

Análise Evolutiva do Processo de Voçorocamento da BR-423 Situado no Perímetro Urbano do Município de Garanhuns – PE

AZAMBUJA, R. N. – Universidade Federal de Pernambuco (renatanaz@yahoo.com.br)
e CORRÊA, A. C. de B. - Universidade Federal de Pernambuco
(dbiase2001@terra.com.br)

Resumo:

A fim de aventar uma proposta metodológica de investigação dos processos operantes sobre a evolução das encostas reativadas por incisão de erosão linear dominante, faz-se necessário estabelecer uma relação entre material estruturador, paleo-incisões, geometria do relevo e mudanças no uso da terra. No intuito de identificar a distribuição dos sistemas processos-respostas às novas entradas de energia em ambientes periurbanos de cidades de médio porte, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização do processo evolutivo que proporcionou a reativação de paleo-incisões localizadas sobre uma rede de cabeceiras de drenagem no perímetro NW da mancha urbana de Garanhuns-PE. Foram identificados ao longo de quatro décadas mudanças sensíveis no uso do solo, responsáveis pelo incremento do escoamento superficial e aprofundamento das incisões de drenagem em superfície. Através da análise em laboratório das propriedades físico-química dos materiais estruturadores da área fonte e deposicional, foram verificados altos teores de silte/areia e areias grossas respectivamente para os setores do relevo analisados sendo constatada a alta susceptibilidade dos solos frente aos processos erosivos em superfície e sub-superfície. Dentre os processos destacam-se o trabalho realizado pela ação do *splash*, processos de rastajamento, formação de filetes subverticais em conjunto com o *piping* e fluidização, na movimentação dos materiais que compõe os leques de dejeção. Tais processos foram sobrepostos ao estabelecimento de novos tipos de usos de terra, que por sua vez, têm atuado sobre o relevo sob a forma de sucessivas tentativas de alcançar novo patamar de equilíbrio. Como resultado final foi proposta uma modelagem do processo evolutivo acerca da voçoroca da BR-423, que posteriormente pode vir a ser aplicada a outros setores do perímetro urbano de Garanhuns sujeitos ao mesmo tipo de encadeamento de processos superficiais.

Palavras-chave: Geomorfologia dinâmica, paleo-incisões, estrutura superficial da paisagem, processos erosivos, expansão urbana.

Abstract

In order to put forward a methodological proposal aimed at the investigation of functional processes operating on the evolution of erosion reactivated hillslopes, it becomes necessary to establish an interaction between the surface material, paleo-incisions, landform geometry and changes in land use. In order to identify process-response geomorphic systems in peri-urban middle-sized cities environments, the present work focused on the characterization of the evolution process which triggered the reactivation of paleo-gullies located over a series of first order hollows to the NW of the city of Garanhuns. Throughout four decades remarkable changes in land use were documented, which were responsible for the increasing of runoff and deepening of drainage incisions. By means of laboratory analysis of physical and chemical properties of surface materials both from source and depositional areas, a high content of silt and

coarse sands were determined, which accounted for the erosion susceptibility of soils in face of surface and sub-surface processes. Among the erosive processes one must call attention to the role of splash, creeping, rill erosion, piping and slurry formation, in the case of alluvial fans. Such processes were overlapped as a consequence of changes in land use, which has acted upon the landforms in the shape of several attempts of reaching a new equilibrium threshold. As a final result, a model for the evolution of the gully located close to the BR-423 road was proposed. This model can also be applied to other sectors of Garanhuns urban area which are prone to the same sort of surface processes.

Keywords: Dynamic geomorphology, paleo-incisions, landscape surface structure, erosive processes, urban expansion.

Introdução:

Localizada no setor NW do perímetro urbano de Garanhuns – Agreste do Estado de Pernambuco - a área de estudo caracteriza-se como um grande alvéolo para onde convergem diversas cabeceiras de drenagem. Em um passado sub-recente, tais cabeceiras evoluíram pelo aprofundamento das incisões de drenagem gerando um processo de voçorocamento (Figura 01). Levando-se em consideração o avanço do processo de podzolização dos Latossolos (herdados de um período mais úmido durante o Quaternário) e a sobreposição de novos tipos de usos da terra no entorno da mancha urbana, foi verificada a progressiva retomada dos processos erosivos sobre as cabeceiras entrincheiradas anteriormente estabilizadas.

A falta de conhecimento da geomorfologia local e de seus processos operantes tem ocasionado dificuldades na recuperação e manutenção do equilíbrio morfogenético sobre áreas desestabilizadas, bem como na aplicação de um planejamento adequado às características naturais dos compartimentos geomorfológicos. Como resultado áreas periféricas, em processo de rápida urbanização acabam se convertendo em pontos de alta dinâmica geomórfica, nas quais os processos erosivos operam a mercê do fluxo contínuo de águas servidas e episodicamente pluviais, elevando por sua vez, a velocidade e produção da taxa de sedimentos no fundo dos vales.

Sem levar essa questão em consideração, a administração urbana do município de Garanhuns tem enfrentado grandes dificuldades em restabelecer o equilíbrio da frente de expansão urbana e, portanto, não sendo capaz de conter a degradação rápida do suporte físico do espaço urbano e as perdas materiais inerentes a este tipos de agravos ambientais.



Figuras 01: Vista panorâmica de uma seção das cabeceiras de drenagem entrincheiradas pelos paleo-voçorocamentos e ainda moderadamente estabilizadas (foto à esquerda); vista do anfiteatro da “Voçoroca da BR-423”, área onde se conduziu a amostragem de sedimentos e a modelagem do processo de conexão entre canais de drenagem (foto à direita).

Metodologia

Para as análises sedimentológicas foram utilizados métodos de peneiramento para frações terrígenas (de 2mm a 62 μ m) e decantação na separação do silte e argila (frações < que 62 μ m) com base na classificação das classes granulométricas descritas por Gale e Hoare (1992). Ainda foram realizadas análises morfooscópica dos grãos coletados na área fonte (cabeceira da voçoroca) e no leque aluvial, a fim de caracterizar a relação entre as duas áreas e as formas resultantes do rápido transporte dos sedimentos.

No que concerne à análise do processo evolutivo da união de canais conectados e desconectados da rede de drenagem utilizou-se a proposta de Oliveira e Méis (1985) na investigação de feições aparentemente estáveis ou mesmo reativadas pela mudança de condicionantes ambientais. Em uma primeira generalização foi identificada uma série de paleo-feições em setores superiores das encostas que podem ser classificadas de acordo com Oliveira e Meis (1985) como incisões desconectadas da rede de drenagem além, das incisões conectadas. Em um caso mais complexo, onde grandes incisões erosivas ocupam longitudinalmente o conjunto de encosta, existe a hipótese de que estas são resultantes da integração das duas anteriores. Acredita-se que este modelo proposto possa ter fundamento na formação e desenvolvimento da voçoroca localizada sobre a BR-423 na área urbana de Garanhuns.

Em trabalho sobre integração de canais em área de cabeceira de drenagem, monitorado por 12 anos, Oliveira (1996) concluiu que, ao mesmo tempo em que a

incisão desconectada evoluiu a montante e formou um leque de dejeção a jusante, a incisão conectada à rede de drenagem expandiu-se a montante linearmente (por cerca de 83 metros). O mecanismo de regressão desenvolvido pela incisão conectada, neste caso, possui relação direta com a dissecação linear dos fluxos superficiais originados na incisão desconectada na cabeceira de drenagem. Apesar da existência de algumas condições particulares à área de estudo, o modelo de Oliveira e Meis (1985) possuiu uma boa aplicação para o estudo de caso da voçoroca da BR-423.

