

BOLETIM
DA
Sociedade Brasileira
de
Geologia

VOLUME
2



NUMERO
1

MAIO, 1953

SÃO PAULO, BRASIL

Os Boletins da Sociedade Brasileira de
Geologia têm sido editados com auxílio do
CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS

**BOLETIM DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA**

VOLUME 2 — MAIO DE 1953 — NUMERO 1

ÍNDICE

Boçorocas	
POR ERNESTO PICHLER	3
Geology of Santa Cecilia Tunnel	
POR POTLAND P. FOX	17
Composição e Granulometria da Praia de São Sebastião, S.P.	
POR RUY OZORIO DE FREITAS	29
Diastrofismo "germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na parte meridional de Santa Catarina.	
POR HANNFRIT PUTZER	37

BOÇOROCAS

POR

ERNESTO PICHLER

Secção de Solos e Fundações do I. P. T. — São Paulo.

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar em pequeno estudo sobre a forma de erosão denominada "boçoroca". Baseia-se o autor tanto em observações feitas por outros quanto nas próprias e procura analisar os diversos aspectos da sua ocorrência, formação, assim como alguns meios suscetíveis de circunscrever a estabilizar o fenómeno. É o trabalho acompanhado por documentário fotografico que permitirá melhor apreciação do mesmo.

ABSTRACT

It is the purpose of this paper to present some results of studies made about a certain form of erosion called "boçoroca". The author, taking in account observations made on the subject by others as well as his own, tries to describe some aspects of the occurrence and formation of "boçorocas". Some means to circumscribe or stabilise that form of erosion are presented. A number of photographs showing characteristic aspects of "boçorocas" will permit a better understanding of the character and extension of this form of erosion.

INTRODUÇÃO

Constituem as "Boçorocas" fenómeno de erosão dos mais impressionantes, tanto para o observador comum que com as mesmas se defronta pela primeira vez, como para o agricultor cujas terras invadem e o engenheiro rodoviário e ferroviário que vê a sua obra ameaçada.

Segundo Teodoro Sampaio, o significado etimológico de "Boçoroca", proveniente do tupi-guarani "ibi-çoroc", corresponde a terra rasgada ou rasgão no solo.

No Dicionário Enciclopédico Brasileiro, encontramos: "Bossoroca" — desmoronamento determinado pela ação erosiva das águas em camadas permeáveis, escavação profunda em terreno arenoso.

O Dicionário contemporâneo de Caldas Aulete escreve "Vossoroca" — grande desmoronamento na origem dos riachos causado pela

escavação das águas subterrâneas; desmoronamento causado pela invasão das águas fluviais.

Setzer, (referindo-se ao assunto) diz que as boçorocas são vales de erosão recente que se formam de preferência em solos tipo "catanduva", arenosos, secos e ácidos de cores claras e vegetação natural pobre caracterizada pela barba de bôde o indaiá e o pau torto.

Foi o fenômeno amplamente discutido nas palestras do Prof. Milton Vargas, proferidas na Associação de Engenheiros de Campinas em 1947, abordando-se na ocasião as diversas hipóteses genéticas referentes as mesmas.

Menção é feita ainda recentemente das boçorocas em um trabalho sobre escorregamento do Prof. Karl Terzaghi sendo consideradas neste trabalho particularmente as boçorocas de Casa Branca.

O autor deste trabalho teve oportunidade de estudar particularmente as boçorocas de Casa Branca e as dos arredores de Mococa, onde foi possível observar ao lado de uma boçoroca "morta" uma outra recentíssima em franco progresso.

Reunir as observações feitas por outros às do autor, com o intuito de estudar a gênese deste fenômeno e os meios possíveis para combatê-lo, constitui o objetivo deste trabalho.

OCORRÊNCIA

A ocorrência das boçorocas restringe-se, como já indica a própria definição, aos terrenos essencialmente arenosos. Assim sendo, são encontradas desde o Paraná até o Triângulo Mineiro em formações geológicas diversas subordinadas tanto ao período glacial da Série Itararé-Tubarão, como a outras mais recentes. Nota-se que ocorrem geralmente em terrenos pouco acidentados com uma topografia bastante suave, o que faz com que sejam avistadas muitas vezes somente quando se chega próximo dos bordos dos barrancos que as encerram. Apresenta-se então ao observador um vale estreito e profundo em V com flancos muito íngremes, sendo a parte superior geralmente de coloração vermelha intensa e a parte inferior de uma cor muito clara rósea que a destaca nitidamente da camada vermelha superior. Pode esta variação da cor ser brusca, como no caso apresentado na figura nº 1, onde a camada superior, de cor vermelha intensa, é separada da camada inferior que se caracteriza por essa coloração clara, quasi branca, por uma camada de argila de cor roxa, ou ainda, quando esta camada de argila é ausente, passar lentamente de vermelho a roxo e branco. O esquema apresentado na figura nº 1 representa entre tanto o tipo mais comum.



Figura n.º 1 — Secção média de uma boçoroca

A profundidade vai de 15 a mais de 30 metros e em comprimento podem alcançar várias centenas de metros. Por vezes observam-se ramificações em todos os sentidos, podendo estender-se por áreas superiores a 1 km² como na proximidade do Aeroporto de Mococa. Durante o período da estiagem o fundo do vale apresenta-se seco, pelo menos numa certa distância da sua raiz, podendo-se passar por aí. Mas em época de chuva, ou a uma certa distância da cabeceira, o fundo do vale é geralmente tão mole que não permite passagem por aí sem perigo de afundar-se.

Quanto ao crescimento ou propagação das boçorocas os dados que se obtêm são bastante confusos e pouco dignos de crédito. No caso das boçorocas da Casa Branca afirma-se serem recentes, tendo aparecido depois de instalada por D. João VI, naquela localidade, então fundada, a primeira colônia de ilhéus. Outras, como a observada por Setzer, não tinha, segundo aquele autor, mais do que dez anos, podendo ser considerada como recentíssima. De um modo geral entretanto é difícil estabelecer com certo rigor o seu início. Todas as observações feitas indicam contudo que o seu aparecimento coincide com o desbravamento das referidas regiões pelos primeiros colonizadores. Não resta a menor dúvida, como se procurará demonstrar mais adiante, que em grande número de casos o elemento humano pode ser responsabilizado, ou que pelo menos contribuiu para a formação das boçorocas. Distinguem-se, de acordo com o estado de evolução que atravessam, as boçorocas vivas e as boçorocas mortas. As primeiras apresentam erosão intensiva durante e logo após a época da chuva e nenhuma ou pouquíssima vegetação nos barrancos que formam o vale. Quando, por um motivo qualquer, diminui a erosão e os barrancos começam a cobrir-se de plantas, a boçoroca entra em estado de senilidade, morrendo dentro de pouco tempo; isto é, a erosão cessa pouco a pouco e os taludes e fundo do vale passam a cobrir-se com a vegetação característica da região. As fotografias das figs. 2, 3, 4, 5, 6 e 7, apresentam diversos aspectos de boçorocas.

FORMAÇÃO

A formação das boçorocas pode ser atribuída ou, simplesmente, à erosão superficial, ou ainda, o que parece ser mais comum, à ação conjunta da erosão superficial e erosão subterrânea. As duas modalidades adquirem aspecto semelhante e são, como se observa nas figs. 2 a 7 de difícil diferenciação. Não se observa, no caso das boçorocas provenientes essencialmente da erosão superficial a separação em camadas arenosas distintas pela interposição de uma camada argilosa. Quando essa camada existe, a erosão subterrânea adquire importância predominante podendo mesmo ser responsabilizada pela maioria das boçorocas existentes. Levando-se em consideração a ação isolada de cada uma das formas de erosão e a sua ação em conjunto, tentar-se-á estudar as mesmas sob suas diversas formas de manifestação. A erosão superficial efetua-se ou ao longo de uma linha topograficamente favorável, ou então, o que parece ser aqui geral, ao longo de cortes artificiais no terreno, sob forma de valas de divisa do terreno ou estradas de carro de boi não estabilizadas. A intensidade com que a erosão neste caso progride depende essencialmente de três fatores:

1º) da resistência que a formação geológica opõe ao seu desagregamento e transporte.

2º) da força viva da água dependente da vazão e do gradiente hidráulico.

3º) das condições topográficas e do nível de base local.

