano a receber a edificação.

Com essas características as grotas, desgraçadamente, tem se oferecido à população de baixa renda como área atraente pelo baixo custo do metro quadrado e de aluguéis. Acidentes gravíssimos, com estúpidas perdas de vida, não se fazem por esperar.

Não há recomendação técnica plausível e financeiramente aceitável para operações de estabilização geotécnica que possam tornar as grotas terrenos seguros para a urbanização. A radical proibição de urbanização habitacional das grotas se impõe como a solução mais acertada para o problema. Tal decisão deve sem sombra de nenhuma dúvida ser definitiva e claramente expressa pelas Cartas Geotécnicas como **áreas não ocupáveis**. E na inexistência dessas cartas, pelo Plano Diretor e pelas leis municipais de uso e zoneamento do solo urbano. Vide figuras 2, 4, 5, 6 e 7.



Figura 7: Conjunto Residencial da CDHU construído em cabeceira de grota contribuiu com a reativação de sua dinâmica evolutiva. Franco da Rocha SP. Foto do autor.

II.1 - As grotas no contexto ambiental

As grotas, por suas nascentes, constituem preciosos mananciais de água para consumo humano, além de suas singulares funções ecológicas como locus privilegiado de espécies botânicas de grande valor e de abrigo, alimentação e dessedentação de enorme diversidade animal. Só por esses fatos, e pela simples aplicação das disposições do Código Florestal para a delimitação de Áreas de Proteção Ambiental – APPs em torno de nascentes e olhos d'água (círculo de raio de 50m) já deveriam ser consideradas não urbanizáveis. Essa proteção, infelizmente, não tem sido adotada e esses mananciais têm sido sistematicamente engolfados pelo implacável crescimento urbano por espraiamento geográfico, típico das cidades brasileiras, e utilizados como local de disposição irregular de resíduos urbanos e/ou de implantação de precárias e arriscadas moradias populares.

II.2 - O melhor e mais virtuoso destino urbano para as grotas

Seja no âmbito de políticas públicas de gestão do risco geológico, seja no âmbito de políticas de proteção ambiental e gestão de recursos hídricos, o melhor destino urbano para as grotas está em sua transformação em parques florestados entregues ao lazer e atividades culturais e de educação da população.

Considerando as condições de risco, a delimitação do perímetro não ocupável deverá necessariamente incluir a montante da crista frontal e das cristas laterais uma faixa de terreno de largura em torno de 40 metros, uma vez que a ocupação dessa faixa implica em decorrências negativas para a estabilidade geotécnica da testa da grota e para a boa qualidade das águas nascentes.

II.3 - Recuperação de grotas degradadas. Roteiro de ações

Para o caso de grotas já geologicamente e ambientalmente degradadas, e que venham a ser desocupadas como decorrência da aplicação de políticas públicas de gestão de riscos geológicos, faz-se imprescindível, para sua transformação em parques florestados, uma operação anterior de recuperação sanitária e geotécnica.

No âmbito desse trabalho de recuperação, destaca-se o objetivo de limpeza do material superficial solto (terra, entulho, lixo...), aplicação de medidas de inibição de deslizamentos e eventuais estabilizações geotécnicas localizadas, o que envolveria os seguintes itens:

- 1) imediata interrupção do direcionamento e acesso de escoamentos de águas pluviais para o interior da cabeceira da grota. Essa medida é de caráter essencial por ser drasticamente inibidora da ativação da dinâmica evolutiva das grotas;
- 2) remoção cuidadosa dos materiais soltos acumulados na grota (terra, entulho de construção civil, lixo doméstico, resíduos de toda natureza);
- 3) as intervenções deverão ser executadas manualmente e/ou por equipamento leve. Não se deve abrir acesso para equipamento de maior porte. A idéia é não interferir no solo natural local, somente no material sobre ele lançado ao longo do tempo;
- 4) no caso de eventual presença de vegetação de maior porte, sempre que possível evitar a remoção;
- 5) especificamente junto ao local das nascentes de água, a remoção de materiais soltos é especialmente importante, de forma que esse "olho d'água" fique totalmente livre, desobstruído e descontaminado;
- 6) os trabalhos devem se desenvolver de montante para jusante. Para facilitar o trabalho de limpeza e remoção sugere-se a utilização de calhas de madeira para a condução do material das cotas superiores para a base do talude;
- 7) assim que os taludes naturais superiores vão sendo liberados (limpos de material solto) deve-se proceder sua proteção vegetal. Como, ao final, espera-se que essa área seja ocupada por um bosque florestado, sugere-se a utilização inicial de hidrossemeadura (no caso com predominância de espécies leguminosas locais) seguida de plantio direto de mudas de árvores e arbustos naturais da floresta original da região. Dentro desse procedimento de montante para jusante, quando a limpeza estiver sendo executada junto ao ponto mais baixo do talude, toda a extensão superior já estará razoavelmente protegida contra a erosão. Caso se veja como necessário, deve-se considerar a instalação de sistema de drenagem para águas pluviais.