Resultados e Discussão

Sobre o ponto de vista da erodibilidade das chuvas em relação à evolução das encostas, a voçoroca localizada na BR 423 é o caso mais ilustrativo de um processo geomorfológico em plena expansão nos dias atuais. A interposição de diversas camadas categóricas, no espaço e tempo, realizados previamente por um mapeamento morfodinâmico demonstrou que apesar deste ser um dos pontos de maior vulnerabilidade erosiva em Garanhuns, não tem recebido atenção devida.

Evidências de modificação sobre o padrão hidrológico em nível local foram observadas, sobretudo pela porção basal da voçoroca, onde está localizado o eixo deposicional dos sedimentos provenientes da encosta. Em primeira instância, o recuo da encosta provocado pela remoção da cobertura vegetal, nos últimos 25 anos, tem fornecido uma alta taxa de sedimentos para o fundo do vale, onde se encontra o Riacho São Vicente. Porém, como os fluxos superficiais não possuem competência suficiente para a evacuação desta descarga de sedimentos, os mesmos têm sofrido curto transporte, o que se corrobora pela textura superficial das partículas depositadas na baixa encosta e ainda pelo moderado grau de retrabalhamento dos grãos (maiores porcentagens entre subangulosos e subarredondados). Através da análise de campo e do mapeamento morfodinâmico realizado em trabalhos anteriores (AZAMBUJA E CORRÊA, 2006), algumas considerações relacionais foram tecidas a respeito da ocorrência de voçorocas sobre o perímetro urbano de Garanhuns.

Sendo assim, baseado nos resultados da análise sedimentológica e análise das propriedades dos solos e depósitos sedimentares foi realizada a esquematização de eventuais modificações sobre a geomorfologia da área em decorrência de variações de processos atuantes.

De acordo com o esquema evolutivo (Figura 02) ocorreram mudanças significativas em cinco estágios diferenciados em termos de processos superficiais e subsuperficiais. Partindo do estágio I (Figura 02 n.I) , verifica-se a manutenção de certo equilíbrio sobre o ambiente de encosta. A cobertura vegetal ocupa toda área de maior suscetibilidade, mantendo estabilizada uma paleo-feição erosiva, caracterizada por uma suave linha de drenagem de primeira ordem. O fenômeno do *splash* é pouco eficiente neste primeiro momento, sobretudo para o destacamento de partículas e compactação do solo. Neste período, sobre as baixas encostas ou pedimentos, as atividades antrópicas já se fazem sentir pela substituição de vegetação de porte arbóreo para gramíneas de pastagem. A incisão de uma linha de drenagem bem marcada sobre a área plana favoreceu a construção de uma pequena barragem, impedindo a livre circulação do material transportado pela drenagem. Acredita-se que este momento de estabilidade da encosta tenha ocorrido até meados da década de 70, quando se inicia o processo de rápida expansão urbana (Figura 02).

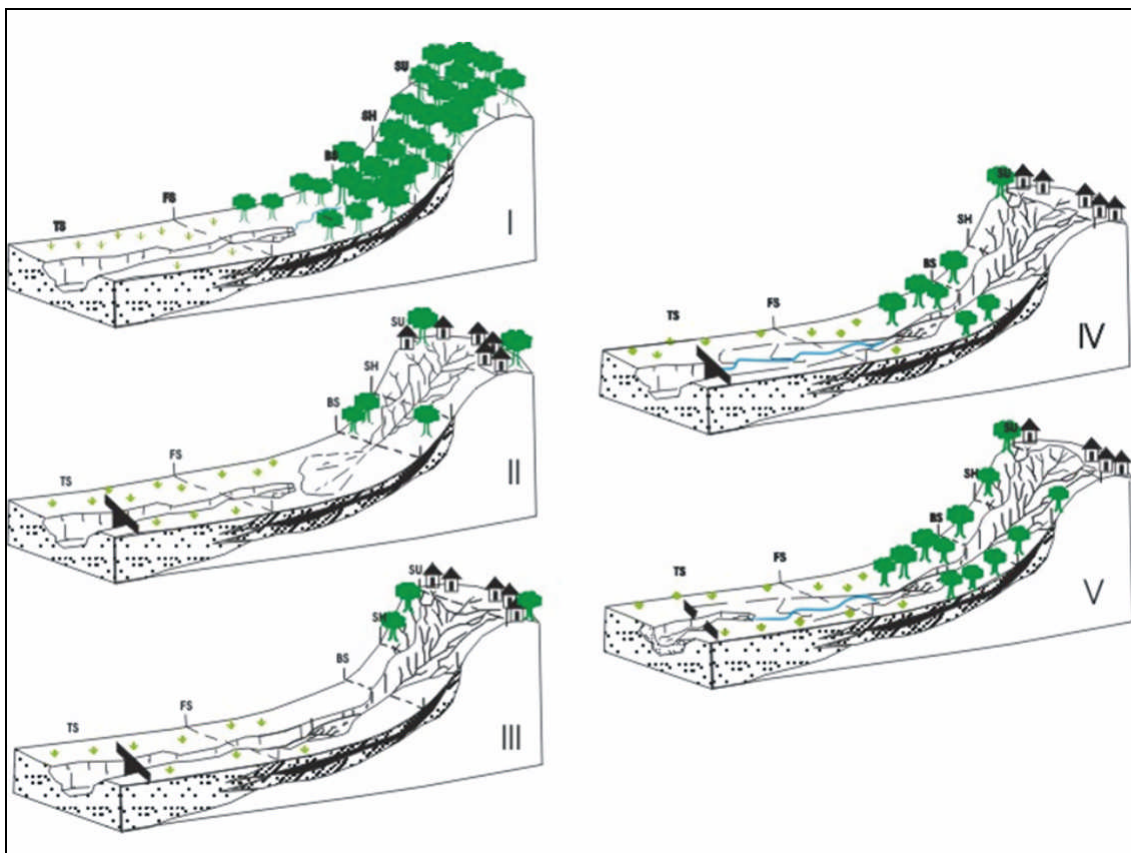


Figura 02: Modelo evolutivo sobre a voçoroca da BR-423 na área urbana de Garanhuns, representando a ocorrência de 5 momentos de evolução. A divisão da encosta é realizada pela compartimentação geométrica, como proposto por Ruhe (1974), sendo TS – toeslope; FS – footslope; BS – backslope; SH – shoulder; SU – summit. Adaptado de Oliveira e Meis (1985).

No momento II a retirada de cobertura vegetal da área de cabeceira de drenagem expôs os solos à maior atuação dos agentes erosivos. Sobre o ambiente de encosta a condição de grande destacamento e baixo transporte dos sedimentos foi favorecida. Além do fornecimento de partículas para fora da zona de impacto, o preenchimento dos microporos ocasionou a selagem da superfície, reduzindo a capacidade de infiltração e o incremento do escoamento superficial. Aplicando-se às características texturais do perfil CVG, a considerável proporção de partículas do tamanho silte - aliado à alta declividade da encosta - facilitou o destacamento e rápido transporte dos sedimentos.

A frequência de eventos pluviométricos intensos, sobre estas encostas desprotegidas converteu a situação para um baixo destacamento e alto transporte das partículas do solo. O escoamento difuso ao divergir para as microdepressões do terreno converteu-se rapidamente em fluxo concentrado dando origem ao ravinamento da área em questão (Figura 02 n.II). A construção de casas próximas à linha de ruptura de declividade, contribuiu fundamentalmente (pelo fornecimento de águas servidas) para o surgimento de outros fluxos convergentes como a incisão principal, aumentando a profundidade do canal. O material coluvial, transportando em momentos de tempestades ou mesmos pelo fluxo contínuo nas estações chuvosas, foi progressivamente sendo depositado sobre o sopé da encosta formando um cone de dejeção. Sobre a incisão conectada à rede de drenagem, movimentos lentos de massa, provocados pela ação do rastejamento, forneceram quantidades suficientes de sedimentos para a formação de pequenas rupturas de declividade dentro da incisão. Em consequência, houve um aumento na atuação dinâmica da erosão linear em nível local. Acredita-se que este patamar crítico de estabilidade tenha sido atingido entre meados da década de 80 e 90. A atuação de um complexo sistema envolvido na modificação da geometria do relevo no terceiro momento (Figura 02 n.III) gerou o aprofundamento na incisão do canal desconectado e o solapamento de base da encosta. Na medida em que progressivamente a incisão desconectada fornecia sedimentos para formação do cone de dejeção, o material depositado, pouco coeso, sobre a atuação de fluxos superficiais e subsuperficial promoveu uma interação sinérgica, intensificando o processo de erosão linear.

Segundo Oliveira (1999) processos de liquefação por afloramento do lençol freático associados ao escoamento superficial sobre as bordas de degraus construídos, pode provocar a formação alcovas de regressão sobre o compartimento de meia encosta

(*Transportational midslope*). Por outro lado, a atuação de fluxos supercríticos sobre as bordas da incisão, tende a provocar a dissecação dos sulcos ou ravinas, alargando a incisão, favorecendo a evolução para uma voçoroca. Outro mecanismo que pode estar atuando sobre a incisão é resultante da queda d'água. Lâminas de água de descargas menores, que escorrem ao longo da parede de incisão, tendem a dissipar-se a jusante dando origem ao que Oliveira (op.cit.) denominou por filetes subverticais de escoamento difuso. A infiltração de tais filetes sobre o sopé da encosta é responsável pela esculturação de alcovas de regressão, ao passo que, sobre a atuação de uma série de eventos chuvosos, as mesmas podem causar desmoronamentos periódicos, contribuindo para a extensão da incisão a montante.

A ocorrência de união entre os dois canais com o avanço da erosão linear a montante tendeu a construir vários degraus de ruptura, mantendo a erosão regressiva ativa. No entanto, a construção da barragem sobre a planície aluvial (Figura 03), passou a exercer controle sobre o balanço de sedimentação em nível local. Grande quantidade de sedimentos foi continuamente retida iniciando um processo de colmatação do canal.



Figura 03: Estabilidade da encosta e em momento intermediário de evolução. (1) configuração do canal de drenagem conectado a rede de drenagem em 1965; (2) Relações antrópicas responsáveis pela modificação do tipo de uso deram início à desestabilização do meio ambiente em 1982 com o preenchimento do canal conectado a rede de drenagem e retenção da sedimentação local.

Nos últimos anos a área em questão (Figura 02 n. IV), antes considerada como uma cabeceira de drenagem de primeira ordem efêmera tem funcionado como um dos principais contribuintes da micro-bacia do Riacho São Vicente. O fluxo perene de

águas servidas tem conferido para área uma maior taxa de saturação dos solos a jusante da cabeceira de drenagem. Processos de fluidização podem estar ocorrendo sobre a base da voçoroca, fornecendo grande quantidade de fluxos de alta viscosidade para o eixo deposicional dos baixos pedimentos. O processo de fluidização, segundo Allen (1994), ocorre através do empilhamento das partículas em estado de equilíbrio metaestável sobre a ação de um fluido. Este fluido permite que as partículas individuais experimentem um empuxo para cima, contrabalançado pelos seus pesos individuais. O fluido depositado rapidamente, em decorrência do desprendimento das partículas individuais deu origem a um empacotamento frouxo dos sedimentos na porção do leque aluvio-coluvial que, pela atuação dos fluxos laminares perenes sofreu uma retirada progressiva do material de fração $<62\mu\text{m}$, elevando a textura dos depósitos. Como resultado, a grande produção de sedimentos a jusante da voçoroca proporcionou a completa colmatação da barragem construída transversalmente sobre a incisão conectada à rede de drenagem.

