

ISSN 0101-708X

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

G BOLETIM GOIANO. *de* Geografia

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - INSTITUTO DE QUÍMICA E GEOCIÊNCIAS

VOL. 14 - N.º 1 - JAN./DEZ 1994



EROSÕES URBANAS EM GOIÂNIA

*Maria Amélia L. S. Nascimento **

RESUMO

A cidade de Goiânia possui um relevo suave, recoberto por solos argilosos, configurando um sítio urbano favorável numa área de 801 km². No entanto, foram levantadas, no ano de 1993, 45 boçorocas somente nas áreas urbana e periurbana. Boçoroca é a expressão mais flagrante da erosão.

O volume de terra retirado dessas erosões chega a um total de 2.888.654 toneladas, o equivalente a 240.727 caminhões-caçamba com capacidade de 12 toneladas cada um. Toda essa terra, considerando apenas a que é proveniente dessas erosões em condições naturais, vai para o rio Meia Ponte, assoreando-o dia a dia e gerando problemas sérios para a população ribeirinha, como as enchentes.

No processo de urbanização crescente da cidade, utilizam-se práticas que vêm contribuindo fantasticamente para esse assoreamento e também para o próprio surgimento dessas boçorocas.

A ampliação de áreas construídas e pavimentadas promove a impermeabilização do solo urbano, aumentando assim o volume e velocidade das enxurradas. Essas são conduzidas, através de bueiros e das galerias pluviais, à periferia da cidade, onde são lançadas à meia-encosta, ao invés de serem conduzidas aos córregos através de dissipadores de energia.

A construção de galerias pluviais que lançam águas servidas à meia-encosta é um dos fatores geradores dessas erosões. O subdimensionamento dessas galerias é outro fator. Mas a falta dessa obra de engenharia também gera erosão. É o escoamento concentrado das águas da chuva ou da água servida que origina sulcos na superfície. Estes sulcos evoluem para ravinas, e estas, para boçorocas.

Os danos causados por essas erosões têm sérias conseqüências sócio-econômicas, que vão da perda de casas e de solos agricultáveis à perda de vidas. Cinco mortes ocorreram em Goiânia devido a essas erosões.

Além dos riscos de acidentes, geralmente as boçorocas se tornam áreas de despejo de lixo, às vezes até como tentativa desastrosa de contenção. O lixo e o lançamento de esgoto

* Professora do Departamento de Geografia/UFG

transformam as boçorocas em focos de doenças, tornando-as mais danosas ao meio ambiente.

As medidas mitigadoras que têm sido utilizadas e suas conseqüências são igualmente danosas.

O presente trabalho analisa essas situações e faz dois tipos de sugestões: medidas corretivas, voltadas ao controle das boçorocas urbanas, e medidas preventivas, visando impedir que os problemas erosivos se multipliquem atingindo dimensões incontroláveis.

UNITERMOS: Erosões urbanas

1. INTRODUÇÃO

A idéia desse trabalho surgiu em 1990, quando da realização dos trabalhos de campo para a elaboração da Carta de Risco de Goiânia.

Nesses trabalhos de campo notou-se que, apesar do sítio urbano favorável, do relevo suave, entrecortado por córregos, e dos solos argilosos – que, via de regra, não apresentam grande suscetibilidade à erosão –, Goiânia apresentava um número muito grande de boçorocas – notadamente nas periferias – que colocavam em risco a vida de grande número de pessoas.

Em maio de 1993, firmou-se o Termo Aditivo ao convênio entre a Universidade Federal de Goiás e o Departamento de Estradas de Rodagem do Município (DERMU), órgão da Prefeitura Municipal de Goiânia.

O trabalho em questão consta da análise do levantamento e do cadastramento das boçorocas. Tanto o levantamento quanto o cadastramento foram realizados pelos alunos do curso de Geografia, como trabalho prático das disciplinas Geomorfologia e Geografia de Goiás, no período de março a dezembro de 1993. A coordenação do trabalho e a análise dos dados foram feitas pela autora.

2. CONCEITO DE EROSÃO

Os solos que hoje cobrem a superfície terrestre são frutos de centenas de anos de erosões que rebaixaram o relevo em algum lugar e depositaram os sedimentos, dele oriundos, em outros. A ação do tempo sobre estes sedimentos originou os solos.

A erosão, portanto, existe em condições naturais. Há um equilíbrio entre a formação dos solos (pedogênese) e a erosão (morfogênese).

Esse equilíbrio, porém, dificilmente é mantido quando o homem, em sua promíscua convivência com a natureza, apropria-se do relevo e nele imprime suas marcas. Intensifica-se a erosão, danificam-se os solos, que dificilmente conseguem se recuperar, impedindo as atividades agrícolas. Práticas agrícolas inadequadas, uso de áreas impróprias nas cidades expõem os solos ao sol, às chuvas, à ação da erosão acelerada. Tem-se a erosão antrópica, tipo de erosão acelerada que em poucos anos pode tornar-se uma boçoroca.

O termo boçoroca origina-se do tupi-guarani e significa "terra rasgada" ou "rasgão no solo". Esta forma de relevo é conhecida popularmente com nomes muito variados, tais como: voçoroca, buracão, grotá, desbarrancado, cavão. Suas dimensões podem atingir dezenas de metros de profundidade e largura e centenas de metros de comprimento. Sua evolução se faz rapidamente, muitas vezes na escala de alguns dias, principalmente se existirem ramos ativos.