O primeiro fator é evidentemente função da estrutura e mais ainda da textura do solo. Um terreno siltoso ou arenoso como o que constitui a camada superior das formações geológicas em questão, onde é reduzido o poder aglutinante da argila presente, oferece pequena resistência à erosão. Desta maneira os sulcos, vales ou cortes, se aprofundam com relativa rapidez formando vales de forma triangular. Caso a resistência do fundo do canal seja grande à erosão tende a progredir lateralmente mas quando alcança a camada de argila, que neste caso oferece esta resistência maior, a força viva da água já adquiriu um poder suficiente para vencê-la. Quando o terreno apresenta em toda a profundidade uma resistência uniforme condicionada essencialmente à textura do subsolo, progride a erosão superficial, ou até atingir o nível de base da erosão, ou então, até cortar o nível do lençol freático do terreno.

Moinzer, estudando a descarga das águas do lençol freático em seu recente trabalho sobre "Production and Control of Ground Water" diz a respeito o seguinte:

"A energia que mantém a água do subsolo em movimento, necessária para vencer o atrito interno e que resulta da própria viscosidade,

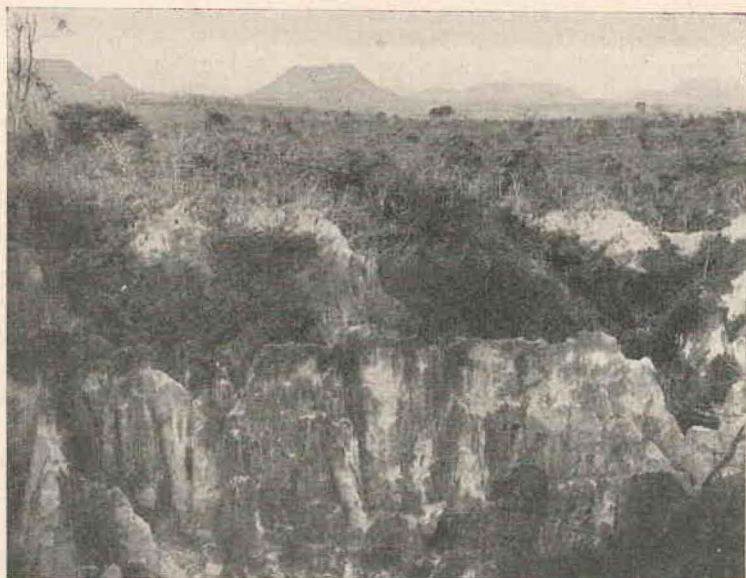


Fig. 2 — Boçoroca perto de Cajurú, em formação subordinada a Série de S. Bento — erosão superficial predominante.

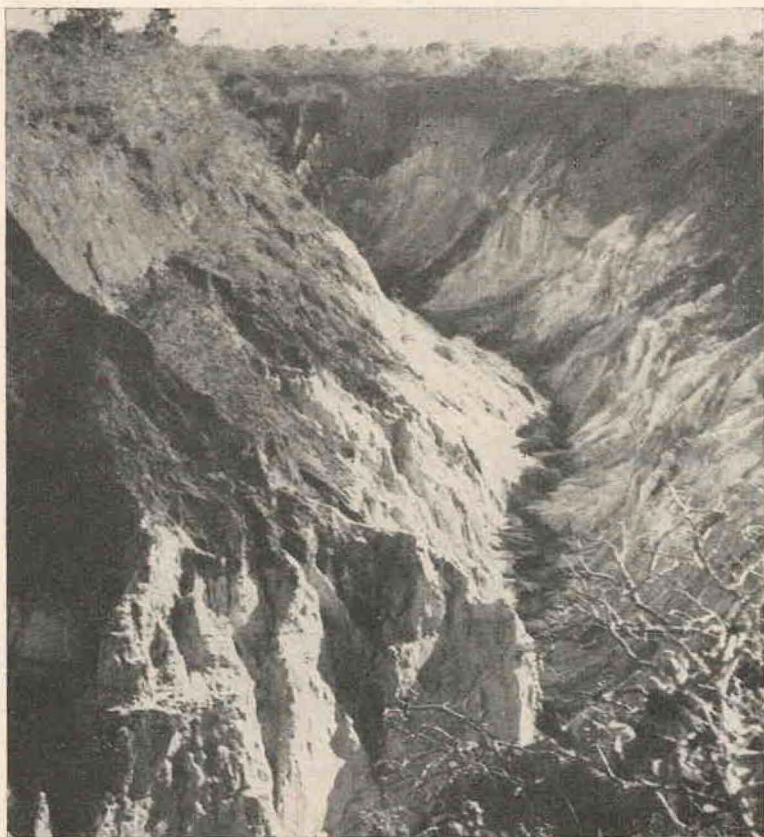


Fig. 3 — Boçoroca perto de Mocóca, em formação subordinada a Série Itararé — Tubarão — erosão subterrânea predominante.



Fig. 4 — Boçoroca perto de Casa Branca. O lado esquerdo acha-se em franco desenvolvimento e o lado direito tende à estabilização, notando-se vegetação incipiente.



Fig. 5 — Aspecto de uma boçoroca com a cidade de Casa Branca ao fundo.

é fornecida pela diferença de carga entre o local da tomada e o da descarga. De um modo geral, toda partícula de água da zona de saturação, move-se de um ponto qualquer da zona de tomada, onde alcançou o lençol freático, para um ponto onde a água é descarregada por uma nascente, por evaporação, por absorção pelas raízes das plantas ou ainda por intermédio de um poço do qual é retirada. O caminho que esta partícula de água percorre, pode ser simples e curto, nunca indo muito abaixo da superfície do lençol freático, mas pode também percorrer muitas e mesmo centenas de quilômetros por caminhos tortuosos indo à profundidade de centenas de metros de acôrdo com o relêvo do terreno, a estratigrafia e estrutura das rochas e outras condições”.

Têm sido feitos esforços para distinguir entre as descargas rápidas da água do subsolo que poderá promover ou prolongar enchentes e o escoamento controlado que permite aos rios uma vazão contínua durante as sêcas. A primeira é geralmente chamada escoamento subterrâneo e o segundo fluxo da base. Trata-se, no caso das boçorocas em geral, evidentemente, de um escoamento subterrâneo que se acentuará no local onde a erosão superficial cortou o lençol freático. Neste ponto, a água do subsolo encontrando menor resistência ao seu escoamento, a erosão subterrânea terá o seu início. Esta erosão será tanto mais intensiva quando maior a diferença entre o fundo do vale escavado e o nível normal do lençol freático. Uma vez iniciada a erosão subterrânea esta concorre de um modo decisivo ao aumento e aprofundamento do vale da erosão. Constitui esta forma de erosão modalidade verdadeiramente tenebrosa pois os seus efeitos são na maioria dos casos surpreendentes e imprevisíveis. Quando as veias de água experimentam em consequência de um aumento do fluxo um aumento correspondente de pressão, cresce também a velocidade com que a água passa por estas veias e encontrando possibilidade de escoamento no fundo do vale escavado pela erosão superficial, começa a arrastar as partículas mais ou menos soltas que se encontram em seu caminho. Sucedem-se rupturas internas com formação de galerias que aumentam pouco a pouco em diâmetro e extensão, até que a camada superior, que desta maneira perdeu o seu suporte, tomba fragorosamente enchendo a galeria com o material que se deslocou. Segue-se um represamento da água do subsolo até que alcança força suficiente para romper o novo obstáculo, o que as vezes sucede com grande violência. O material no lugar torna-se movediço e escoam com relativa facilidade reiniciando-se ao mesmo tempo a formação da nova galeria subterrânea. As Figs. 8, 9 a 10 apresentam diversos aspectos relativos a formação das galerias subterrâneas numa boçoroca perto de Casa Branca.

Considerando um terreno regular, com um rio por base da erosão, procurou-se reproduzir, numa série de quadros representados na figura



Fig. 3 — Boçoroca "morta" perto do Aeroporto de Mocóca

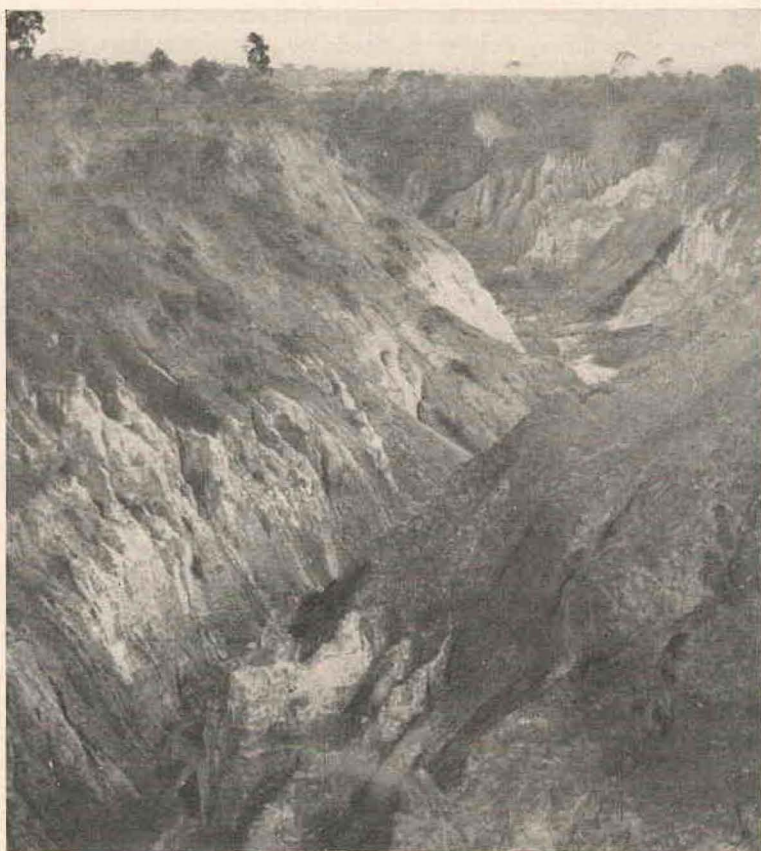


Fig. 7 — Boçoroca perto do Aeroporto de Mocóca, em franco desenvolvimento.

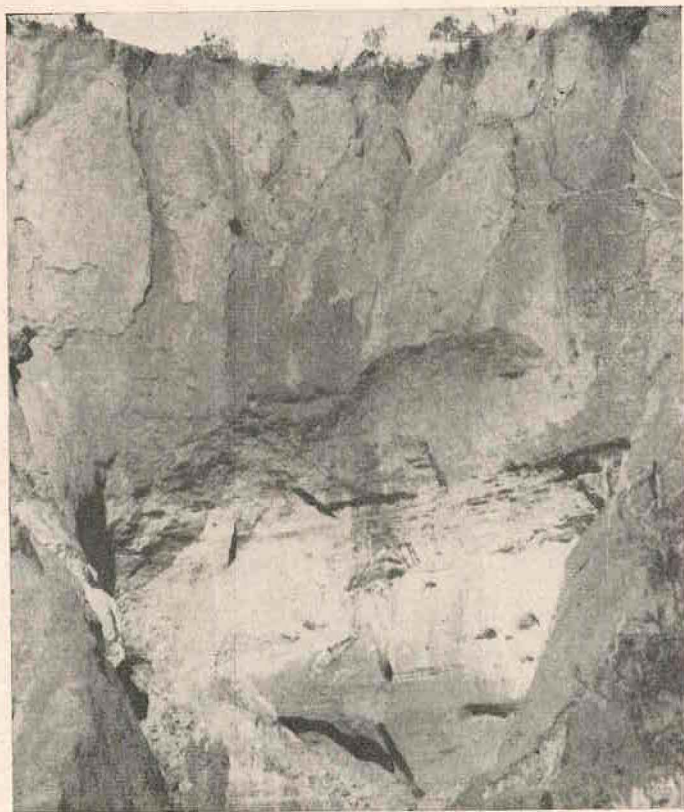


Fig. 8 — Aspecto da cabeceira de uma boçoroca, notando-se a separação das camadas arenosas por uma camada de argila siltosa (varvítica).