Após a ocorrência do progressivo processo de reajustamento da geometria da encosta aos fatores de ordem externa, o período que se estendeu de janeiro a julho de 2004, foi decisivamente importante sobre a evolução da geomorfologia da área. A ocorrência de eventos chuvosos, sucessivos, de alta energia provocou a expansão à montante da incisão sobre a área de cabeceira, e ainda, o rompimento da barragem a jusante. O alargamento e aprofundamento da voçoroca foram sentidos pela população circunvizinha e pela própria população de Garanhuns, sobretudo, pela destruição de metade da pista da BR-423 localizada imediatamente sobre a cabeceira da voçoroca (Figura 02 n.V). No momento atual, a barragem anteriormente colmatada, com o seu rompimento transformou-se em um novo *knickpoint*, redinamizando a área de deposição, e conseqüentemente, provocando em micro-escala a inversão do relevo. A análise do novo leque formado pela redinamização da área deposicional, não foi considerado nesta presente análise através de amostragem, porém, percebe-se que ocorre uma mudança de textura após a posição terminal da barragem. O movimento de erosão laminar bem definido sobre o leque tem proporcionado a retirada quase total do material mais fino $<62\mu\text{m}$, como foi observado na análise granulométrica de LQG (leque aluvial da voçoroca). No entanto, devido ao caráter de drenagem “intermitente”, já que o Riacho São Vicente foi completamente assoreado, o material de textura mais fina tende a depositar-se imediatamente após a barragem.

Conclusões

O desafio da realização de um desenvolvimento sustentável sobre a modelagem econômica regional, cada vez mais tem se apoiado na aquisição de conhecimentos precisos dos sistemas geográficos. A compreensão e modelagem dos mecanismos interativos dos sistemas ambientais têm como objetivos principais, dar suporte e potencializar as atividades sócio-econômicas. Através do estudo realizado, pôde-se constatar que as tendências de mudanças ambientais progressivamente têm refletido o cenário de expansão territorial, exploração dos recursos naturais e principalmente o uso inadequado do solo.

A partir do delineamento dos processos responsáveis pela transformação da paisagem, percebe-se em Garanhuns, um movimento cíclico da atuação dos agentes externos vem provocando, por conseguinte, alterações profundas na estrutura interna do relevo. Se não observadas a tempo, estas tornar-se-ão irreversíveis no controle do balanço denudacional, comprometendo o próprio suporte físico da mancha urbana de Garanhuns..

Referências Bibliográficas:

Allen, J.R.L. Fundamental properties of fluids and their relation to sediment transport processes. In: PYE, K (ed). *Sediment Transport and Depositional Process*. BlackwellScientific Publications: 1994, p.25-60.

Azambuja, R.N. e Corrêa, A.C. de B. Contribuição para a interpretação da evolução morfodinâmica em áreas de expansão urbana no município de Garanhuns-PE. In: *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia Tropical e Subtropical: Processos, métodos e técnicas*. Goiânia: 2006. V.único.

Gale, S.J. & Hoare, P.G. *Quaternary Sediments: Petrographic Methods for the Study of Ulithified Rocks*. Londres: Bethaven Press, 1991, 318 p.

Oliveira, M.A.T. & Meis. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). *Rev. de Geociências, São Paulo*, n.4: 87-99, 1985.

Oliveira, M.A.T. Evolução de Voçoroca e integração de canais em áreas de cabeceira de drenagem: modelo conceitual, taxas de erosão e sinergia de mecanismos. *Geosul*, n.19/20: 153-182, 1996.

Oliveira, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. e BOTELHO, R.G.M. (eds.) *Erosão*

e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e Aplicações. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1999, p. 57-99.