A boçoroca pode ser formada, seja através de uma passagem gradual da erosão laminar para a erosão em sulcos e ravinas cada vez mais profundas ou, então, diretamente, a partir de um ponto de elevada concentração de águas sem a devida dissipação de energia. A boçoroca corresponde a um estágio mais avançado e complexo de erosão, cujo poder destrutivo é superior ao das outras formas e, portanto, de mais difícil contenção. A presença do lençol freático, interceptado pela boçoroca, induz ao aparecimento de surgências d'água. Esse fluxo d'água, do fundo e das paredes da boçoroca, pode ter uma continuidade para o interior do terreno, carreando material em profundidade e formando vazios no interior do solo. Tal fenômeno é conhecido como *piping*. Quando os vazios criados no interior do solo tomam-se significativos, podem dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos e solapamentos da base das paredes da boçoroca, que provocam desmoronamentos ou escorregamentos de solos (Salomão et alii, 1990).

3. OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivos:

. Proporcionar aos alunos dos segundo e terceiro anos do curso de Geografia da Universidade Federal de Goiás, cursando as disciplinas

Geomorfologia e Geografia de Goiás, o tão necessário vínculo entre comunidade e universidade, envolvendo a administração pública municipal;

. Realizar o levantamento e elaborar o cadastramento das erosões existentes na área urbanizada juntamente com os alunos e, de posse desses dados, fazer uma análise de sua distribuição espacial e geoambiental;

. Observar e interpretar a atuação dos processos erosivos responsáveis pela esculturação das formas de relevo;

. Propor soluções eficazes e de baixo custo para a contenção das boçorocas;

. Inserir o profissional da Geografia no mercado de trabalho e mostrar sua importância no contexto sócio-econômico-ambiental de uma cidade;

. Fornecer à administração municipal documentos que mostram a distribuição espacial das erosões e o modo de combatê-las, aguardando que as providências necessárias sejam tomadas urgentemente no sentido de conter e/ou minimizar a ação da erosão nessas áreas;

Tais objetivos contemplam, a nosso ver, a integração universidade – comunidade – administração pública, tão necessária na busca de soluções que afetam a maior parte da população.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi, em parte, baseada no trabalho de Salomão et alii (1990) que constou dos seguintes passos:

. Levantamento da bibliografia existente sobre o assunto no município de Goiânia;

. Elaboração e preenchimento de uma ficha de cadastro de cada boçoroca, contendo as seguintes informações: identificação e localização, acesso, bacia hidrográfica, forma de relevo, geologia, pedologia, dados geométricos (comprimento, profundidade, largura, volume), uso e ocupação da área, histórico da ocorrência, causas, dinâmica, medidas de combate, previsões de evolução e croqui da boçoroca, com uma legenda referente a todos os fatos nela observados;

. Obtenção de dados de caracterização geoambiental (geologia, geomorfologia, solos, declividade), através de mapas temáticos que foram elaborados para a Carta de Risco de Goiânia;

. Trabalhos de campo durante o período de março a outubro de 1993, com o objetivo de preencher a ficha de cadastro. Cada grupo de dois alunos elegeu uma boçoroca e a coordenadora esteve presente em todas elas, numa frequência de duas vezes por semana, para orientar o preenchimento da ficha;

. Entrevistas com moradores e/ou proprietários de lotes e edificações, procurando saber a origem da erosão e as sugestões de medidas de combate, já que são esses moradores que convivem com o problema e têm, quase sempre, condições de opinar a respeito;

. Documentário fotográfico das boçorocas, mostrando a vista geral do local onde elas se instalam e detalhes de sua origem e evolução;

. Relatório final, baseado nos dados dos cadastros, fornecendo uma visão geral do problema na parte urbanizada do município;

. Divulgação dos trabalhos na universidade, no seio da comunidade interessada e nos órgãos da administração pública que possam minimizar e/ou solucionar esse tipo de problema.

5. BREVE HISTÓRICO SOBRE O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DE GOIÂNIA

Fundada em 1933, a cidade de Goiânia foi projetada para 50 mil habitantes. Três décadas após sua fundação, já abrigava o triplo dessa população.

Em 1970, contava com 363 mil habitantes, mais de sete vezes a população prevista para o núcleo inicial.

O PDIG (Plano de Desenvolvimento Integrado de Goiânia), elaborado em 1971 e a criação do Instituto de Planejamento Municipal (IPLAN), malgrado seu esforço, não foram suficientes para impedir o parcelamento clandestino em áreas inadequadas, o surgimento de vazios urbanos que encarecem sobremaneira o custo da infra-estrutura e do transporte, a ocupação dos fundos de vales, a destruição sistemática da cobertura vegetal, a poluição das bacias hídricas, a concentração excessiva das edificações nas áreas centrais e a ocupação inconveniente de terrenos geotecnicaamente problemáticos.

Goiânia entra nos anos 80 com mais de 700 mil habitantes, com um déficit de 52.600 unidades residenciais (INDUR), o que correspondia a cerca de 250 mil pessoas desabrigadas ou mal-abrigadas.

Chega-se à década de 90 com uma população de 920.840 habitantes (IBGE, censo de 1991). Os problemas de ocupação do solo advindos de uma política de injustiça social se sucedem e se agravam. As erosões, já com características de boçorocas, chegam ao número de 45 e aparecem notadamente na periferia, para onde é feita a transferência dos problemas de escoamento do centro.

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1. Características Geotécnicas

6.1.1. *Litologia*

A análise da Tabela 1 permite constatar que 57,7% das boçorocas analisadas ocorrem em rochas do Grupo Araxá (micaxistos, quartzitos).

Observou-se em trabalhos de campo que, onde a erosão atinge essas rochas, a forma do canal do fundo da boçoroca apresenta sinuosidades, denotando a direção da xistosidade. Tal fato leva a crer que a xistosidade das rochas do Grupo Araxá facilita e orienta a direção da boçoroca.

Outro fato observado em trabalhos de campo é que as dimensões (comprimento, largura e profundidade) das boçorocas, que se desenvolvem nas rochas do Grupo Araxá, são maiores do que as que se desenvolvem em rochas do Complexo Basal Goiano, o que de certa forma comprova o favorecimento da xistosidade à erosão.

