



ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA EROÇÃO LINEAR NO MÉDIO-BAIXO VALE DO RIBEIRÃO DO SECRETÁRIO (PATY DO ALFERES/RJ)¹

Carla Maciel Salgado

*Profª. Adjunta do Depto. de Geografia (FFP/UERJ), Rua Dr. Francisco Portela, 1470 – Patronato Cep 24435-005 - São Gonçalo – RJ,
Pesquisadora Associada ao NEQUAT (IGEO/UFRJ), carlasalgado@uol.com.br.*

Thiago Pinto da Silva

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geologia – IGEO/UFRJ.

Maria Naise de Oliveira Peixoto

*Profª. Adjunta do Depto. de Geografia (IGEO/UFRJ), Pesquisadora do Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT – IGEO/UFRJ). Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Prédio do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Bloco F, Ilha do Fundão.
CEP: 21.941.909, marianaise@uol.com.br.*

Josilda Rodrigues da Silva de Moura

*Profª. Adjunta do Depto. de Geografia (IGEO/UFRJ), Pesquisadora do Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT – IGEO/UFRJ). Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Prédio do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Bloco F, Ilha do Fundão.
CEP: 21.941.909, marianaise@uol.com.br.*

Resumo

O município de Paty do Alferes, localizado na vertente continental da Serra do Mar (RJ), apresenta um grande número de ravinas e voçorocas. No médio-baixo vale do Ribeirão do Secretário (noroeste do município) tais feições foram mapeadas e classificadas como ravinas/voçorocas desconectadas ou conectadas à rede de drenagem, seguindo uma tipologia elaborada em trabalhos anteriores no médio vale do rio Paraíba do Sul. Com base no mapeamento e classificação de feições erosivas lineares, executado através de fotointerpretação e trabalhos de campo, foi analisado o estado de atividade das incisões erosivas nas décadas de 1960 e 1990 (1968 e 1996), e avaliada a sua distribuição espacial na bacia hidrográfica em análise. Verificou-se uma tendência à estabilização das feições erosivas no período analisado, inclusive com a extinção de algumas voçorocas, relacionada à erosão parcial ou total das coberturas sedimentares/pedológicas, ao afloramento de horizontes de solo ou camadas sedimentares mais resistentes e/ou do substrato rochoso, além de colonização de vegetação. As ravinas/voçorocas desconectadas da drenagem concentram-se nos setores sul e sudeste da bacia hidrográfica, onde predominam encostas longas com declividade acentuada, solos com horizonte B textural e/ou solos pouco profundos, ocorrendo ainda a influência de aspectos lito-estruturais. As voçorocas conectadas à rede de drenagem apresentam uma distribuição espacial mais homogênea na bacia e se desenvolvem essencialmente em planície fluvial ou nas reentrâncias de cabeceiras de drenagem. Em algumas propriedades, o entalhe erosivo foi usado para constituir açude para irrigação dos cultivos, fato que também contribui para a inatividade deste tipo de feição erosiva.

Palavras-chave: tipologia de voçorocas; estado de atividade da erosão; uso do solo; fatores condicionantes da erosão.

¹ Apoio Financeiro: FUJB/UFRJ; CNPq; FAPERJ; FINEP/PADCT – Sub-programa de Ciências Ambientais.

Abstract

Located at the reverse of the Serra do Mar escarpment in Rio de Janeiro, Paty do Alferes municipality presents a great number of rills and gullies. In the middle-low valley of Secretário river (northwest of the municipality) these erosions features were mapped and classified as rill/gully disconnected from the drainage network and gully connected to the drainage network. The erosion activity between 1968 and 1996 and their spatial distribution in the drainage basin were analyzed through photo-interpretation and field work. A stabilization tendency was verified between the analyzed years, inclusively the extinguishment of some gullies, related to partial or total soil loss; emerging of more resistant soil horizon or rock; development of vegetation covering. The rills/gullies disconnected from the drainage system are concentrated at the southern and southeastern parts of the basin, where prevails long and steep hillslopes, soils with argillic horizon and/or shallow soils, as well as litho-structure influences. The gullies connected to the drainage system are widespread throughout the basin, developed on the fluvial plain or on the headwater hollow. On some small farms, the erosional channel was used to construct dams to irrigate crops, contributing to stabilize this kind of gully.

Keywords: Gullies typology; erosion activity state; soil use; erosion factors.

Introdução

Os prejuízos causados por feições erosivas lineares (ravinas e voçorocas) têm estimulado vários tipos de estudos, cujos resultados, por vezes contraditórios, refletem a complexidade dos processos envolvidos (Bocco, 1991). Tal complexidade está relacionada a fatores controladores diversos, tais como: diferentes mecanismos de desencadeamento e evolução de ravinas e voçorocas; características do relevo, das propriedades dos solos e das lito-estruturas; e ocorrência do processo em escalas espacial e temporal distintas. Deste modo, verifica-se hoje uma grande gama de métodos e técnicas de investigação da erosão linear, assim como diferentes definições para estas feições erosivas.

A conceituação utilizada pela Soil Science Society of America (2001), adotado por um conjunto considerável de estudos desenvolvidos no Brasil, define voçoroca como um “canal resultante de erosão e causado por fluxos de água concentrados, mas intermitentes, relacionados à chuva”, que interfere em operações normais de cultivo e apresenta profundidade superior a 50cm, sendo este limite de profundidade e largura (50cm) que a distingue da ravina. Poesen et al. (2003), entretanto, a partir da análise de vários trabalhos sobre erosão linear, admitem a dificuldade de se estabelecer critérios rígidos de distinção entre ravinas e voçorocas, apontando, porém, que a ravina pode evoluir e se tornar uma voçoroca.

Os estudos baseados na análise espacial da erosão linear envolvem principalmente mapeamentos realizados através de fotografias aéreas em escalas de detalhe e semi-detalhe. Os mapeamentos estão associados ou não ao estabelecimento de classificação do processo ou da feição erosiva, segundo critérios variados. Domingues et al. (1998), por exemplo, analisando os processos erosivos em Paraguaçu Paulista (SP), classificam as feições segundo aspectos da forma, disposição e conexão em relação à dre-

nagem e ao relevo. Costa & Sobreira (2001), ao efetuarem uma caracterização de incisões erosivas na porção central do Quadrilátero Ferrífero (MG) quanto ao estágio de atividade da feição, morfologia e processos atuantes, estabelecem classes de erosões ativas, erosões em processo de estabilização, erosões estabilizadas e antigas erosões. Wijdenes et al. (2000) também utilizam uma classificação baseada na atividade de cabeceiras de voçorocas no sudeste da Espanha, definida a partir da quantidade de indícios (feições) de mecanismos erosivos (inclinação e forma dos taludes da incisão, presença de marmitas, fendas de tensão, alcovas de regressão etc).

Na região do médio vale do rio Paraíba do Sul limítrofe entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, estudos produzidos durante os últimos 20 anos (Oliveira & Meis, 1985; Peixoto et al., 1989; Oliveira, 1990; Oliveira et al., 1995; Salgado et al., 1995, entre outros) conduziram à elaboração de uma classificação de incisões erosivas relacionada à conexão com a rede fluvial e ao conjunto de processos atuantes, constituída dos seguintes tipos de ravinas e voçorocas: a) desconectadas da rede de canais fluviais, desenvolvidas em encostas laterais e frontais das cabeceiras de drenagem ou nos fundos de vale/*hollows* (reentrâncias) de cabeceiras de drenagem, associadas principalmente aos processos hídricos de superfície; b) conectadas à rede fluvial, desenvolvidas predominantemente em vales fluviais e *hollows* de cabeceiras de drenagem em anfiteatro entulhadas por depósitos alúvio-colúviais holocênicos (Moura et al., 1991; Moura, 1995), associadas principalmente a atuação de processos hídricos subsuperficiais.

O município de Paty do Alferes, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, apresenta um grande número de incisões erosivas que se enquadram nesta classificação. Inserido na bacia do Rio Paraíba do Sul, tem seu histórico de ocupação caracterizado pelo desmatamento para implantação de cafezais, substituídos no final do século XIX

e início do século XX pela pecuária extensiva, e, a partir da década de 1950, pela introdução do cultivo de tomate e de outras hortaliças, correspondendo à principal atividade econômica ainda hoje.

As práticas agrícolas empregadas no cultivo de olerícolas nesta região – queimadas, aragem com trator “morro abaixo”, molhamento do cultivo com mangueiras d’água – são reconhecidamente inadequadas à conservação dos solos. Embora esse tipo de cultivo abranja um percentual de área pequeno dentro do município (pouco mais de 3%, segundo Carvalho Júnior et al., 1998), os locais de plantio são continuamente deslocados para terrenos que permaneceram em “descanso” durante alguns anos para recuperação dos solos, com ou sem prática da pecuária extensiva. Deste modo, a conjugação do manejo inadequado do solo com a topografia acidentada, os solos friáveis e as chuvas concentradas tem resultado no desencadeamento de diferentes processos erosivos, e entre estes da erosão linear acelerada.

No presente trabalho é apresentada uma análise sobre a distribuição espacial e o estado de atividade de voçorocas e ravinas mapeadas a partir de fotointerpretação

em Paty do Alferes (RJ), numa perspectiva temporal (anos de 1968 e 1996), utilizando-se a tipologia de erosão linear supracitada, com o intuito de contribuir para o entendimento do comportamento evolutivo e dos condicionantes da erosão linear no médio vale do Paraíba do Sul fluminense.

Área de Estudo

O município de Paty do Alferes situa-se na vertente continental da Serra do Mar, entre os paralelos 22° 16’ e 22° 27’ de latitude Sul e os meridianos 43° 14’ e 43° 30’ de longitude a Oeste de Greenwich, sendo analisado neste estudo o médio-baixo curso da bacia do Ribeirão do Secretário, localizado no setor noroeste do município (Figura 1), que é afluente do rio Ubá, principal coletor local e tributário direto do rio Paraíba do Sul. Segundo Marques & Pinheiro (1998), o clima do município é Cw (Köppen), a precipitação média anual é de 1295mm e a temperatura média no ano corresponde a 21°C, sendo o trimestre de dezembro a fevereiro o mais chuvoso e quente do ano.

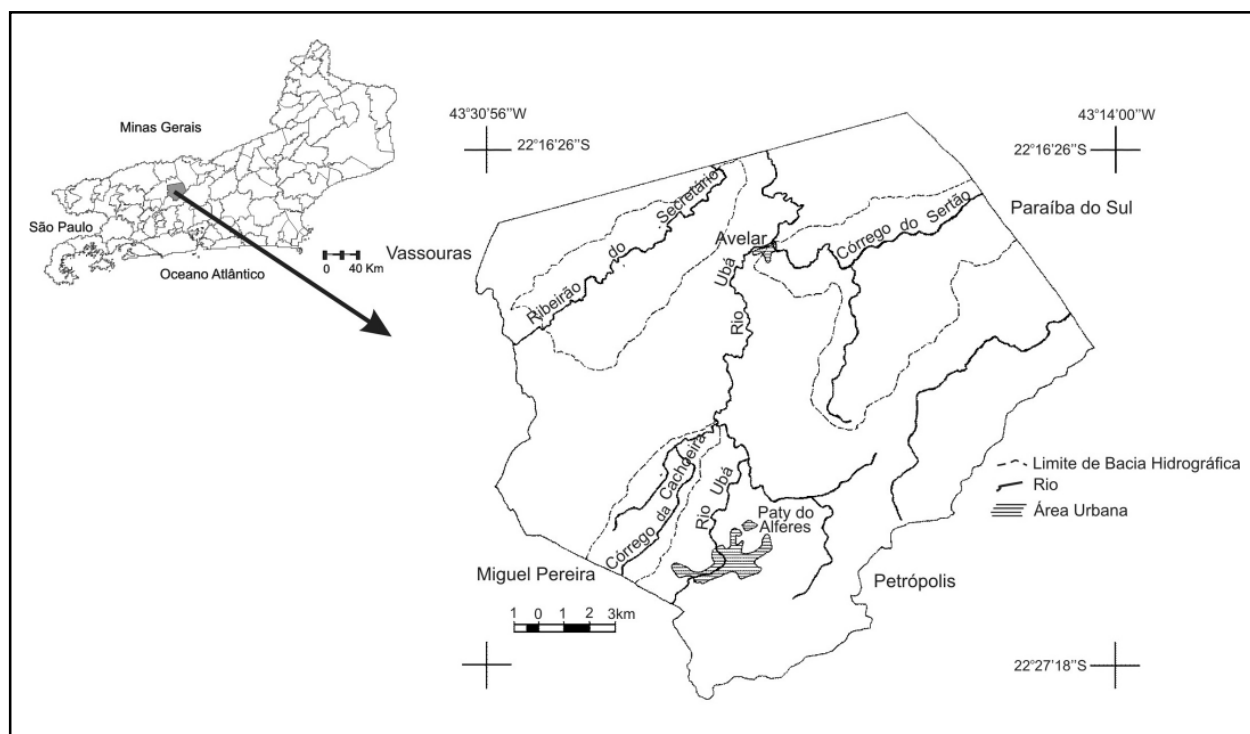


Figura 1 - Localização do município de Paty do Alferes, no Estado do Rio de Janeiro, e da bacia do Ribeirão do Secretário, a noroeste do município, analisada neste estudo.

O relevo é caracterizado por contrastes marcantes entre os domínios serranos, compondo degraus escarpados e reafeiçoados, com orientação estrutural predominante NE-SW, e os compartimentos de colinas entre estes. A litologia compreende rochas metamórficas pré-cambrianas, relacionadas por Calderano & Lemos (1998) às seguintes unidades: a norte, à Unidade Santo Eduardo, constituída por gnaisses, especialmente biotita-gnaisses, associados a migmatitos; a sul-sudeste, à Unidade Rio Negro, constituída por migmatitos. Tais unidades são cortadas nas principais zonas de fraturamento por diques de rocha básica, relacionados ao magmatismo básico de idade cretácica. São documentados também depósitos argilo-arenosos nos topos aplainados, materiais colúviais nas encostas constituindo rampas de colúvio, pacotes aluviais compondo diferentes níveis de traço fluvial e depósitos de natureza alúvio-colúvial na transição entre encostas e fundos de vale, configurando as feições de rampas de alúvio-colúvio.

Moura et al. (1998) identificaram três domínios geomorfológicos principais no município: a) domínio de degraus/serras escarpados e reafeiçoados da vertente interior da Serra do Mar, caracterizado por desnivelamentos altimétricos acima de 200m e situado ao sul/sudeste do município; b) domínio de colinas deprimidas, compreendendo compartimentos de colinas suaves e de colinas dissecadas, que ocupam o setor central do município; c) domínio de degraus/serras reafeiçoados e colinas/morros dissecados da Zona de Alinhamentos do Paraíba do Sul, localizado ao norte do município, que apresenta classes de desnivelamento altimétrico variadas. Neste último domínio verifica-se lineamentos de relevo (vales e cristas) com orientações NW-SE e NE-SW, associados às estruturas da Zona de Cisalhamento do Paraíba do Sul (Almeida, 2000), além de freqüentes níveis de base locais associados ao afloramento do embasamento cristali-no nos fundos de vale.

O médio-baixo vale do Ribeirão do Secretário encontra-se inserido no domínio geomorfológico da Zona de Alinhamentos do Paraíba do Sul, compreendendo uma área aproximada de 31km², com predomínio de declividades acima de 20%. Gradientes inferiores restringem-se basicamente a áreas de planície fluvial e a feições de topos aplainados. O cultivo de olerícolas ocupa espaços reduzidos na bacia, predominando a pecuária extensiva realizada em áreas de pasto e pasto sujo; manchas de floresta e capoeira também são restritas. Palmieri et al. (1998) identificaram nesta área o predomínio de Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo, seguidos de Cambissolo Háplico e Latossolo Vermelho-Amarelo. Em topos aplainados e segmento superior das elevações ocorre Latossolo Amarelo, enquanto nas planícies fluviais e na base das cabeceiras de drenagem estão presentes Cambissolo Háplico de caráter gleico e Gleissolo Háplico ou Melânico.

Metodologia

A tipologia de feições erosivas lineares empregada foi desenvolvida a partir de estudos sobre a dinâmica evolutiva da paisagem durante o Quaternário na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, que registram sucessivos episódios de erosão e sedimentação nas encostas e fundos de vale, resultando em diferentes padrões geométrico-estratigráficos de cabeceiras de drenagem (Moura & