

VOÇOROCA EM BORDA DE RELEVO TABULAR RESIDUAL SOBRE COBERTURA LATOSSÓLICA, QUIRINÓPOLIS (GO)

GULLY IN BORDER OF RESIDUAL TABULAR RELIEF ON LATOSOLIC COVERAGE, QUIRINÓPOLIS (GO)

BARRANCO EN BORDE DE RELIEVE TABULAR RESIDUAL SOBRE COBERTURA LATOSOLICA, QUIRINÓPOLIS (GO)

Alik Timóteo Sousa - Universidade Estadual de Goiás - Morrinhos - Goiás - Brasil
aliktimoteo@gmail.com

Vladia Correchel – Universidade Federal de Goiás - Goiânia - Goiás - Brasil
vliadacorrechel@hotmail.com

Resumo

A Serra da Confusão do Rio Preto, situada no centro-norte de Quirinópolis (GO), apresenta morros tabulares residuais com altitudes em torno de 880 metros. Nas partes mais elevadas da serra, ocorrem cicatrizes erosivas de porte considerável, como ravinas e voçorocas. Assim, o objetivo da pesquisa foi identificar a origem, os fatores controladores e a dinâmica dos processos responsáveis pela formação e evolução de uma voçoroca em área de pastagem nessa serra. Primeiro, foi realizado o cadastro da feição erosiva e a seleção de 17 perfis ao longo dos taludes da voçoroca para descrever, em topossequência, os horizontes seccionados pela erosão. Com os dados obtidos, pode-se afirmar que a voçoroca está se desenvolvendo sobre uma antiga cicatriz erosiva condicionada, sobretudo, por 1) fluxos superficiais concentrados em trilhas de gado no entorno da incisão; 2) fluxos superficiais concentrados nos canais de terraços em nível que transbordam e atingem as bordas da feição erosiva; e 3) exfiltração da água subsuperficial no contato dos horizontes Bw e Bc com o horizonte C subjacente nos taludes fortemente inclinados. Diante da previsão de rápida expansão lateral e remontante, é necessário adotar práticas para o controle e a estabilização da voçoroca.

Palavras-chave: feições erosivas, erosão hídrica, topossequência, erosão linear.

Abstract

The Confusão do Rio Preto Range, located on the north-central Quirinópolis (GO), present tabular residual hills with elevations about 880 m. In the higher parts of the range occur sizable erosive scars, like rills and gullies. The research aimed to identify the origin, controlling factors and dynamics of the processes responsible by the formation and evolution of a gully in pasture area on the referred range. First, was realized the registration of the erosive feature and the selection of 17 profiles along the banks of the gully to describe, in top sequence, the horizons cut by the erosion. The obtained data allows to state that the gully is developing on an old erosive scar, mainly conditioned by: 1) surface runoff concentrated in cattle trails in the surroundings of the incision; 2) surface runoff concentrated in channels of terraces, that overflows and reaches the borders of the erosive feature; and 3) exfiltration of the subsurface water in the contact of the Bw and Bc horizons with the underlying C horizon in the strongly inclined banks. Before the prevision of fast lateral and backward expansion, is necessary to adopt practices for control and stabilization of the gully.

Keywords: erosive features, hydric erosion, top sequence, linear erosion.

Resumen

La Sierra de la Confusão do Rio Preto, situada en el centro norte de Quirinópolis (GO), presenta mesetas residuales con altitudes en torno de los 880 m. En las partes más altas de la sierra, ocurren cicatrices erosivas de porte

considerable, como cárcavas y barrancos. El objetivo de la investigación fue identificar el origen, los factores controladores y la dinámica de los procesos responsables por la formación y evolución de un barranco en área de pastoreo en la referida sierra. Primero, se realizó el catastro de el rasgo erosivo y la selección de 17 perfiles a lo largo de los taludes de lo barranco para describir, en toposecuencia, los horizontes seccionados por la erosión. Los datos obtenidos permiten afirmar que el barranco se está desarrollando sobre una antigua cicatriz erosiva, condicionado principalmente por: 1) flujos superficiales concentrados en las trillas de ganado en el entorno de la incisión; 2) flujos superficiales concentrados en los canales de terrazas en nivel, que transbordan y alcanzan las bordes de lo rasgo erosivo; y 3) exfiltración de la agua subsuperficial en el contacto de los horizontes Bw y Bc con el horizonte C subyacente en los taludes fuertemente inclinados. Delante de la previsión de rápida expansión lateral y remontante, es necesario adoptar prácticas para control y estabilización de lo barranco.

Palabras-claves: rasgos erosivos, erosión hídrica, toposecuencia, erosión lineal.

Introdução

Em todo o Brasil, pesquisadores têm demonstrado que o surgimento de feições erosivas de grande porte, especialmente ravinas e voçorocas, está frequentemente relacionado a fatores naturais (Oliveira, 1999; Bacellar, 2000; Lepsch, 2002; Castro et al., 2004). Segundo Bacellar (2000), os processos erosivos são controlados basicamente por elementos geológicos – como os litológicos e estruturais – pedológicos, geomorfológicos, climáticos e biológicos. As áreas de convergência do relevo, por exemplo, em geral apresentam maior fluxo de água em seu interior, em razão da interceptação do lençol freático. Isso faz com que ocorram surgências na forma de dutos naturais – denominados *pipes* ou túneis – que têm sua gênese igualmente associada a furos biogênicos ou fendas de diversas origens. Esses túneis evoluem sob o efeito das águas de escoamento superficial e subsuperficial e podem originar feições erosivas (Oliveira, 1999).

Desse modo, nas pesquisas sobre erosão linha, é importante entender a influência dos fatores naturais e a dinâmica das águas pluviais e do lençol freático (Salomão, 1999). As ravinas se desenvolvem por meio da ação da água do escoamento superficial, enquanto as voçorocas – embora comumente sejam geradas pela evolução das primeiras – têm origem mais complexa, pois decorrem da combinação entre o fluxo superficial e o subsuperficial (Castro et al., 2004). Estudar o solo em toposequência, analisando a estrutura da cobertura pedológica, como propôs Boulet (1988), permite compreender o comportamento hidráulico dos horizontes, a direção dos fluxos superficiais e subsuperficiais na encosta, assim como a predisposição à ocorrência de processos erosivos laminares e lineares, sobretudo, voçorocas.

Apesar de ser um processo natural de formação do relevo, a erosão é intensificada ou acelerada por ações antrópicas (Bertoni & Lombardi Neto, 2005), em especial as relacionadas com o uso do solo, como o desmatamento, a urbanização, a construção de estradas e a implantação de sistemas agrícolas, pastoris e de produção florestal. Castro (1999), por exemplo, afirma que a compactação do solo pode desencadear o processo de selagem superficial dos poros, reduzindo a capacidade de infiltração de água no solo e, em consequência, resultar no aumento do escoamento superficial, o que favorece o surgimento da erosão linear acelerada.

Todavia, embora a erosão hídrica tenha sido estudada por muitos pesquisadores (Salomão, 1999; Bacellar, 2000; Rezende, 2003; Coelho Neto, 2003; Castro et al., 2004; Castro, 2005; Pruski, 2006), ainda se fazem necessárias novas investigações, especialmente sobre a dinâmica hidráulica superficial e subsuperficial e o mapeamento de elementos do meio físico em escala de detalhe e semidetalhe, que permitirão maior compreensão dos fatores que influenciam esse processo.

Situada no centro-norte do município de Quirinópolis (GO), a Serra da Confusão do Rio Preto – curso de água pertencente à Bacia Hidrográfica do Paranaíba, afluente do Rio Paraná – apresenta relevo constituído por morros tabulares residuais com altitudes entre 370 e 880 m. Nas partes mais elevadas da serra, encontram-se cicatrizes erosivas de grande porte, como ravinas e voçorocas, especialmente próximo à borda sul, onde existe ampla reentrância dissecada com várias cabeceiras de drenagem.

Por se tratar da borda de relevo tabular residual, o terreno é naturalmente suscetível a processos geomorfológicos de dissecção. Além disso, o substrato da área consiste de arenitos finos e grossos associados a solos arenosos em amplas cabeceiras de drenagem, que compõem grandes concavidades ou reentrâncias, com ocorrência de Organossolos e Gleissolos Hísticos na base dos interflúvios. Esses tipos de solos são indicadores de lençol freático raso ou superficial. Em virtude dessas características naturais, o desmatamento e a implantação de pastagens – aliados a técnicas inadequadas de manejo – favorecem o desenvolvimento de voçorocas.

Nas áreas afetadas por processos de voçorocamento, o solo é usado predominantemente para pastagens, que são cortadas por trilhas formadas pelo pisoteio do gado, as quais comumente se estendem até as bordas do relevo tabular residual. Conforme a legislação ambiental, essas bordas deveriam ser mantidas como áreas de preservação permanente.

Para conter os processos erosivos, alguns proprietários implantaram um sistema de terraceamento no ano de 2001, mas sem nenhum tipo de dimensionamento e/ou acompanhamento técnico. Isso acarretou o rompimento dos camalhões de diversos terraços por enxurradas na cabeceira de uma feição erosiva linear. A intensificação do processo provocou a rápida progressão da voçoroca instalada sobre Latossolo Vermelho, Plintossolo Pétrico e Gleissolo que ocorrem, respectivamente, do topo para a base da encosta. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo identificar a origem, os fatores controladores e a dinâmica dos processos relacionados ao surgimento e à evolução dessa voçoroca formada em área de pastagem em Quirinópolis (GO).

Área de estudo e metodologia da pesquisa

A voçoroca selecionada encontra-se em uma pastagem localizada na Fazenda Fortaleza, na Serra da Confusão do Rio Preto, distante aproximadamente 30 km da sede municipal de Quirinópolis (18°20'12"S; 50°37'28"W) e situada a 806 m de altitude (Figura 1).

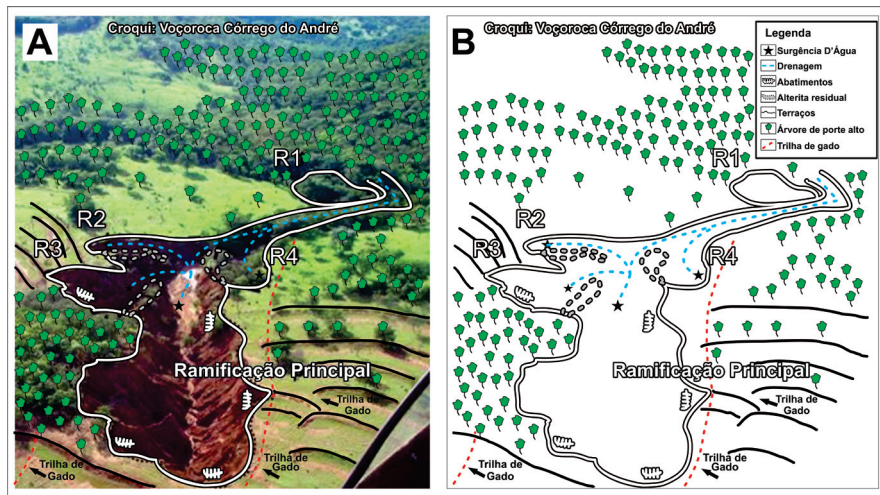


Figura 1- (A) Vista aérea parcial da voçoroca, com suas ramificações secundárias (R1 a R4) e trilhas de gado circundantes; e (B) representação dos elementos físicos da área

A área de contribuição da cicatriz erosiva corresponde à parte mais alta da região, representada por superfície de aplainamento regional ou seus testemunhos e constituída por rochas do Grupo Bauru: siltitos e arenitos da Formação Adamantina na base e arenitos com granulação mais grossa e conglomerados da Formação Marília no topo.

Sobre as rochas da Formação Marília, predominam Neossolos Quartzarênicos, desde as partes mais elevadas das encostas até os fundos de vales, com manchas de Latossolos Vermelhos nos topos e pequenas ocorrências de Gleissolos, Cambissolos, Plintossolos e Organossolos próximas às bordas dos relevos tabulares, associadas a cabeceiras de drenagem. A maioria das feições erosivas lineares de grande porte fica situada nessas áreas. Nos terrenos mais rebaixados e planos, predomina o basalto da Formação Serra Geral, recoberto por Latossolos de textura argilosa, que são utilizados especialmente para lavouras de cana-de-açúcar e soja.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima dominante na região é o Tropical Quente Subúmido (Aw), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: a chuvosa, de outubro a março, e a seca, de abril a setembro, com precipitação média anual entre 1.500 e 1.800 mm. Essas condições climáticas são marcadas pela ocorrência de eventos pluviométricos concentrados que, associados a outros elementos do meio físico – solo, declividade, comprimento e forma da encosta, tipo de uso e ocupação do solo –, favorecem o surgimento de incisões erosivas.

Junto aos sopés das escarpas dos relevos tabulares predominam enclaves de Floresta Hidrófila; já nos topos, ocorre Cerrado ralo a denso, que foi intensamente desmatado a partir da década de 1970 para a implantação de lavouras e pastagens. A voçoroca analisada conecta-se ao Córrego do André, afluente do Córrego Manoel Gomes, tributário do Rio das Pedras, que constitui fonte de água potável para a população quirinopolina e pertence à Bacia Hidrográfica do Paraná.

Os sucessivos trabalhos de campo, realizados entre 2006 e 2008, e a interpretação de imagens de satélite (LANDSAT TM 5, ano de 2008) permitiram identificar 21 cicatrizes erosivas de grande porte, dos tipos ravinas e voçorocas, na área de estudo. Dentre essas feições, foi selecionada a voçoroca denominada Córrego do André, por sua dimensão, visto que é a maior da região, e por seu histórico de formação. O seu cadastro foi feito conforme a metodologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) (1986, 1998). Foram realizados registros fotográficos

para caracterizar os elementos físicos da paisagem existentes em torno da incisão erosiva, por meio de sobrevoo em ultraleve a 200 metros de altura. Também foram selecionados 17 perfis ao longo dos taludes da voçoroca – 6 perfis na margem direita e 11 na esquerda – para descrever, em toposse-quência, os horizontes seccionados pela erosão, desde a cabeceira até a foz no córrego local. As descrições foram realizadas com o auxílio da técnica de rapel, em virtude da inclinação e altura dos taludes.

Resultados e discussão

De forma linear/bulbiforme, a voçoroca tem cerca de 600 m de comprimento, com quatro ramificações secundárias pouco extensas – de aproximadamente 50 m de comprimento – uma na margem direita e três na esquerda, conforme mostra a Figura 1. A ramificação mais próxima da desembocadura (R1) está estabilizada, com a presença de vegetação nas bordas e no interior e fluxo de água perene. As outras duas ramificações da margem esquerda, localizadas no trecho médio/superior da voçoroca, apresentam forte tendência de erosão regressiva, em virtude da concentração do escoamento superficial ao longo dos canais de cinco terraços construídos nessa área. Tais feições erosivas evoluem apenas durante o período chuvoso, pois ainda não interceptaram o lençol freático e, portanto, são caracterizadas como ravinas.

A voçoroca surgiu inicialmente junto ao Córrego do André e, ao longo dos anos, foi avançando em direção ao topo da encosta. Sua evolução foi acelerada após o rompimento de terraços do tipo murundu (Figura 2A) no trecho médio e no superior da bacia de contribuição da cicatriz erosiva, que foram construídos para conter o processo erosivo no local. O uso do solo para pastagem – constituída, sobretudo, por *Brachiária decumbens*, com invasão de *Paspalum notatum* (grama batatais) – e o intenso pisoteio do gado têm agravado a erosão (Figura 2B).

No ponto de convergência das ramificações da margem esquerda, ocorre o afloramento do lençol freático que, somado ao fluxo de água proveniente da ramificação da margem direita, caracteriza a erosão neste setor (trecho médio) como voçoroca. Todavia, a cabeceira consiste em ravina extremamente instável, com taludes muito íngremes, como pode ser observado na Figura 3, e profundidade máxima de 25 m; a profundidade média equivale a aproximadamente 20 m. Os mecanismos erosivos as-

sociados ao escoamento superficial causam elevada instabilidade na voçoroca, representada por sulcos profundos nos taludes, fendas de tração (trincas) na superfície do terreno adjacente, abatimentos sucessivos provocados pelo solapamento das margens, alcovas de regressão, marmitas, entre outras feições (Figura 3).

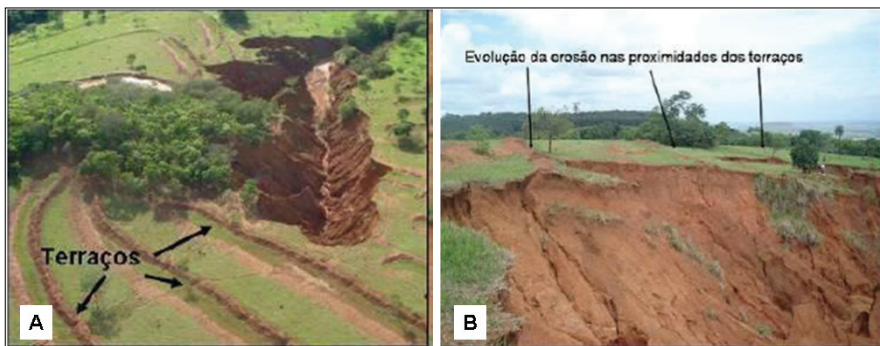


Figura 2 - (A) Sistema de terraceamento rompido por intenso processo erosivo linear; e (B) uso para pastagem e baixa densidade de vegetação nativa no entorno, sobretudo na área de contribuição a montante da cabeceira da voçoroca

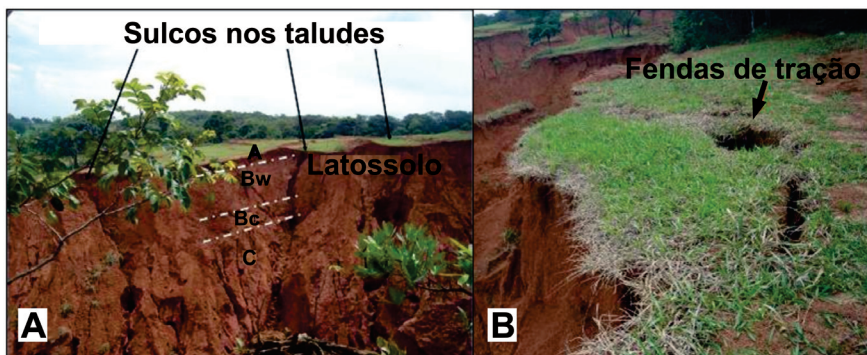


Figura 3. Feições erosivas na voçoroca: (A) sulcos no talude direito; e (B) fendas de tração na superfície do talude esquerdo

A síntese dos dados da voçoroca foi organizada na ficha de cadastro (Quadro 1), conforme metodologia proposta pelo IPT (1986, 1998).

Quadro 1. Ficha de cadastro da voçoroca Córrego do André

FICHA DE CADASTRO DA EROSIÃO			
1. Identificação e localização da erosão		Estado: GO	Município: Quirinópolis
Descrição: Voçoroca Córrego do André		Localização: Fazenda Fortaleza, Proprietário: José Quirino.	
Acesso: Rodovia GO 206 (sentido Quirinópolis a Caçú), a 5 km do sítio urbano de Quirinópolis, estrada vicinal à direita, que dá acesso à Serra da Confusão do Rio Preto, do entroncamento até a voçoroca são mais 25 km, está localizada na Fazenda Fortaleza, situada na margem esquerda da estrada.			
2. Dados regionais			
Bacia Hidrográfica: Córrego do André, Córrego Manoel Gomes, Rio das Pedras, Rio Preto, Rio Paranaíba, Rio Paraná.		Geomorfologia: Superfície erosiva tabular. Relevo residual de topo aplanado, limitado por escarpas erosivas.	
Geologia: Grupo Bauru representando pela Formação Adamantina na base e Formação Marília no topo. Esta última é constituída por arenitos finos a grossos, predominantemente mal selecionados, vermelhos, róseo-amarelados e esbranquiçados.		Pedologia: Latossolo Vermelho (LV), Plintossolo Pétrico concrecionário (FFc) e Gleissolo Háptico Tb distrófico (GXbd).	
Vegetação Original: Floresta Higrófila na base da encosta e Cerrado ralo a denso nos segmentos médio e superior. Este último foi desmatado para a implantação de lavouras e pastagens.			
3. Dimensões da erosão			
Comprimento: 600 m	Largura: 60 m	Profundidade: 20 m	Volume: 720.000 m ³
4. Características da área de contribuição			
Uso e ocupação da área de contribuição: Pastagem cultivada com brachiária (<i>Brachiaria decumbens</i>) e invasão de grama batatais (<i>Paspalum notatum</i>).			
Causas, condicionantes e atenuantes: Um entrevistado, antigo morador da região, informou que essa feição erosiva surgiu em novembro de 1966. Após a “queda de uma grande nuvem escura na Furna do André” – denominação regional para o intenso festonamento da serra nas proximidades do córrego homônimo –, formou-se uma cachoeira com dezenas de metros de queda de água, em razão da presença de um grande ressalto topográfico. Segundo o morador, o episódio ocorreu no final da tarde, provocando um forte estouro na área que “merejava água” e resultando no surgimento da “grotá”, já com grandes dimensões. Nesse período, havia na região cultivos de arroz, milho e feijão em pequenos roçados – lavouras abertas com derrubadas manuais e queimadas de matas às margens dos cursos de água – bem como pastagens em áreas de antigas lavouras. A voçoroca surgiu inicialmente junto ao córrego do André e, ao longo dos anos, foi avançando em direção ao topo da encosta. Essa evolução foi fortemente acelerada no início da primeira década do século XXI, após a construção de grandes terraços do tipo murundus no trecho médio e no superior da bacia de contribuição da cicatriz erosiva, como tentativa de conter o processo. No entanto, essa medida aumentou os fluxos superficiais e subsuperficiais em direção à cabeceira da voçoroca, provocando o rompimento de terraços e contribuindo para aumentar as dimensões da erosão linear. O uso atual do solo – pastagem com predomínio de brachiária e ocorrência secundária de grama batatais (invasora), intensamente pisoteada pelo gado – tem agravado a erosão.			

5. Características da voçoroca

Dinâmica Erosiva (Características gerais): A voçoroca tem forma linear/bulbiforme, com quatro ramificações secundárias pouco extensas – de aproximadamente 50 m de comprimento – uma na margem direita e três na margem esquerda. A ramificação mais próxima à desembocadura encontra-se totalmente estabilizada, com a presença de vegetação nas bordas e no interior e fluxo de água perene. As outras duas ramificações da margem esquerda, localizadas no trecho médio/superior da voçoroca, apresentam forte tendência de erosão regressiva, em consequência da concentração do escoamento superficial ao longo dos canais de cinco terraços construídos nessa área. Essas feições erosivas evoluem apenas durante o período chuvoso, pois ainda não interceptaram o lençol freático e, assim, constituem ravinas. Entretanto, no ponto de convergência dessas ramificações, há o afloramento do lençol freático que, somado ao fluxo de água proveniente da ramificação da margem direita, caracteriza a erosão neste setor (trecho médio) como voçoroca. Todavia, a cabeceira consiste em ravina extremamente instável, com taludes muito íngremes e profundidade máxima de 25 m; a profundidade média equivale a aproximadamente 20 m. Os mecanismos erosivos associados ao escoamento superficial causam elevada instabilidade na voçoroca, representada por sulcos profundos nos taludes, fendas de tração (trincas) na superfície do terreno adjacente, abatimentos sucessivos provocados pelo solapamento das margens, alcovas de regressão, marmitas, entre outras feições.

Previsões de evolução: A cicatriz erosiva tende a evoluir lateral e regressivamente, sobretudo no trecho médio/superior, em razão da concentração do escoamento pluvial nos canais dos terraços, que transbordam durante os eventos chuvosos mais intensos. Além disso, a compactação do solo causada pelo pisoteio ininterrupto do gado, notadamente em várias trilhas que circundam a voçoroca, agrava os efeitos do escoamento superficial nos taludes altamente instáveis, gerando alcovas de regressão e outras feições de solapamento. Destarte, as bordas são instabilizadas, proporcionando contínua progressão da erosão durante o período chuvoso.

6. Principais impactos

Entre os impactos dessa erosão, destacam-se os seguintes:

- Perda de solo local, com redução de área de pastagem e de Área de Preservação Permanente (APP);
- Assoreamento do Córrego do André e, conseqüentemente, do Córrego Manoel Gomes e do Rio das Pedras; este último é o manancial que abastece a população quirinopolina. Além disso, contribui para assorear também o rio Preto, o rio Paranaíba e a barragem da UHE de São Simão;
- Risco de acidentes por quedas de animais e pessoas dentro da voçoroca.

6.1 Medidas preventivas e de contenção implantadas:

Construção de grandes terraços do tipo murundus, com até dois metros de altura, e plantio de mudas isoladas de bambu dentro da voçoroca.

7. Medidas preventivas e de contenção sugeridas:

Como medida preventiva, sugere-se a adequação do uso do solo local a sua capacidade de suporte, evitando o desencadeamento de processos erosivos dessa natureza. As alternativas de contenção definitiva visam a estabilizar a cicatriz erosiva por meio de práticas vegetativas (plantas nativas e exóticas) ou de obras de engenharia e bioengenharia mais complexas.

7.1 Área de contribuição		
Entre as diversas possibilidades de intervenção para estabilizar a voçoroca, sugerem-se as seguintes:		
a) Isolar a área em um raio igual ou superior a 100 m, a partir das bordas da feição erosiva, para impedir o trânsito de animais (bovinos e equinos) e favorecer a recolonização espontânea da vegetação no entorno;		
b) Revegetar, com espécies nativas da região, a área de contribuição para reduzir a velocidade do escoamento superficial que atinge a cabeceira e os taludes da voçoroca.		
7.2 Voçoroca		
a) Plantar espécies nativas de árvores dentro da voçoroca e em pontos mais distantes de sua borda para evitar o efeito alavanca provocado pela queda de árvores em margens de incisões erosivas;		
b) Colocar estruturas do tipo gabião e “pedra marroada” junto aos sopés e às bordas dos taludes para aumentar a sua resistência e reter os sedimentos transportados pelo escoamento superficial;		
c) Revegetar os taludes com espécies de gramíneas apropriadas, como a mistura de várias espécies (por exemplo, <i>Brachiária Decumbens</i> , feijão-guandu e andropogon) proposta por Pereira (2006), e protegê-los com biomanta antierosiva;		
d) Plantar a gramínea vetiver (<i>Vetiveria zizanoides</i>), nos sopés dos taludes e nas proximidades da desembocadura da cicatriz erosiva, por ser perene, não palatável e possuir sistema radicular muito profundo e resistente; além disso, é apropriada para esse caso, pois retém os sedimentos transportados pelo escoamento superficial e aumenta a resistência ao cisalhamento do solo.		
8. Identificação da ficha		
Referências: Sr. Agostinho Barcellos dos Santos e Sr. José Quirino		
Equipe: Alik Timóteo de Sousa	Localização: 18°20'12”S / 50°37'28”W. Altitude: 806 m	Data: 29/09/2008

A vertente da área de contribuição atingida pela voçoroca tem forma retilíneo-convexa, com pequenas rupturas de declive nos trechos médio e inferior e declividade média de 13% (Figura 4).

Essa forte inclinação favorece a concentração e a maior velocidade do escoamento superficial durante os eventos pluviais (Lepsch, 2002). Nessa condição, o solo apresenta pequena resistência ao fluxo de água, facilitando a remoção e o transporte de partículas, especialmente no segmento médio/superior da voçoroca estudada.

Ao elaborarem o *Atlas Geoambiental das Nascentes dos Rios Araguaia e Araguinha*, Castro et al. (2004) detectaram a concentração de cicatrizes erosivas de grande porte em áreas com solos arenosos e declividades entre 6% e 12%, semelhante ao verificado na voçoroca Córrego do André.

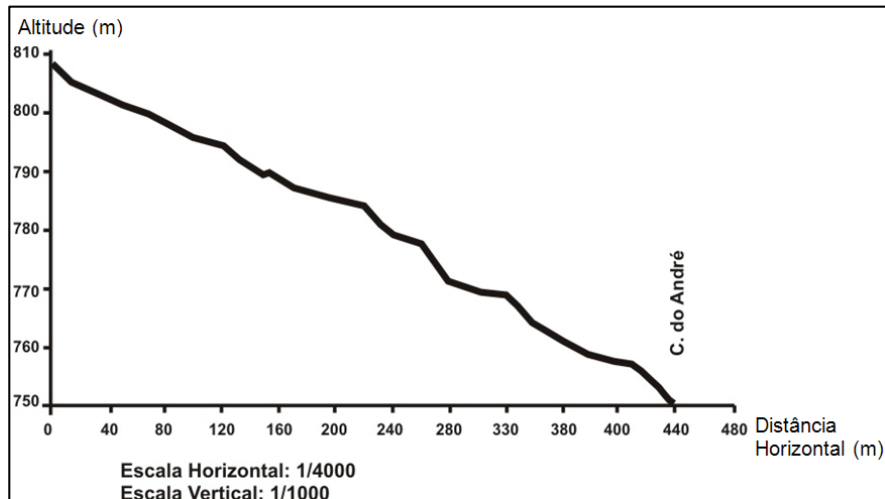


Figura 4. Perfil topográfico da vertente na margem direita da voçoroca Córrego do André

Bertoni & Lombardi Neto (2005) alertam que, além da inclinação e da forma, o comprimento do terreno é outro fator topográfico importante que contribui para o aumento das taxas de erosão hídrica. Quanto mais extensa for a encosta, maior será a velocidade da água e, conseqüentemente, maior a energia cinética disponível para remover e transportar os sedimentos. Assim, a erosão tende a ser mais intensa em vertentes muito extensas. No presente caso, além de ser mais íngreme (declividade = 13%), a vertente na margem direita da cicatriz erosiva é mais extensa. A cabeceira da voçoroca dista aproximadamente 880 m do divisor de águas local e 445 m da desembocadura no Córrego do André; portanto, o comprimento total da vertente corresponde a 1.325 m.

No ano 2000, o proprietário da fazenda construiu um sistema de terraços, visando a reduzir o escoamento superficial que atingia a cabeceira da voçoroca, porém sem o dimensionamento e a execução de forma adequada. Assim, embora essa medida tenha diminuído o comprimento da encosta, não surtiu o efeito esperado, pois a erosão logo se expandiu lateral e remontantemente. As características da encosta – declividade média, forma retilíneo-convexa, longa extensão da vertente, solo com textura argilosa, presença de horizontes Bw, Bc e C heterogêneos, proporcionando

a exfiltração da água no contato entre eles – associadas ao uso para a pastagem cultivada e à compactação superficial são elementos fundamentais para explicar a gênese e a evolução da voçoroca. Também são importantes para orientar a proposição de obras de estabilização e/ou contenção do processo erosivo.

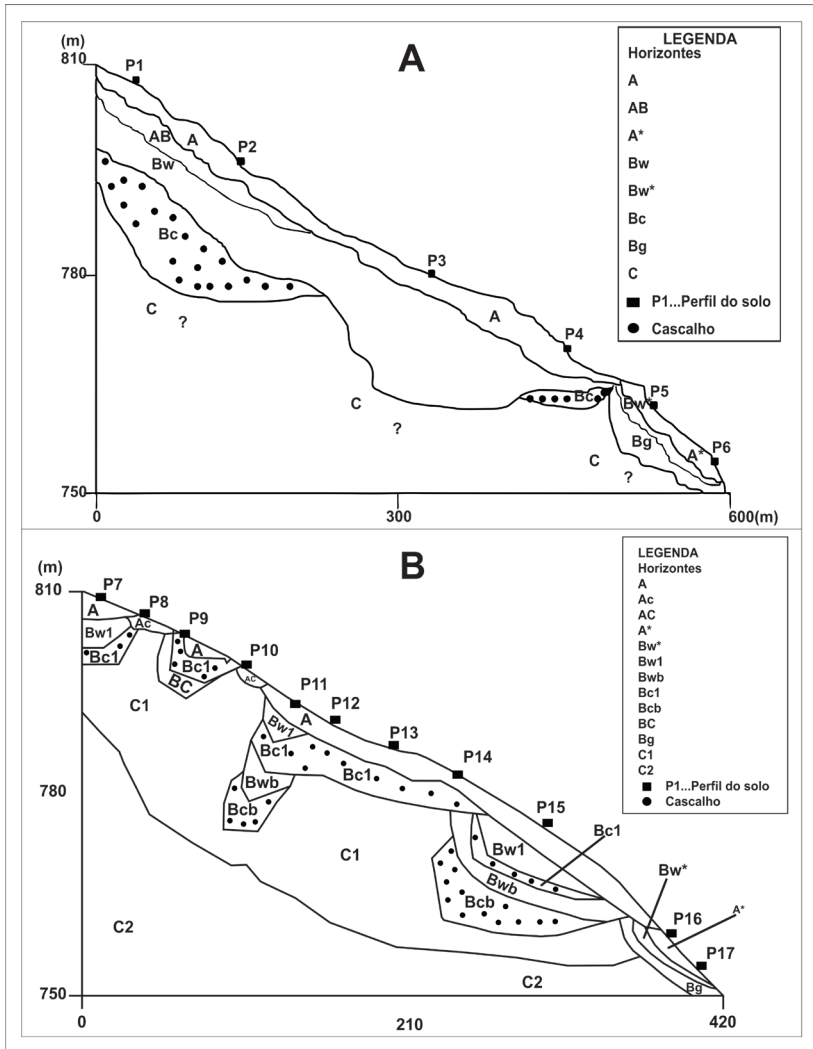


Figura 5. Topossequências realizadas nos taludes direito (A) e esquerdo (B) da voçoroca

Conforme se observa na Figura 5, os taludes da voçoroca apresentam diferenças importantes relativas à quantidade, espessura, profundidade e aos tipos de horizontes de solo. Foram elaboradas duas topossequências dos solos locais, uma para cada lado da incisão erosiva. A margem direita é relativamente menos complexa do que a esquerda. No total, existem oito horizontes, com predomínio de horizonte Bw avermelhado na maior parte do talude, passando gradualmente para Gleissolo no segmento inferior da encosta (Figura 5). Abaixo desse horizonte, ocorre horizonte concrecionário descontínuo (Bc), de espessura irregular, sobreposto a horizonte C róseo-avermelhado. O horizonte Bc é mais espesso na cabeceira do que no trecho médio/inferior da voçoroca e não está presente na desembocadura da feição erosiva.

Os horizontes representados na Figura 5 foram descritos conforme Santos et al. (2005) e suas características são apresentadas nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2. Descrição dos horizontes dos perfis constituintes da topossequência do talude direito da voçoroca

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição morfológica
A	0-30	Pobre em matéria orgânica; vermelho-acinzentado (10R 4/4); argilo-arenosa; moderada pequena a média, granular e blocos subangulares; plástica e pegajosa; transição ondulada e gradual.
AB	30-60	Bruno-avermelhado (2.5YR); argilo-arenosa; moderada pequena a média, granular; ligeiramente plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.
A*	0-42	Rico em matéria orgânica decomposta; bruno-avermelhado (5YR 4/3); franco-argilo-arenosa cascalhenta; moderada pequena, blocos subangulares; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara; presença pontual de litorrelíquias amareladas (10YR 7/6) de arenito da Formação Marília. Ocorre em área com vegetação de galeria.
Bw*	42-109	Bruno-avermelhado (5YR 4/4); franco-argilo-arenosa; mais úmido do que o horizonte sobrejacente; moderada pequena, blocos subangulares (predominante) e granular; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.

(Continua)

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição morfológica
Bw	60-330	Vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4); franco-argilosa pouco cascalhenta (cascalhos isolados); forte, muito pequena, granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
Bc	330-410	Vermelho (2,5YR 4/6); franco-argilo-arenosa muito cascalhenta, com cascalhos de 0,3 a 2 cm de diâmetro e pequenos calhaus de até 4 cm de diâmetro, constituídos por nódulos ferruginosos/manganesíferos endurecidos, angulosos; sem agregação, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular/descontínua e difusa ao longo da voçoroca.
Bg	109-177	Cinzeno (1FOR GLEY 5/N); franco-argilo-arenosa; moderada média, blocos subangulares; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
C	410 – 2500	Arenito róseo-avermelhado (2,5YR 8/3), franco-siltosa, estrutura maciça; não plástica e não pegajosa; alterado (saprolítico), com manchas amarelas (10YR 7/6) – mosqueado comum, médio, proeminente e esbranquiçada (10YR 8/1); transição irregular e clara. Apresenta evidências de elevada suscetibilidade erosiva, com múltiplos sulcos, ravinas, marmitas e alcovas de regressão provocadas pelo escoamento superficial que atinge os taludes da feição erosiva, bem como pelo escoamento superficial que ocorre no talvegue da incisão durante os episódios pluviométricos mais intensos.

A maioria dos horizontes é relativamente paralela entre si e à topografia atual do talude. Entretanto, o horizonte Bc (concrecionário) compõe dois conjuntos lenticulares distintos: um localizado no trecho superior e outro no trecho médio/inferior da voçoroca. Esse material provavelmente corresponde a colúvios depositados em concavidades no topo do horizonte C durante o preenchimento de antiga feição erosiva (“paleovoçoroca”), em período muito anterior à instalação da incisão atual. O segmento inferior da cicatriz erosiva, constituído pelos horizontes A, Bw e Bg, está situado em outra concavidade no topo do horizonte C e teve evolução aparentemente distinta dos demais. O horizonte C é contínuo e basal, em nítida discordância com a topografia superficial.

Quadro 3. Descrição dos horizontes dos perfis constituintes da topossequência do talude esquerdo da voçoroca

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição morfológica
A	0-20	Pobre em matéria orgânica; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3); franco-argilo-arenosa pouco cascalhenta; moderada pequena, blocos subangulares; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
Ac	0-68	Vermelho (10R 4/6); argilo-arenosa muito cascalhenta (concrecionário), com presença de calhaus; sem agregação, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e gradual.
AC	0-135	Bruno-avermelhado (2.5YR 5/3); rochoso, presença de litorrelíquias bruno-amarelada-escuras (10YR 4/6) de arenito da Formação Marília.
A*	0-45	Bruno-avermelhado (5YR 4/3); franco-argilo-arenosa cascalhenta; moderada pequena, blocos subangulares; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara; presença de litorrelíquias amareladas (10YR 7/6) de arenito da Formação Marília. Ocorre em área com vegetação de galeria.
Bw*	45-115	Bruno-avermelhado (5YR 4/4); franco-argilo-arenosa; mais úmido do que o horizonte sobrejacente; moderada pequena, blocos subangulares (predominante) e granular; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
Bw1	20-90	Vermelho (10R 4/6); argilosa; forte muito pequena, granular; ligeiramente plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.
Bwb	136-310	Vermelho (2.5YR 4/6); argilosa; forte muito pequena, granular; não plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.
Bc1	25-78	Vermelho a vermelho escuro (10R 3/6 e 4/6); franco-argilo-arenosa muito cascalhenta, com cascalhos de 0,3 a 2 cm de diâmetro e pequenos calhaus de até 4 cm de diâmetro, constituídos por nódulos ferruginosos/manganesíferos endurecidos, angulosos; sem agregação, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