Tabela 1 - Litologia

	QUANT. BOÇOROCAS	%
GRUPO ARAXÁ	26	57,7
COMPLEXO BASAL GOIANO	19	42,3
TOTAL	45	100,0

6.1.2. Solos

Existe, em Goiânia, um predomínio generalizado de latossolos, que se diferenciam entre eles pelo teor em óxido de ferro e alumínio. São eles: o Latossolo Roxo, o Latossolo Vermelho-Escuro, o Latossolo Vermelho-Amarelo. Em áreas mais restritas aparece o Cambissolo .

O Latossolo Vermelho-Escuro (textura argilosa) é o que predomina em 44,4% das boçorocas. Entretanto, como esse tipo de solo predomina no município, atribui-se o fato à maior probabilidade natural de isso acontecer.

Salomão et alii (1990), em pesquisa na Bacia do Peixe-Paranapanema, mostraram que as boçorocas dependem, exceto o fator água, em primeiro lugar do tipo de solo. Entre as características de solos observadas, constataram que a textura arenosa e média é a que mais facilita a erosão. Em Goiânia, a maior parte dos solos possui textura argilosa, o que a princípio dificultaria seu aparecimento.

Porém, a existência de apreciáveis quantidades de gibbsita e de hematita nos Latossolos favorece a estrutura granular que facilita a erosão por causa da pouca coerência entre os grânulos.

6.1.3. Lençol freático

A Tabela 3 mostra que em 71,1% das boçorocas aflora o lençol freático, o que torna a situação muito preocupante.

Tabela 2 - Solos

	QUANT. BOÇOROCAS	%
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO	20	44,4
LATOSSOLO ROXO	16	35,5
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	5	11,1
CAMBISSOLO	1	2,3
COMBINAÇÃO DE 2 OU MAIS SOLOS	3	6,7
TOTAL	45	100,0

Sabe-se que a erosão é mais rápida e mais intensa nos solos do que na rocha. Ao atingir a rocha, há o afloramento do lençol freático. O aprofundamento da boçoroca tende a se estabilizar, ou seja, a erosão passa a ser mais lenta no sentido vertical devido à maior resistência oferecida pela rocha. Entretanto, a erosão lateral se intensifica porque a água do lençol freático, escoando no fundo da boçoroca, vai solapando os taludes e promovendo seu desmoronamento. Esse processo é rápido e acelera a evolução lateral das boçorocas, aumentando o seu grau de risco e comprometendo, assim; a ocupação do solo em suas adjacências.

Tabela 3 - Lençol freático

	QUANT. BOÇOROCAS	%
AFLORA O LENÇOL FREÁTICO	32	71,1
NÃO AFLORA O LENÇOL FREÁTICO	13	28,8

6.2. Danos Sócio-Econômicos

Torna-se possível identificar também os tipos de danos que as boçorocas causam ao meio ambiente em que se insere o homem. Residências, vias públicas, estradas, obras ou patrimônio público são frequentemente atingidos pela evolução rápida das boçorocas.

6.2.1. Residências

Não era objetivo do trabalho levantar o número de habitações que se situam nas imediações das boçorocas. Em alguns casos, apenas uma casa encontra-se em risco. Em outros, são verdadeiros aglomerados, como é o caso da boçoroca do Sctor Perim/Progresso. Na Tabela 4, considerou-se apenas a existência ou não de residências.

A situação com relação às residências é preocupante, porque a dinâmica da evolução da boçoroca é intensa. Ela evolui a montante e lateralmente e o efeito *piping* pode causar abatimentos no terreno, de forma

a promover trincas, rachaduras e mesmo recalque nas casas. Isso quando o desbarrancamento do talude não destrói a casa.

Nesses casos, as providências para contenção das boçorocas devem ser urgentes.

Tabela 4 - Residências

	QUANT. BOÇOROCAS	%
COMPROMETEM RESIDÊNCIAS	28	62,2
NÃO COMPROMETEM RESIDÊNCIAS	17	37,7
TOTAL	45	100,0

6.2.2. Vias públicas

As vias públicas (ruas e avenidas, pavimentadas ou não) também são muito afetadas pelas boçorocas, conforme se observa na Tabela 5.

Muitas vezes, as vias públicas constituem os limites dos bairros e vilas. Como tal, chegam muito próximas aos fundos de vales, onde as declividades se acentuam sobremaneira. Em grande parte desses bairros e vilas não existe canalização. A água escoar segundo a gravidade. Seu caminho é o fundo de vale. O escoamento concentrado freqüentemente ocasiona sulcos, que evoluem para ravinas e, em seguida, para boçorocas.

Onde existe pavimentação asfáltica, é mais comum existir canalização, embora isso não seja regra geral. Aí acontece o problema já analisado, que é o lançamento de águas pluviais à meia-encosta através das galerias, um dos maiores fatores causadores de erosão.

Tabela 5 - Vias públicas

	QUANT. BOÇOROCAS	%
COMPROMETE VIAS PÚBLICAS	36	80
NÃO COMPROMETE VIAS PÚBLICAS	09	20
TOTAL	45	100,0

6.2.3. Obras ou patrimônio público

A quase totalidade das boçorocas em Goiânia compromete obras ou patrimônio público, tais como: as galerias pluviais, os solos agricultáveis, as rodovias (BR-153 e GO-020), hospitais, pontes, áreas de preservação ambiental, entre outras.

O hospital do Parque das Amendoeiras, a pista do Autódromo Internacional de Goiânia, as edificações do Batalhão da Polícia Florestal, o Jardim Botânico, o Parque Zoológico e o estacionamento do Estádio Serra Dourada são obras que, a curto ou médio prazo, poderão ser danificadas pelos processos erosivos.

Tabela 6 - Obras ou patrimônio público

	QUANT. BOÇOROCAS	%
COMPROMETE OBRAS OU PATRIMÔNIO PÚBLICO	44	97,7
NÃO COMPROMETE OBRAS OU PATRIMÔNIO PÚBLICO	1	2,3
TOTAL	45	100,0

7. MEDIDAS DE COMBATE À EROSÃO URBANA

7.1. Medidas de Combate Utilizadas

Em Goiânia, como em várias outras cidades do País, existe uma prática, que já se tornou um hábito, que é o de se aterramentos as boçorocas.

O desperdício que existe na construção civil gera entulhos em grande quantidade. Não existe, na cidade, um processo de reciclagem ou reaproveitamento desse material tão fartamente descartado. A solução encontrada até então tem sido a de resolver o problema "matando-se dois coelhos com uma cajadada só", isto é, desfaz-se do entulho, aterrando-se as erosões.

Normalmente os entulhos são jogados dentro das erosões, misturados ao lixo doméstico (plásticos, vidros, latas, lixo orgânico) e ao lixo

retirado das ruas, comportando restos de podas de árvores, troncos, madeiras.

A Tabela 7 mostra que essa prática atinge 37 das 45 boçorocas levantadas.

Tabela 7 - Presença de aterros

	QUANT. BOÇOROCAS	%
PRESENÇA DE ATERRO	37	82,2
AUSÊNCIA DE ATERRO	8	17,7
TOTAL	45	100,0

Esse hábito vem trazendo sérias conseqüências para o meio ambiente e para a saúde das pessoas. O local preferido para o despejo desse material é a cabeceira da boçoroca, justamente onde os processos erosivos são mais acelerados e freqüentemente danificam vias públicas.

Esse material que é depositado na cabeceira da boçoroca é rapidamente, com as primeiras chuvas, conduzido a jusante, gerando em seu percurso grande atrito com o fundo da boçoroca, intensificando o processo erosivo.

Mas a agravante maior é o intenso assoreamento que ele promove. Em condições naturais existe o assoreamento, porém lento e perceptível em escalas de tempo bem maiores do que a observada. Nas condições antrópicas chega a ser assustador.

Estima-se que as boçorocas em Goiânia tenham se iniciado entre 10 e 15 anos atrás, quando se acelerou o processo de urbanização e favelização. No decorrer deste trabalho, houve condições de se estimar o volume de terra retirado pelas águas superficiais ou subsuperficiais de cada boçoroca. A soma do volume das 45 boçorocas levou a um total de 2.888.654 toneladas de terra perdidas por erosão em condições naturais, sem se considerarem os sucessivos aterros que são feitos quase que anualmente. Um caminhão-caçamba carrega em média 12 toneladas de terra. É o mesmo que imaginar que 240.727 caminhões jogaram entulhos

no sistema de drenagem da cidade, ou seja, o rio Meia Ponte recebe todo esse aporte de material, o que representa um grande impacto em seu leito.

Analisando-se as sub-bacias do rio Meia Ponte, verifica-se que também elas são bastante prejudicadas por essa prática nociva:

Tabela 8 - Assorçamento das bacias hidrográficas

BACIAS HIDROGRÁFICAS	VOLUME DE TERRA (toneladas)
CÓRREGO ANICUNS	271.840
CÓRREGO BOTAFOGO	151.460
CÓRREGO CAVEIRINHA	143.518
CÓRREGO CASCAVEL	6.254
RIO MEIA PONTE (DIRETAMENTE NELE)	2.315.582
TOTAL	2.888.654

7.2. Medidas de combate sugeridas

As medidas de combate são sugeridas para cada boçoroca, podendo ser corretivas, para as já existentes, e preventivas, para se evitar o seu aparecimento.

7.2.1. Medidas corretivas

Conhecendo-se as características específicas da boçoroca, especialmente aquelas relacionadas com a dinâmica com os processos erosivos e aos dados de vazão no interior da boçoroca, há condições de se sugerirem algumas medidas de combate para solucionar ou minimizar o problema.

Esclarecemos que os dados de vazão, importantíssimos para a elaboração do projeto executivo, não foram levantados. Isto deve-se ao fato de que o projeto em questão teve a duração de dez meses, a partir do início dos trabalhos. A maior parte dos trabalhos de campo foi feita durante o período seco, quando não havia condições de se medirem as vazões máximas que ocorrem aproximadamente de novembro a fevereiro.

Quanto às medidas de combate, as que serão aqui sugeridas têm por base a opinião de moradores, o conhecimento da equipe a respeito dos processos erosivos e a pesquisa bibliográfica atualizada.

Especialistas em Geociências de várias áreas do conhecimento têm se preocupado com esse problema e pesquisado intensamente nessa área.

As medidas de combate corretivas, aqui sugeridas, têm por base os trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (Salomão et alii, 1990 e Fendrich, 1984).

O objetivo dessas medidas é garantir a eliminação das causas ativas do desenvolvimento dos processos erosivos, lembrando que, apesar de existirem boçorocas cujos processos e mecanismos erosivos são comuns, todo projeto deve considerar as especificidades próprias da boçoroca, o que dificulta a generalização de soluções-padrão para um determinado conjunto de boçorocas.

Para Salomão et alii (1990), na elaboração do projeto, devem-se necessariamente abranger alternativas de obras que contemplem as seguintes questões:

- . disciplinamento das águas superficiais;
- . disciplinamento das águas subsuperficiais;
- . estabilização dos taludes das boçorocas.

Com base nas questões sugeridas acima, são fornecidas as orientações quanto ao disciplinamento das águas superficiais, das águas subsuperficiais e quanto à estabilização dos taludes das boçorocas.