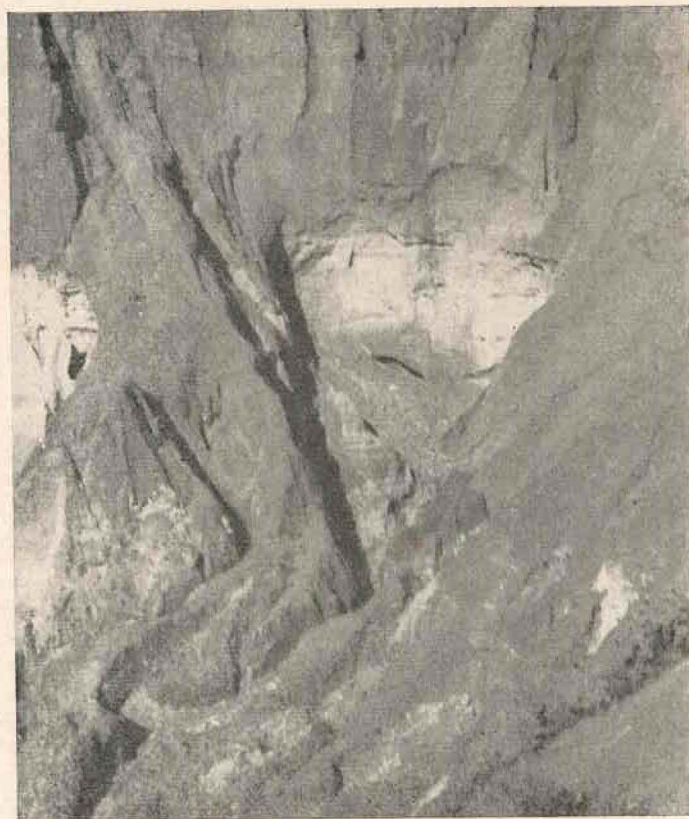


Fig. 9 — Aspecto do fundo da cabeceira de uma boçoroca.

12, a sequência dos fenômenos que dão origem às boçorocas, sob sua forma mais completa, isto é, quando tanto a erosão superficial como a erosão subterrânea concorrem para a sua formação. Verifica-se aí que a mesma é limitada em profundidade pelo nível da base da erosão, no caso, o nível do rio. De início desenvolveu-se a boçoroca ao longo do vale ou sulco principal quasi sempre na direção de uma dessas valas de divisa de início mencionadas. A medida que evolue podem surgir desvios da direção inicial e ramos de irradiação que por sua vez evoluem e que às vezes podem adquirir um aspecto mais impressionante que o sulco principal. Com o progresso dos diversos ramos a água do subsolo começa a perder a sua força principal e a boçoroca começa a ficar estacionária. Os barrancos começam a cobrir-se lentamente de vegetação, sinal que a boçoroca está envelhecendo. Quando o sulco estiver coberto de vegetação a boçoroca estará morta. Pode ainda acontecer que durante certa fase de evolução da boçoroca uma outra venha a formar-se a certa distância e a um nível mais baixo. Neste caso as águas tendem a correr de preferência para esse nível mais baixo e a primeira boçoroca começa a extinguir-se. É o caso que se observa, por exemplo, perto do Aeroporto de Mococa, onde se encontram duas boçorocas ligadas por uma das valas de divisa já mencionadas e distantes uma da outra de aproximadamente 200 metros. A primeira apresentada na fig. 6 é completamente extinta e inteiramente coberta de vegetação. A segunda, figura n. 3, acha-se em franca evolução.

MEIOS DE COMBATE

Conquanto apenas de caráter local, as boçorocas não somente inutilizam áreas apreciáveis de terrenos mas dificultam e ameaçam também as obras de engenharia, como estradas de rodagens e de ferro que por ventura passem por seu raio de ação. Nessas condições o combate a esta modalidade de erosão não se afigura de menor importância do que o combate à erosão do solo arável de cultura. Os remédios encontram-se em parte, e em cada caso, na própria análise do fenômeno. A primeira coisa a fazer será portanto determinar a fase de evolução em que a boçoroca se encontra. Quando já em estado estacionário, pouco ou nada há a fazer, visto que não apresenta neste estágio perigo maior do que aquele do momento e pouco ou nada se lucrará com os diversos meios de combate. Restringir-se-á neste caso o trabalho, eventualmente, em assegurar a necessária drenagem superficial a fim de evitar um reinício de erosão em um ou outro ponto.

Quando em seu estado inicial, poderá ser estacionado o seu desenvolvimento mediante uma drenagem adequada das águas da superfície. Haverá de qualquer forma conveniência de aterrar-se as



Fig. 10 — Aspecto da boca da galeria de erosão subterrâneas de uma bogoroca.

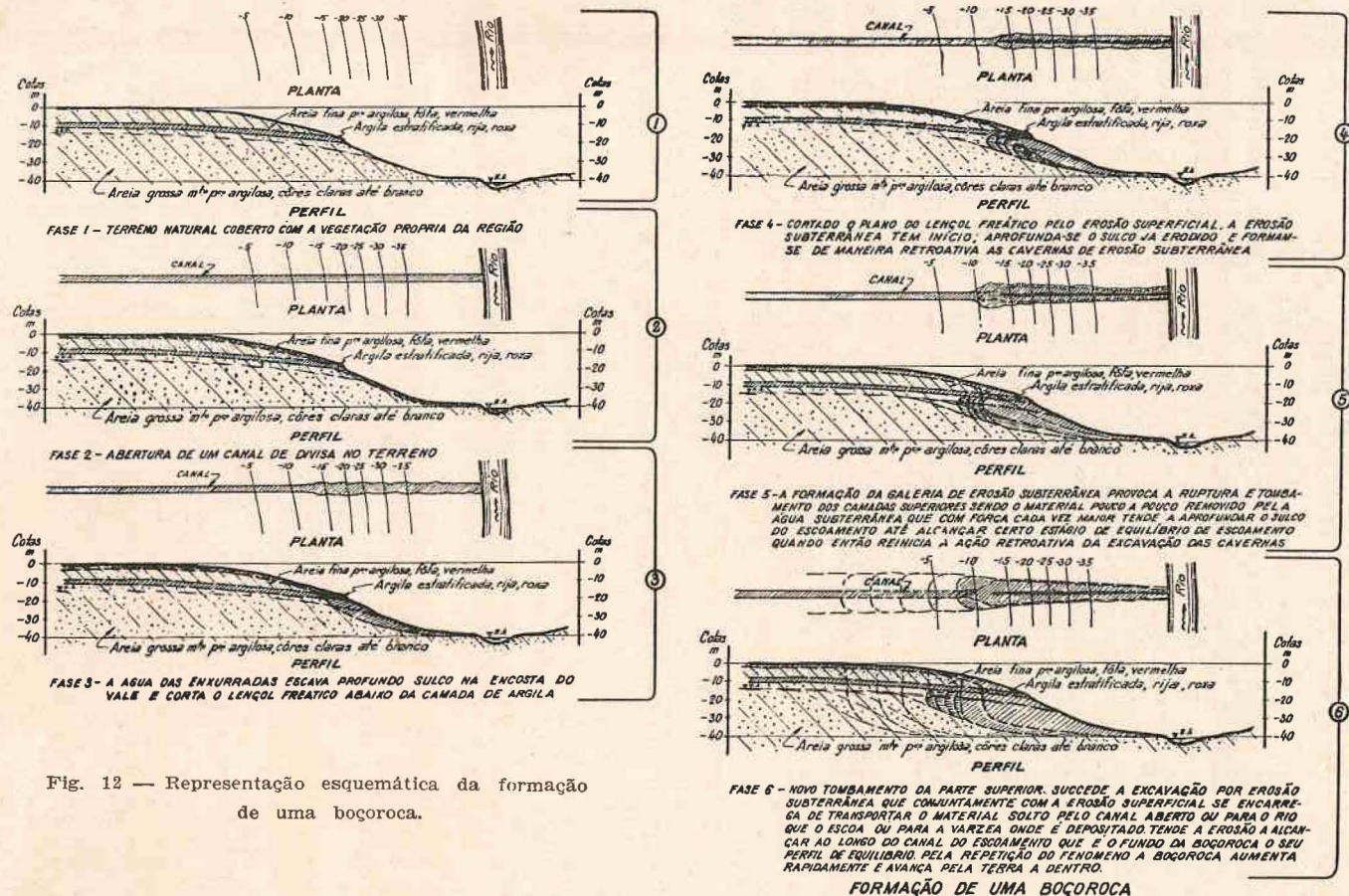


Fig. 11 — Aspecto da cabeceira de uma bogoroca com duas galerias de erosão subterrânea em formação.

valas de divisa e outras por ventura existentes, afim de evitar a formação de enxurradas com o consequente perigo de erosão. Além disso, haverá conveniência de construir-se um sistema de drenagem destinado a captar as veias subterrâneas, desde que existam, de modo a controlar o escoamento rápido da água pelas camadas de areia. Um dreno francês, de fácil execução e coberto com material do próprio barranco, resolverá, no caso, provavelmente, o problema. Nos dois casos considerados a solução do problema é relativamente simples, eficiente e pouco onerosa. Quando se trata todavia do caso intermediário correspondente a uma boçoroca em plena evolução a solução do problema já é mais difícil. A drenagem dos diversos filetes de água do subsolo é, nesta fase, já bastante cara, pelo que devem ser levados em consideração outros meios. Um consistiria em construir barreiras artificiais ao longo do vale de erosão por meio de muros de pedra ou então cortinas de estacas pranchas capazes de cortar o caminho do solo e água em movimento. Estes trabalhos poderão, e devem em certos casos, ser acompanhados por uma redução do ângulo do talude dos barrancos, podendo o material ser usado para encher os espaços entre as barreiras levantadas. Haverá naturalmente conveniência de cuidar-se em qualquer caso da drenagem superficial. Desta maneira reduzir-se-á grandemente, senão por completo, a ação da água subterrânea e a da superfície; a boçoroca extinguir-se-á. Um outro meio, levando em consideração particularmente a ação perniciosa da água do subsolo, seria a construção de um ou vários poços na cabeceira da boçoroca. Fazendo-se escoar, por meio de uma bomba, a água que afluê nesses poços esta poderia ser perfeitamente utilizada para fins de irrigação ou mesmo de abastecimento. Desta maneira o lençol freático poderá ser abaixado na zona interessada até o nível da base da erosão, e a água do subsolo cessará de ser prejudicial; pois não havendo mais erosão subterrânea, apenas a erosão superficial, no caso de menor importância, precisa ser combatida e a boçoroca extinguir-se-á por si. Deveriam estes poços atingir uma profundidade correspondente pelo menos ao nível da base de erosão o que corresponderá, considerando o nível do fundo da cabeceira da boçoroca, a aproximadamente 4 a 5 metros.

Haveria a considerar ainda, para o efeito do abaixamento do lençol freático o emprêgo do sistema de "Wellpoints" que, conquanto mais caro, seria de mais fácil instalação e permitiria um melhor contrôle do nível da água do subsolo em qualquer fase.

Quando se trata de uma boçoroca de erosão superficial com reduzida ação da água do subsolo, conseguir-se-á estacioná-la mediante o contrôle das águas que possam acumular-se na superfície. Em todos esses casos de estabilização de taludes e vales de erosão há ainda a considerar o emprêgo de plantas de raízes profundas tais como o bambú sendo a plantação desses fixadores de terreno particularmente indicada quando uma boçoroca se acha em sua fase inicial.



BIBLIOGRAFIA

- BENDEL, L. — *Ingenieur. Geologia*, Verlag Springer — 1944
- MEINZER, O. E. — *Production and Control of Ground Water* — Application of Geology to Engineering Practice — Geological Society of America, 1950.
- PICHLER, Ernesto — *Elementos básicos da Geologia Aplicada* — Separata do Bolet'm do D. E. R. (Bols. 46-52) — São Paulo — 1949
- SETZER, José — *O Estado atual dos Solos do Município de Campinas* — Revista Brasileira de Geografia, Março 1942.
- TERZAGHI, Karl — *Mechanics of Landalides* — Application of Geology to Engineering Practice — The Geological Society of America 1950.
- TERZAGHI, Karl — *Theoretical Soil Mechanics* — Wiley and Sons 1943.
- VARGAS, Milton — *Palestras sobre a aplicação da Geologia e Mecânica dos Solos à Construção de Estradas de Ferro*, promovidas pela Comissão de Obras Novas da Cia. Mogiana de Estradas de Ferro em 1949.

Novembro de 1952