

**CONDICIONANTES MORFOMÉTRICOS PARA O SURGIMENTO DE
CANELURAS E ESCAMAMENTOS EM VOÇOROCAS**

***Morphometric conditions for the appearance of flutings and
scales in gullies***

Antonio Fábio Guimarães Vieira

Professor Doutor – Universidade Federal do Amazonas
fabiovieira@ufam.edu.br

Deivison Carvalho Molinari

Professor Mestre – Universidade Federal do Amazonas
molinari@ufam.edu.br

Anne Carolina Marinho Dirane

Geógrafa pela Universidade do Estado do Amazonas
anne@yahoo.com.br

Amarílis Rodrigues Donald

Geógrafa pela Universidade do Estado do Amazonas
amarilis@yahoo.com.br

Resumo:

O presente artigo tem como objetivo central identificar e discutir as influências dos condicionantes morfométricos (comprimento e profundidade) e de declividade da parede de voçorocas o surgimento de caneluras e escamamentos no interior destas. A compreensão da gênese dessas feições reveste-se de importância pois fornece elementos para o entendimento dos mecanismos atuantes no interior das voçorocas, além de sinalizarem para o estágio de evolução dessas incisões. Os resultados permitem afirmar que as caneluras estão associadas aos fluxos superficiais concentrados nas microcabeceiras de drenagem, localizadas na borda da voçoroca possibilitando a convergência de águas para o interior da incisão na forma de fluxo de adesão e/ou em cascata. Por outro lado, os escamamentos estão associados a ação de fluxos superficiais difusos que convergem para o interior (parede) da voçoroca com energia cinética reduzida, se comparada aos que ocorrem nas caneluras.

Palavras-chaves: Canelura, escamamento, voçoroca, escoamentos

Abstract:

This article aims to identify and discuss the central influences of morphometric conditions (length and depth) and slope of the wall to the emergence of flutings and scales within gullies. Understanding the genesis of these features is of importance because it provides elements for understanding the mechanisms

operating within the gullies, and signaled to the stage of evolution of these incisions. The results show that the flutings are associated with flows concentrated in the surface drainage microcabeceiras, located at the edge of gullies enabling the convergence of water into the incision in the form of flow of membership and / or cascade. Moreover, the scales are associated with the action of surface flows converge to diffuse into the interior (wall) of gullies with reduced kinetic energy, when compared to those that occur in adjacent plies.

Keywords: canelura, escamamentos, voçoroca, escoamento.

1. Introdução

As paisagens refletem a interação entre os diversos processos endógenos e exógenos que atuam continuamente ao longo do tempo geológico. Dentre os mecanismos responsáveis pela esculturação do relevo destaca-se o papel da erosão pluvial manifestado na superfície através de incisões, como sulcos, ravinas e voçorocas, dentre outras.

As voçorocas se enquadram como as feições erosivas de maior impacto ambiental, uma vez que suas características dimensionais, em geral, maiores que os sulcos e ravinas, e principalmente sua morfodinâmica quase sempre altera de forma significativa a paisagem. No entanto, na evolução da voçoroca, outras feições erosivas atuam no interior desta em processos que resultam em sua expansão. Além disso, as diversas feições erosivas ali existentes demonstram diferentes tipos de mecanismos, denunciando o grau de resistência dos materiais e a intensidade de atuação da água.

Dentre as feições de retrabalhamento como as alcovas, dutos, pedestais, caneluras e os escamamentos, os dois últimos são pouco descritos nos trabalhos relativos a processos erosivos. No entanto, estas podem ocorrer como feições de detalhe em voçorocas e serem de grande utilidade no entendimento dos mecanismos e processos atuantes.

Nesse sentido, o presente trabalho surgiu da necessidade de detalhar melhor essas feições e suas respectivas influências na configuração de uma voçoroca. Assim, os objetivos específicos foram: (a) verificar em quais

superfícies ocorrem essas feições; (b) identificar quais fatores influenciam seu surgimento; (c) caracterizar o papel da inclinação da parede no desenvolvimento dessas feições; (d) descrever a superfície a montante das feições (vegetação, crostas, declividade e tipos de escoamentos) de modo a representar uma predominância de características peculiares a cada feição estudada.

Inclui-se também a necessidade de estabelecer uma classificação fundamentada em alguns parâmetros, como: inclinação, profundidade e comprimento da incisão. Objetivando contribuir com uma maior caracterização e diferenciação desta feição em relação a outros tipos, como por exemplo os sulcos.

A importância de entender e/ou caracterizar, de forma detalhada, com parâmetros específicos, as caneluras e os escamamentos, fundamenta-se na necessidade de entender melhor a atuação destes no processo de voçorocamento, objeto de estudo de outras trabalhos na região de Manaus (VIEIRA, 1998; VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004; VIEIRA e MOLINARI, 2005; MOLINARI, 2007; VIEIRA, 2008, entre outros).

2. Voçorocas, caneluras e escamamentos

As voçorocas são incisões erosivas que apresentam queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano, seção transversal em U e profundidade superior a 1,5m (VIEIRA, 2008) (**FIGURA 1**). Apresenta ainda como característica que a diferencia de outras feições erosivas lineares (sulcos e ravinas) o crescimento remontante, isto é, evolução na encosta de jusante para montante.

Estas incisões podem ser classificadas pelo tipo, segundo modelo de Oliveira (1992) em conectada, desconectada e integrada (**FIGURA 2**); pela forma em retangular, bifurcada, ramificada, irregular e linear (**FIGURA 3**) e pelo tamanho (**QUADRO 1**) o que caracteriza o volume médio erodido da incisão.



FIGURA 1 – Voçoroca n^o. 11. Distrito Industrial – Manaus/AM (VIEIRA e MOLINARI, 2005).

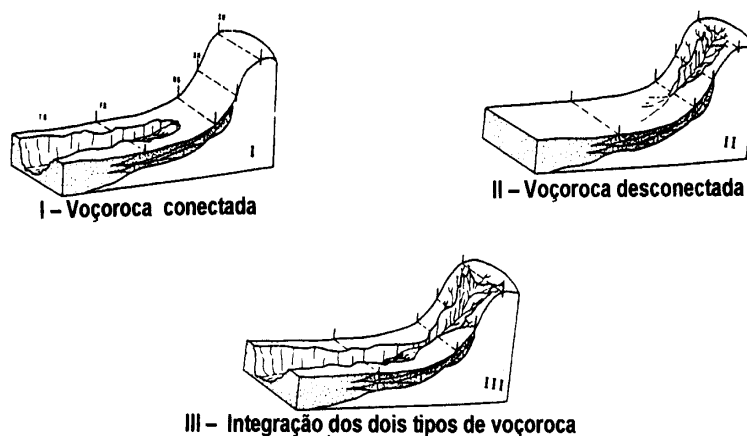


FIGURA 2 – Tipos de voçorocas (OLIVEIRA, 1992).

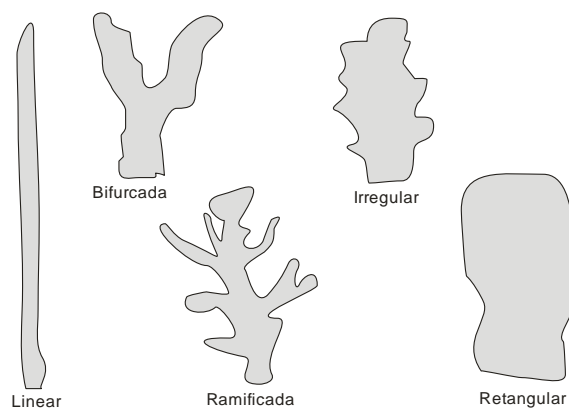


FIGURA 3 – Formas de voçorocas (VIEIRA, 2008).

QUADRO 1 – TAMANHO DAS VOÇOROCAS

Ord.	Volume erodido	Tamanho
01	até 999 m ³	muito pequena
02	de 1.000 m ³ até 9.999 m ³	Pequena
03	entre 10.000 e 19.999 m ³	Média
04	entre 20.000 e 40.000 m ³	Grande
05	mais de 40.000 m ³	muito grande

(VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004).

O crescimento das voçorocas é resultado direto da sinergia de mecanismos atuantes tanto em superfície quanto em subsuperfície deflagrados pela ação dos escoamentos superficiais e/ou subsuperficiais (OLIVEIRA, 1996). No que tange a superfície, especificamente na borda das voçorocas, algumas feições denunciam a atuação de determinados mecanismos, os quais são fundamentais para compreender a complexa interação existente entre mecanismos, feições e materiais, que são responsáveis pela expansão desses canais incisos.

Nas caneluras (**FIGURA 4**) o mecanismo de deflagração geralmente está associado à convergência de fluxo superficial para o interior da voçoroca, resultante da interação entre erosão por queda d'água (*plunging pool erosion*) (OLIVEIRA, 1999) e fluxos de adesão.



FIGURA 4 – Canelura na parede da voçoroca n^o. 9. São Jorge – 1^o. BIS (Amv). Manaus / AM. (Foto de Antonio F.G.Vieira, 2008).

Já os escamamentos (**FIGURA 5**) constituem-se em feições formadas pelo acúmulo de material fino (areia fina ou muito fina) sobre superfície mais resistente. O transporte dessas partículas ocorre em forma de pequenos fluxos laminares verticais a subverticais (OLIVEIRA, 1999).



FIGURA 5 – Escamamentos na parede da voçoroca nº. 9. São Jorge - 1º. BIS (Amv). Manaus /AM. (Foto de Antonio F.G. Vieira, 2006).

Oliveira (1999) caracteriza estas feições com base em suas características morfológicas, além de destacar os possíveis mecanismos deflagradores para seu surgimento.

3. A área de estudo

A área de estudo do presente trabalho, encontra-se inserida no limite urbano da cidade de Manaus, especificamente em área militar do 1º BIS – Batalhão de Infantaria de Selva (Amv), próximo das dependências do Clube do Exército, o Círculo Militar de Manaus - CIRMMAN, no bairro de São Jorge, na Zona Oeste.

Essa área nos últimos 6 anos tem servido como laboratório de campo no que se refere aos estudos de processos erosivos (voçorocas e outras feições) e na aplicação prática de medidas de contenção de voçorocas e na

recuperação da área através de plantio de espécies vegetais como o visgueiro, andiroba, castanheira e acácia

Encontra-se na Formação Geológica Alter do Chão (Mesozóico), a qual é constituída de sedimentos vermelhos consolidados, compostos de argilitos, siltitos, arenitos e folhelhos. Aflora em vários pontos da área estudada e no interior das voçorocas o Arenito Manaus; rocha de coloração vermelha a rósea, com mosqueados, composto também com concreções lateríticas (COSTA *et al.*, 1978).

Sobre esta formação desenvolvem vários tipos de solos, entre eles o *Latossolo Amarelo* e o *Espodosolo*, presentes na área em particular. O primeiro apresenta textura argilosa nas camadas superiores com percentuais que variam de 75 a 90%. O segundo tipo de solo apresenta percentuais de argila e silte em torno de 5 a 10% e 6 a 12% respectivamente. Verificando que a porção areia apresenta as taxas mais elevadas, em torno de 80 a 90%.

Do ponto de vista geomorfológico, está inserida no Planalto da Amazônia Oriental. Localmente a área apresenta um platô, que serve como divisor de águas de uma densa rede de canais (igarapés).

Do topo do platô para o igarapé (a jusante) verifica-se um desnível de aproximadamente 15 m, com declividades em torno de 25° no talude entre o topo do platô e parte inferior do terreno, e com declividade de 5° a 6° no topo e na parte inferior do terreno (**FIGURA 6**). Este talude funciona como um grande dispersor de águas para as voçorocas localizadas a jusante.



FIGURA 6 – Talude entre o topo do platô e parte inferior do terreno (Foto de Antonio F.G. Vieira, 2004).

No que diz respeito ao clima, a cidade de Manaus está inserida no tipo climático Equatorial Quente e Úmido, com precipitação média anual de 2.193,8 mm (período de 1917 a 2006). Sendo geralmente o mês de março o mais chuvoso (média de 308,1 mm) e agosto o de menor índice pluviométrico (média de 49,5 mm) (VIEIRA, 2008). As temperaturas médias anuais ficam entre 25,6° C e 27,6 ° C. A máxima fica em torno de 38 ° C e a mínima perto dos 16 ° C (NIMER, 1989). Sendo a média das máximas em torno de 31,5° C e a média das mínimas em 23,2 ° C (AGUIAR, 1995).

Originalmente, a cidade compreende a vegetação da Floresta Ombrófila Densa. Localmente, as espécies vegetais existentes, constituem uma vegetação secundária em fase de progressão que margeia a área mais degradada, onde a vegetação original é praticamente inexistente, exceto pela presença de pequenos arbustos e vegetação herbácea, que constituem pequenas “ilhas verdes”, oferecendo baixa proteção ao solo à ação das chuvas. Conforme mencionado anteriormente, destaca-se também no platô a montante das voçorocas “o plantio de visgueiro (*Parkia pendula Benth. ex Walp*), andiroba (*Carapa guianensis Aubl*), castanheira (*Bertholletia excelsa H.B.*) e acácia (*Acácia mangium Wild*)” (VIEIRA, 2008). Essas espécies tem contribuído na reposição de nutrientes ao solo, no melhoramento das condições mecânicas do solo, na formação de serrapilheira (FERRAZ *et al.*, 2008) e na conseqüente diminuição dos processos de erosão (VIEIRA, 2008).

4. Materiais e métodos

Conforme exposto, a área de estudo da presente pesquisa, encontra-se inserida na área urbana de Manaus, mais precisamente na área do 1º Batalhão de Infantaria de Selva – 1º. BIS (Amv) onde existem 5 feições lineares do tipo voçorocas. No interior dessas incisões outras feições se desenvolvem, como as caneluras e escamamentos.

Tais feições foram descritas, tendo como principais características observadas a inclinação da parede onde se encontravam, seus respectivos

tamanhos (profundidade e comprimento – caneluras) e as características da superfície a montante destas.

No que se refere à inclinação da parede onde se desenvolviam as feições (caneluras e escamamentos), foi utilizado uma bussola de Bruton. Os resultados decorrentes dessa tarefa resultaram em dados que foram analisados estatisticamente a fim de demonstrar a existência de um padrão na relação inclinação da parede da voçoroca e a existência de caneluras e escamamentos.

Além da inclinação as caneluras foram medidas com uma trena em comprimento, largura e profundidade. Essa tarefa teve como objetivo principal a verificação/aplicação do conceito aqui defendido para caneluras, evitando assim confundí-las com sulcos. As características de superfície (declividade, rugosidade, existência de sulcos e vegetação) imediatamente a montante dessas incisões serviu para uma análise mais qualitativa da relação entre superfície e feições.

5. Resultados obtidos

Um total de 59 caneluras foram identificadas em 4 voçorocas, nas quais a declividade da parede varia de 45° a 88° . Sendo que no intervalo de 63° a 80° , ocorrem 45 caneluras, o que equivale a 77,5% do total observado e onde a declividade média do total geral é de 72° . Por outro lado, a profundidade das caneluras oscilou entre 7 a 18 cm, com média de 12 cm (**FIGURA 7**).

Um aspecto a ser destacado é que o comprimento das caneluras não excede a 1,45 m, em outras palavras, nenhuma das caneluras ultrapassou a profundidade média de 2,9 m das voçorocas.

A superfície imediatamente à montante dessas feições apresentou-se em geral, com pequenas depressões em forma de micro cabeceiras de drenagem (*hollows*).

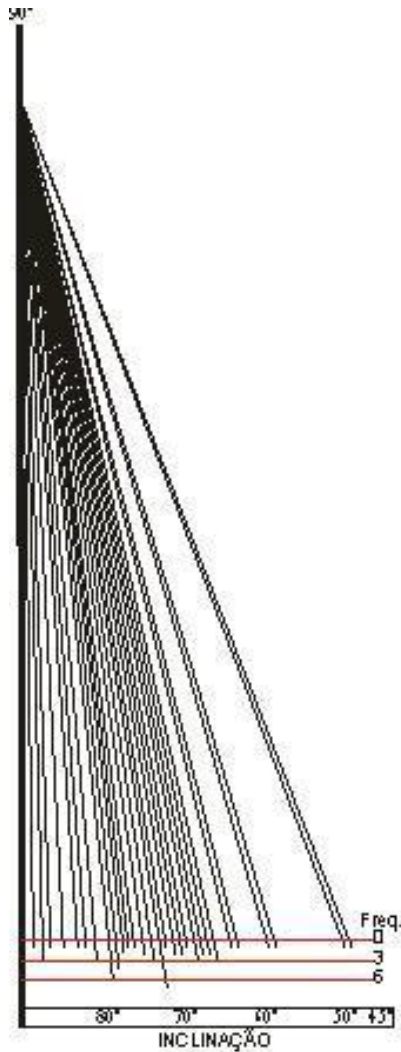


FIGURA 7 – Declividade da parede onde ocorrem as caneluras.

No que se refere aos escamamentos a declividade da parede onde essas feições se encontram-se varia de 89° a 53° (**FIGURA 8**), com média de $75,5^{\circ}$, não ocorrendo um predomínio em nenhuma inclinação em particular. A ocorrência dessas feições incidiu em paredes inclinadas para dentro e para fora em relação ao canal central da voçoroca. Na superfície acima, próxima à borda da voçoroca foi comum observar a ocorrência de pedestais e/ou a inexistência de sulcos ou mesmo das microcabeceiras de drenagem descritas no caso anterior (caneluras).

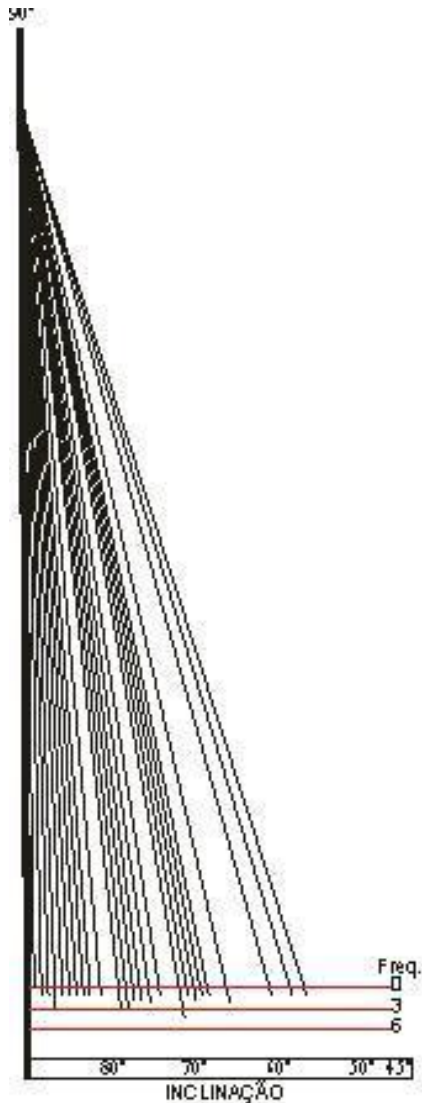


FIGURA 8 – Declividade da parede onde ocorrem os escamamentos.

6. Conclusões

Os resultados preliminares sugerem diferenças entre os mecanismos e processos atuantes nessas duas feições. As caneluras estariam ligadas a fluxos superficiais concentrados nas microcabeceiras de drenagem, localizadas próximo a borda da voçoroca e que convergem para o interior desta na forma de fluxo em cascata e/ou adesão. A parede onde essas feições surgem

apresenta inclinação média e comprimento máximo de 72° e 1,45 m, respectivamente.

Estes parâmetros permitem atestar que as caneluras surgem em inclinações significativas, acima de 45 e abaixo de 90°, além disso, a profundidade dessa incisão não excede ao comprimento total da parede da voçoroca. Isto pode ser observado comparando os valores de comprimento das caneluras que não ultrapassa 1,45 m para uma profundidade média de 2,49 m das voçorocas.

Diante disso conclui-se que a profundidade da canelura é sempre inferior a $N.10^{-1}$ do comprimento total da incisão, sendo que N representa o comprimento total da canelura. Portanto, essas feições necessariamente surgem em condições de inclinações específicas e apresentam comprimento e profundidade que as caracterizam, diferenciando-as, portanto, de outras feições erosivas lineares.

Por outro lado, no caso dos escamamentos, pode-se afirmar que o mecanismo responsável por sua deflagração é fluxo superficial difuso. Este fato é confirmado por duas características: presença de pedestais na superfície imediatamente próxima a borda onde essas incisões se formam; e pelo transporte e deposição de partículas de areia fina a muito fina nas rugosidades da parede com média de inclinação de 75,5°.

Assim, os locais onde as caneluras e escamamentos se desenvolvem, podem ser enquadradas como zonas ativas para as primeiras e como zonas de estagnação para as segundas.

7. Referências Bibliográficas

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia, 1995.

MOLINARI, D.C. **Dinâmica Erosiva em Cicatrizes de Movimento de Massa**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC), 2007.

NIMER, E. (1989). Climatologia da Região Norte. In: _____. **Climatologia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. p. 363-392

OLIVEIRA, M.A.T. **Morphologie des versants et ravinement: héritages et morphogénèses actuelle dans une région de socle tropical. Le cas de Bananal, São Paulo, Brésil**. Tese (Doutorado). Universidade de Paris IV – Paris Sorbonne, 1992. 401 p.

_____. Evolução de voçorocas e integração de canais em áreas de cabeceira de drenagem: modelo conceitual, taxas de erosão e sinergia de mecanismos. In: **Geosul**. N 19/20 Ano X 1º e 2º semestres de 1995. Florianópolis, 1996.

_____. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. IN: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

VIEIRA, A.F.G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. (Dissertação de Mestrado em Geografia), Florianópolis: UFSC, 1998.

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus – Presidente Figueiredo). In: **V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**. (Anais). Santa Maria: UGB/UFMS, 2004. p.50-65

VIEIRA, A. F. G.; MOLINARI, D. C. Caracterização geral da degradação ambiental na área do Distrito Industrial II – (Manaus AM): o papel exercido

pelas voçorocas. In: **II Simpósio sobre erosão de solos tropicais do Centro-Oeste**. UFG, Goiânia, 2005.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Tese de Doutorado em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC), 2008.