7.2.1.1. *Disciplinamento das águas superficiais*

As águas superficiais provenientes de chuva e esgoto devem ser captadas e conduzidas desde a cabeceira da boçoroca até o córrego mais próximo, onde a sua energia possa ser dissipada.

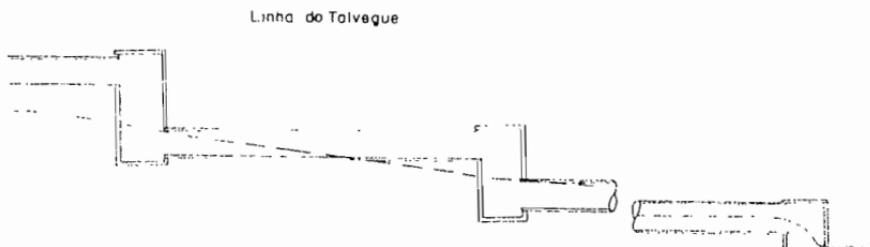
As estruturas utilizadas para o disciplinamento das águas superficiais são da seguinte natureza:

- Estrutura de captação e condução das águas superficiais

Consistem de canais ou tubulações dimensionadas a partir do cálculo de vazão de águas pluviais aduzidas para o interior da boçoroca, constituindo a rede de galerias e emissários.

Os emissários dão seqüência à condução das águas pluviais e servidas captadas pela rede de galerias, conduzindo-as até um local adequado para a descarga das águas, onde a sua energia possa ser dissipada (Figura 1).

Fig. 1 - Controle das águas dentro de uma boçoroca

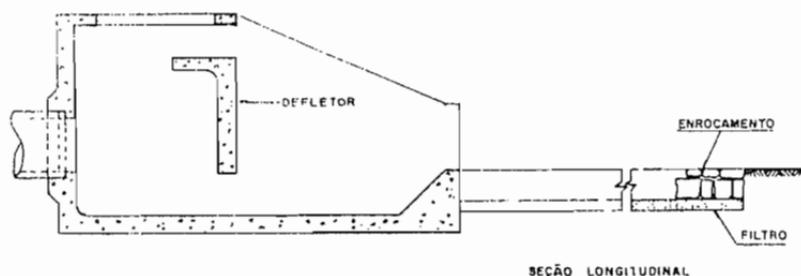


Fonte: Salomão et alii (1990)

• Estruturas de controle e dissipação da energia das águas

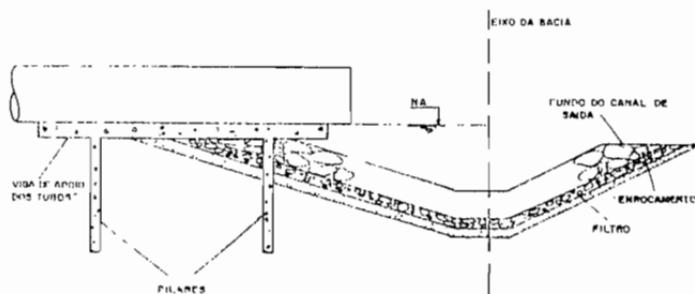
São obras construídas nas extremidades dos emissários ou obras executadas através da estabilização de vários receptores, cuja principal função é diminuir a energia do escoamento das águas nos pontos de descarga. Em alguns casos, antes dessas obras terminais, a energia do escoamento pode ser, em certa parte, dissipada ao longo das obras de condução, quando estas são do tipo canal, através de septos transversais, convenientemente dispostos (chicanas). Quanto às obras terminais, destacam-se os seguintes tipos de obras:

Fig. 2 - Dissipadores de energia - tipo macia de impacto



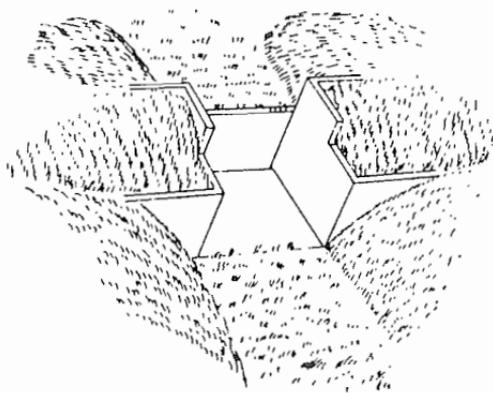
Fonte: Salomão et alii (1990)

Fig. 3 - Dissipadores de energia - tipo mergulho



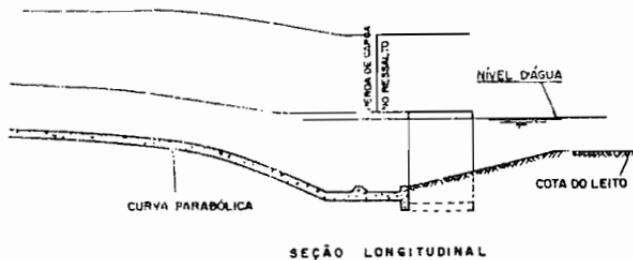
Fonte: Salomão et alii (1990)

Fig. 4 - Vertedor de queda



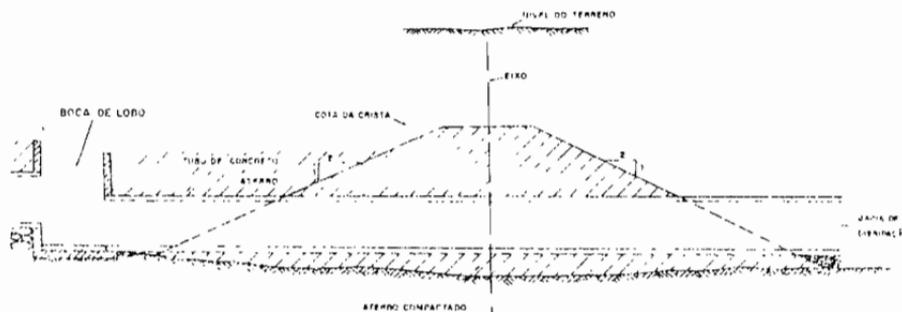
Fonte: Salomão et alii (1990)

Fig. 5 - Dissipador de energia acoplado a vertedor



Fonte: Salomão et alii (1990)

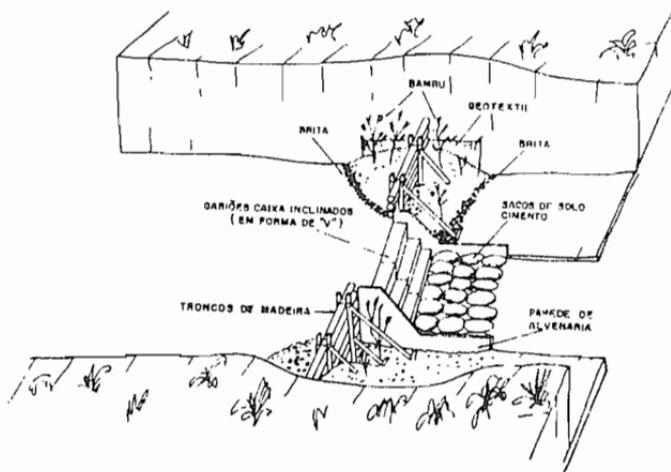
Fig. 6 - Pequeno barramento projetado em uma boçoroca com vertedor tipo cachimbo ou tulipa



Fonte: Salomão et alii (1990)

• Obras auxiliares de proteção

Fig. 7 - Obras auxiliares de proteção - barragem mista e madeira e gabiões



Fonte: Salomão et alii (1990)

7.2.1.2. *Disciplinamento das águas subterrâneas*

Tratar as águas subsuperficiais, provenientes do lençol freático ou do lençol suspenso, é um dos maiores desafios existentes na execução de obras em boçorocas, estando pouco desenvolvidas as técnicas totalmente eficazes.

A ação das águas subterrâneas é apontada como uma das causas do desenvolvimento lateral das boçorocas. Quando a boçoroca atinge o lençol freático, os mecanismos de erosão são intensificados, em função do surgimento de um gradiente piezométrico que, ao emergir no pé do talude, apresenta suficiente força para deslocar partículas sólidas, podendo estabelecer o processo de erosão tubular regressiva (entubamento ou *piping*). Ocorre também a liquefação do material arenoso pela lenta percolação d'água junto à parede da boçoroca, ocorrendo uma diminuição da coesão do solo e conseqüente solapamento do talude.

O tratamento convencional é feito com a aplicação de drenos enterrados, visando à drenagem das águas subsuperficiais, de maneira a impedir o arraste do solo pelo *piping*. As Figuras 8, 9 e 10 apresentam os drenos mais comumente utilizados em boçorocas.

7.2.1.3. *Estabilização dos taludes da boçoroca*

Os procedimentos anteriormente comentados, visando ao disciplinamento das águas superficiais e subsuperficiais, têm como resultado principal a própria estabilização da boçoroca. Esses procedimentos devem ser complementados com obras visando especificamente à proteção dos taludes da boçoroca e das obras de represamento contra a erosão promovida pelas águas de chuva e contra possíveis escorregamentos e desmoronamentos. Essas obras são normalmente implementadas através de serviços de terraplenagem (conformação das bordas, cortes com bermas) e de cobertura vegetal.

A cobertura vegetal deve ser aplicada em todas as obras de terra, nos taludes da boçoroca e em toda sua área lateral. Deve-se procurar selecionar espécies de vegetais mais adaptadas às condições locais e que tenham crescimento rápido (grama-estrela ou mato grosso, capim-gordura, eucaliptos, bambu e outros).

Fig. 8 - Dreno com material sintético geotêxtil - trata-se do revestimento de uma vala com manta geotêxtil de preenchimento com material filtrante de enchimento – após envolvimento total do material filtrante com a manta de geotêxtil procede-se ao fechamento da vala com material impermeável como selo.

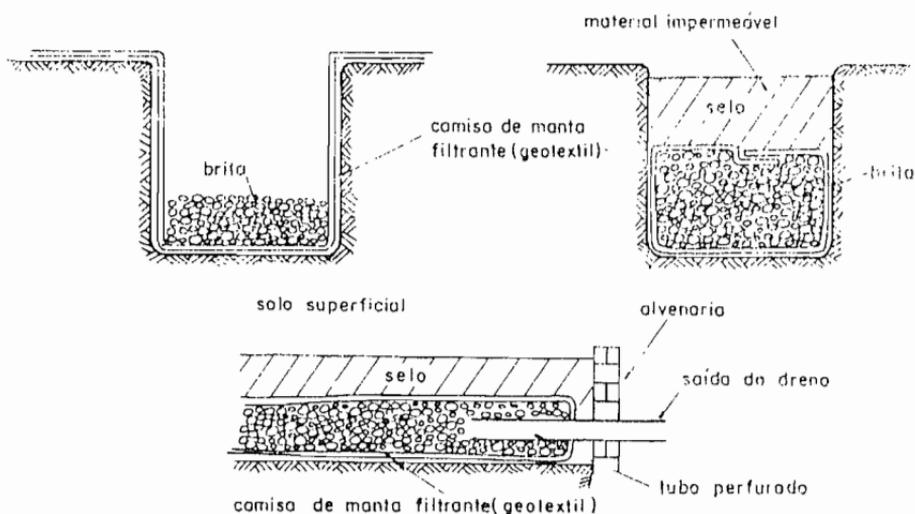
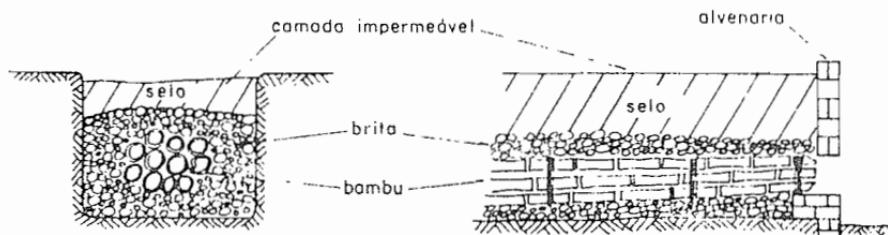
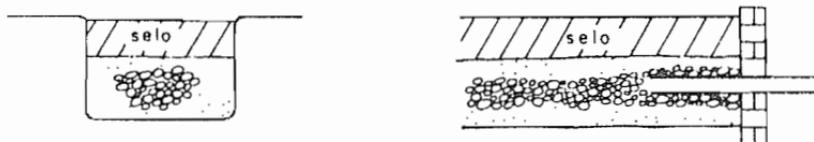


Fig. 9 - Dreno de bambu - é executado com bambus amarrados em feixes, assentados em vala e envolvidos com brita ou geotêxtil. O fechamento da vala é feito com material impermeável.



Fonte: Salomão et alii (1990)

Fig. 10 - Dreno cego - é composto de uma valeta revestida com material filtrante e de um seguimento de tubo perfurado, colocado na saída do dreno. Sobre o material filtrante instala-se material impermeável, normalmente constituído por argila ou plástico.



Fonte: Salomão et alii (1990)

7.2.1.4. Implantação e conservação das obras

Na implantação das obras é que as diretrizes de projetos devem ganhar seu maior detalhe, adaptando-se a obra projetada às condições locais no momento da construção. A implantação pode mostrar a necessidade de pequenos ajustes, adaptações e complementações que se tornam

evidentes com as operações de construção. Tais possibilidades, longe de serem um imprevisto, devem ser avaliadas antes da implantação das obras, realizando-se as investigações de campo necessárias. No planejamento da implantação de obras deve-se ter o cuidado de prever o início e o término dos trabalhos para a época do ano em que não ocorrem chuvas intensas. Em Goiânia, este período corresponde aos meses de abril a outubro, aproximadamente.

Desta forma evita-se que precipitações pluviométricas de grande intensidade venham atingir as obras parcialmente implantadas, o que poderia levar à sua total destruição e à necessidade de uma revisão completa do projeto.

A conservação das obras, isoladamente e em seu conjunto, pede inspeções técnicas periódicas e, por vezes, monitoramento específico, como através de piezômetros, para avaliar a eficiência de drenos e filtros. Como os colapsos de estrutura, em sua maioria, têm origem em causas que se somam e multiplicam seus efeitos destruidores, as manifestações iniciais de quaisquer destas causas permitem intervenções corretivas que previnem desdobramentos.

Assim, desde a evidente necessidade de limpeza e desobstrução de tubos e canais, remoção ou conformação de massas de solo escorregadas, reconstrução parcial de partes destruídas, o surgimento de trincas em canais revestidos e tubulações pedem reparos, desde o rejuntamento de vazios na fundação. Solapamentos na base de escadas, tubos dissipadores podem necessitar da pronta instalação de filtros e drenos que impeçam a erosão interna.

A natureza das obras de conservação inclui operações simples, possíveis de serem executadas por técnicos e mão-de-obra locais e, portanto, de custo reduzido e cuja adoção como prática rotineira prolongará a vida útil das obras e consolidará a participação e o zelo da população local.

7.2.1.5. *Medidas alternativas de combate à erosão*

Medidas de combate alternativas também são sugeridas, notadamente para aquelas do tipo rural, ou mesmo rural/urbana. O plantio de bambu

a jusante, em vários locais dentro da boçoroca, pode ajudar a estabilizar, pelo menos parcialmente, a erosão. Seu crescimento rápido (da ordem de centímetros por dia) promove um represamento de sedimentos, de entulhos e demais materiais que descem a jusante.

Barragens de madeira, paliçada (tapume feito com estacas fincadas na terra) também são alternativas que podem ser feitas pelos próprios moradores, com pequeno auxílio e orientações da Prefeitura.

É comum ouvir reivindicações de aterros por parte dos moradores. Contudo, após alguma explicação, eles se convencem quão errônea é essa prática, pois estão acostumados a ver que quase todos os anos há necessidade de o aterro ser refeito, já que "a água leva tudo".

O aterro, quando indispensável, deve ser sempre precedido de barragens, de plantio de bambus (após seu crescimento), de paliçada, ou de outra obra que evite o carreamento do aterro para jusante, para evitar o perigoso assoreamento, de danos irreversíveis à natureza.

A coleta de lixo sistemática e a orientação aos moradores para que não depositem lixo nas boçorocas são medidas fundamentais.

7.2.2. Medidas preventivas

O planejamento urbano constitui o elemento-chave na prevenção da erosão. O problema da erosão urbana está estreitamente ligado ao rápido crescimento da população e à urbanização espontânea e, portanto, seu controle e prevenção em grande parte dependem do devido planejamento do desenvolvimento urbano.

A prevenção da erosão requer certas limitações e restrições no uso do solo urbano, fator este que pode envolver assuntos de caráter político, jurídico e técnico.

A participação do profissional em Geociências é imprescindível para subsidiar o desenvolvimento planejado da cidade, tanto na incorporação de novas áreas, quanto nas áreas de adensamento populacional.

Goiânia já dispõe de uma Carta de Risco, onde são indicadas áreas de ocupação problemática e áreas que podem ser perfeitamente ocupadas, se forem observadas regras mínimas de respeito ao ambiente. Fundos de vales, planícies fluviais, áreas de preservação ambiental e áreas de

declividades fortes são praticamente as únicas restrições que existem no sítio urbano de Goiânia. O sítio urbano é, regra geral, favorável à expansão, mas ela deve ser planejada por especialistas que conheçam os problemas e que possuam a exata clareza do que seja cidadania.

8. CONCLUSÕES

Os objetivos propostos foram atingidos satisfatoriamente no que diz respeito ao levantamento dos problemas. A análise feita com base nesses dados mostra o que se segue.

O crescimento desorganizado da cidade, notadamente de dez anos para cá, favoreceu o aparecimento das boçorocas. Os problemas do centro, como o lançamento de esgoto e águas servidas, foram transferidos para a periferia.

O lançamento das águas servidas através de galerias pluviais à meia-encosta e o subdimensionamento dessas obras foram os responsáveis diretos pelo seu surgimento.

A tentativa de contenção desastrosa através de aterros deve ser evitada a todo custo. A rede de drenagem tem necessitado freqüentemente de desassoreamento e esse método não elimina as causas. Práticas malsucedidas devem nortear as mudanças para preservar a natureza e a qualidade de vida.

Os danos causados pela evolução das boçorocas são muitos: patrimônio público, áreas de preservação como fundos de vales e matas nativas, vias públicas, residências, riscos de acidentes fatais, mortes.

O gasto de dinheiro público torna-se inútil. A má qualidade das obras e a falta de monitoramento afetam diretamente a vida dos cidadãos.

O desperdício verificado na construção civil está diretamente ligado ao problema do assoreamento.

Resta à Prefeitura a iniciativa na tomada de providências, que sabemos, são inúmeras e complexas. Compete a nós, cidadãos, a cobrança das soluções, o acompanhamento das iniciativas e o envolvimento com a cidade em que vivemos.

Como diz Mário Quintana, "nós somos os promíscuos habitantes da cidade. A cidade é que é a nossa verdadeira natureza. Com incômodos, sim, mas muito mais variados que os da natureza propriamente dita".

RÉSUMÉ

Située dans une aire de 801 km² la ville de Goiânia est un site urbain favorable puisqu'il est formé par des sols argileux et par un relief doux. Cependant, tout au long de l'année 1993 ont été repérées 45 "boçorocas" dans son aire urbaine et périurbaine (la "boçoroca" est l'exemple le plus évident de l'érosion).

Le volume de terre touché par ces érosions arrive à 2.888.654 tonnes. Toute cette terre a le fleuve Meia Ponte comme destination; elle l'ensable constamment et provoque l'augmentation des montants.

Le principal responsable par ces "boçorocas" est le processus d'urbanisation accéléré de la ville de Goiânia car l'augmentation des aires pavées occasionne volume et la vélocité des torrents d'eaux pluviales. Donc, c'est l'écoulement concentré des eaux pluviales, ainsi que de l'eau servi, que sillonnent la surface. Ces sillons évoluent a ravin et ceux-ci deviennent les "boçorocas".

Les conséquences socio-économiques de ces érosions sont très sérieuses. En effet, en plus des grandes préjudices matériels il y a à Goiânia, en 1993, cinq morts à cause des érosions.

Quoique des mesures correctives sont souvent tentées, leur caractère palliatif leur rend également nocives.

En effet, en plus des risques d'accidents, les "boçorocas" sont une grave attente à l'environnement et deviennent foyer de maladies à cause, surtout, de l'égout accumulé.

Ce travail, donc, essaye d'analyser ces situations en faisant deux types de suggestion: la première verse sur les mesures correctives tournées vers le contrôle des "boçorocas" urbaines; la deuxième verse sur les mesures préventives qui visent empêcher l'installation et la multiplication des problèmes érosifs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.J.C.P.; ZADRA, A.E. Combate à erosão urbana no Estado de São Paulo: uma solução definitiva. In: Simpósio Sobre o Controle de Erosão, 1, São Paulo: ABGE, 1981. p.101-114.

CASSETI, V. *Ambiente e apropriação do relevo*. Goiânia: Cegraf, São Paulo: Contexto, 1991.

NASCIMENTO, Maria Amélia L. S. Erosões Urbanas em Goiânia. Boletim Goiano de Geografia. 14(1):77-101, jan./dez. 1994.

FENDRICH, R. et alii. *Drenagem e controle de erosão urbana*. Curitiba: Universidade Católica do Paraná/Instituto de Saneamento Ambiental, 1984.

MENEGUETTI, M. P. M. Z. Uma abordagem sobre o ensino de erosão nas Escolas de Engenharia Civil. In: Simpósio Nacional de Erosão, 3. Maringá: ABGE, 1985. p.191-194.

MITTELSTAEDT, C. et alii . Experiência da SUCEPAR na prevenção de erosão urbana. In: Simpósio Nacional de Erosão,3. Maringá: ABGE, p.195-201.

OLIVEIRA, A.M. DOS S. et alii. A caracterização de boçorocas urbanas: uma proposta de cadastro. In: Simpósio Latino-Americano de Risco Geológico Urbano, 1. São Paulo: ABGE, 1990. p.126-139.

PONÇANO, L.; PRANDINI, F. L. Boçorocas no Estado de São Paulo: uma revisão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4. Marília: ABGE, 1987. p. 149-177.

SALOMÃO, F. X. de T. et alii. *Controle de erosão* . São Paulo, 1990. 2. ed.

SANTOS, W. D. Erosão urbana no noroeste do Paraná. In: Simpósio Sobre o Controle de Erosão, 2. São Paulo: ABGE, p.51-74.