III - CABECEIRAS DE DRENAGEM E GROTAS COMO ÁREAS DE RISCO NA CONFORMAÇÃO DE PLATÔS VIA OBRAS DE TERRAPLENAGEM

Como já referido, cabeceiras de drenagem, tipo grotas, são feições geomorfológicas que evidenciam frentes ativas de evolução do relevo. Constituem uma área de convergência de águas

pluviais e subterrâneas, podendo ou não apresentar nascentes permanentes ou intermitentes em seus talvegues principais. Uma vez existentes essas nascentes determinam a demarcação de respectivas APPs – Áreas de Proteção Permanente nos termos do Código Florestal em vigor, o que elimina a possibilidade de seu aterramento.

Caso não existam nascentes as cabeceiras de drenagem podem eventualmente ser aterradas em operações de terraplenagem que tenham como objetivo a conformação de platôs, porém exigindo que esse aterramento seja conduzido com cuidados especiais que consigam evitar futuras e graves instabilidades geotécnicas.

Via de regra as cabeceiras de drenagem, por seu ambiente naturalmente úmido, propiciam ao longo do tempo geológico a formação de uma camada superficial argilosa métrica e de bolsões de solo argiloso orgânico, ambas formações apresentando baixa permeabilidade.

Por essas características, especialmente em ambientes montanhosos ou amorreados e de médios e altos índices pluviométricos, as cabeceiras de drenagem quando aterradas sem os cuidados devidos se tornam palco de graves problemas geotécnicos (movimentações do terrapleno), colocando em risco as instalações erigidas em superfície. Essa movimentação do terrapleno tem na maior parte das vezes suas causas associados à saturação temporária da base do aterro na interface com o terreno natural da cabeceira, justamente pelo obstáculo colocado à infiltração das águas pluviais representado pela camada argilosa superficial.

Nessas condições, a estabilização de um terrapleno assim comprometido exige intervenções de alta complexidade, envolvendo inclusive sistemas de drenagem profunda e obras de contenção sofisticadas e de altíssimo custo, razão que sugere à engenharia geotécnica e à geologia de engenharia uma concentrada atenção em cuidados preventivos, como os indicados nesse documento.



Figura 8: Cabeceira de drenagem tipo e esquema do dreno espinha de peixe

III.1 - Sequência de ações preventivas no interior da cabeceira de drenagem

Com o objetivo de prevenir e evitar futuros e graves problemas geotécnicos o aterramento de uma cabeceira de drenagem deve ser antecedido de cuidados preventivos especiais, que podem assim ser seqüenciados:

- 1) Retirada completa da vegetação. Com destocamento;
- 2) Remoção por raspagem da camada superficial mais argilosa e de eventuais acumulações de solos argilosos orgânicos;
- 3) Instalação de sistema drenante tipo espinha de peixe (vide figura 9);
- 4) Aterramento com compactação de camadas de jusante para montante, com atenção para o não comprometimento do sistema de drenagem implantado.