(Continua)

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição morfológica
Bcb	310-498	Vermelho (10R 4/8 e 2.5YR 4/6); franco-argilo-arenosa muito cascalhenta, com cascalhos de 0,3 a 2 cm e pequenos calhaus de até 3 cm de diâmetro, constituídos por nódulos ferruginosos/manganesíferos endurecidos, bem como por fragmentos do arenito amarelado (7.5YR 6/6) subjacente, ambos angulosos; sem agregação não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
BC	78-116	Vermelho (10R 4/6), com litorrelíquias de arenito da Formação Marília bruno-oliváceo-claro (2.5Y 5/6); argilo-siltosa; fraca granular, pequena; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
Bg	115-195	Cinzeno (1FOR GLEY 5/N); franco-argilo-arenosa; moderada média, blocos subangulares; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
C1	68-880	Arenito da Formação Marília muito alterado, seccionado por feições erosivas associadas ao escoamento superficial, com predomínio de tons vermelhos (2.5YR 4/6), amarelos (7.5YR 6/6) e esbranquiçados (7.5YR 8/1), seguido por tons variegados bruno-oliváceo-claros (2.5Y 5/6); franco-siltosa; estrutura maciça; não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara.
C2	880-2800	Arenito da Formação Marília muito alterado, seccionado por feições erosivas associadas ao escoamento superficial, como sulcos, ravinas, alcovas de regressão e marmitas provocadas por quedas de água nos sopés dos taludes. Amarelo-brunado (10YR 6/6); franco-siltosa; estrutura maciça; não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara.

Ao analisar a geometria dos horizontes mostrados na Figura 5B, percebe-se a presença de pequenas estruturas lenticulares subverticais preenchidas com cascalhos, semelhantes a estruturas de corte e preenchimento que podem estar associadas a processos erosivos e deposicionais pretéritos, possivelmente ocorridos durante o Período Quaternário. Essa interpretação se baseia no fato de que os horizontes Bw se formaram

in situ (elúvios), o que requer longo período de estabilidade da encosta e pode indicar uma evolução cíclica da área na qual está localizada a voçoroca. Nesse caso, supõe-se que as estruturas de corte e preenchimento do talude esquerdo representariam ramificações de uma “paleovoçoroca”, ao passo que o talude direito constituiria o eixo principal dessa antiga cicatriz erosiva.

Considerações finais

A voçoroca Córrego do André se desenvolve sobre uma antiga feição erosiva, controlada especialmente por estes fatores: 1) fluxos superficiais concentrados em trilhas de gado que circundam a incisão; 2) fluxos superficiais concentrados em canais de terraços em nível que transbordam e atingem as bordas da feição erosiva; e 3) exfiltração da água subsuperficial no contato dos horizontes Bw e Bc com o horizonte C subjacente nos taludes fortemente inclinados. Em razão das características da voçoroca – grandes dimensões, fundo chato, presença de vegetação nas bordas e no interior e existência de várias evidências de instabilidade, como fendas de tração, sulcos nos taludes, movimentos de massa recentes, alcovas de regressão, entre outros –, é possível prever a evolução lateral e remontante do processo erosivo. Por isso, torna-se necessária a adoção de práticas edáficas, vegetativas e mecânicas de conservação do solo nessa área, visando à rápida e eficaz estabilização da cicatriz erosiva.

Agradecimentos

Agradecemos a Cleiton Barboza de Jesus, graduando em Ecologia e Análise Ambiental do Instituto de Estudos Socioambientais da UFG, pela elaboração do Abstract e do Resumen.

Referências

BACELLAR, L. de. A. P. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá*. 2000. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 5. ed. Ícone: São Paulo, 2005. 355p.
- BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988. Campinas. *Anais...*, Campinas: SBCS, 1988. p. 79-90.
- CASTRO, S. S. de. Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 127-163.
- CASTRO, S. S. de.; XAVIER, L. de. S.; BARBALHO, M. G. da S. (Orgs.). *Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares*. Goiânia: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, 2004. 75 p.
- CASTRO, S. S. de. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 17, p. 38-60, 2005.
- COELHO NETO, 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*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 69-100, 2003.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe / Paranapanema*. São Paulo: IPT. 1986. 6 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Investigação, caracterização da fenomenologia e diretrizes para o controle corretivo e preventivo de nove feições erosivas lineares e respectivas bacias de contribuição – Bacia Hidrográfica do Alto Araguaia, GO/MT*. São Paulo: IPT. 1998. 22 p.
- LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.
- OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-99.
- PEREIRA, A. R. *Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão*. Belo Horizonte, MG: Editora FAPI, 2006. 150p.
- PRUSKI, F. F. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. Viçosa: Editora UFV, 2006. 240 p.
- REZENDE, A. de. *Estudo do processo de voçorocamento na bacia do córrego Capivara, alta bacia do rio Araguaia, em Mineiros (GO)*. 2003. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SANTOS, R. D. dos.; LEMOS, R. C. de.; SANTOS, H. G. dos.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100p.

Alik Timóteo Sousa - Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás - Mestre em Geografia Física - Doutor em Agronomia pela mesma Universidade. Atualmente é docente de ensino superior da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Morrinhos.

Vlãdia Correchel - Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras - Mestre em Agronomia pela Universidade de São Paulo - Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo. É colaboradora da Universidade de Brasília, da Universidade de São Paulo e professora na Universidade Federal de Goiás.

Recebido para publicação em 18 de agosto de 2013

Aceito para publicação em 5 de novembro de 2013