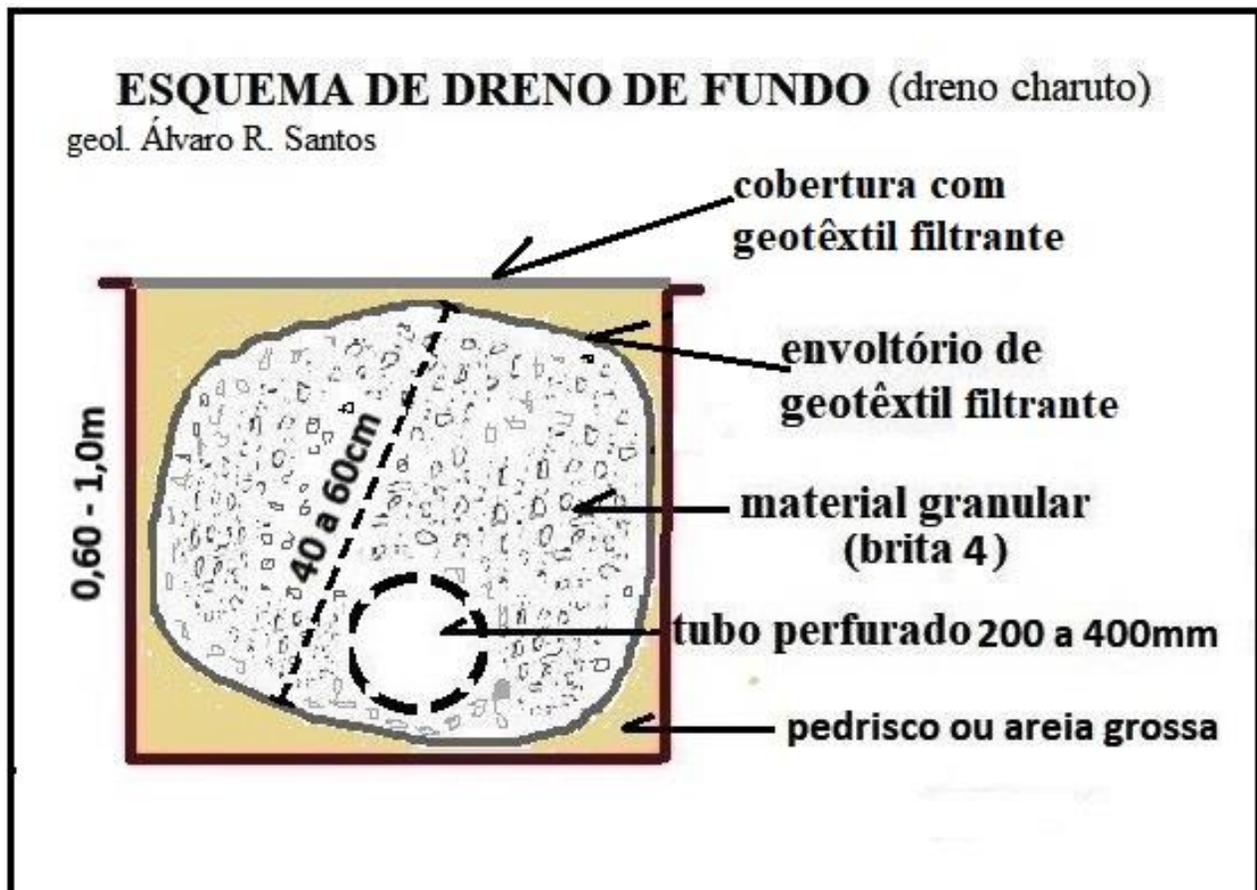


Figura 9: Esquema de dreno a ser adotado no sistema drenante espinha de peixe. Fonte: ARSantos

IV – CONCLUSÃO

O trabalho, tomando a cabeceira de drenagem como exemplo altamente representativo, em essência ressalta a importância da particular consideração das feições geomorfológicas de um território em processo de ocupação. Essas feições podem sugerir, tido em conta o entendimento de suas características físicas e de sua dinâmica evolutiva, comportamentos geotécnicos futuros potencialmente problemáticos quando submetidas às solicitações que lhe serão impostas pela

ocupação desejada. Essa condição as coloca como sinais de alerta para a adoção preventiva de cuidados especiais que devam ser tomados para que tais problemas sejam evitados.

V - BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

Coelho Netto, A. L. - Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, Nº 2 (2003) 69-100.

Fruet, J. G. W. - Análise da estrutura e funcionamento de cabeceiras de drenagem: subsídios para a conservação de nascentes. Tese Doutorado Universidade Estadual de Maringá PR, 2021.

Marques de Castro, C et al - Tipologia de Processos Erosivos Canalizados e Escorregamentos – Proposta Para Avaliação de Riscos Geomorfológicos Urbanos em Barra Mansa (RJ). Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ Volume 25 / 2002.

Moura, J. R.S. et al - Geometria do relevo e estratigrafia do quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro - Médio vale do rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Geociências 21 (3): 255-265, setembro de 1991.

Ridenti Júnior, J. L. et al - Cabeceiras de drenagem, uma unidade de análise na elaboração de cartas geotécnicas. In: 2 Simposio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1996, 1996. v. 1. p. 185-194.

Santos, A. R. - Manual básico para a elaboração e uso da Carta Geotécnica. Livro. Editora Rudder. São Paulo, 2014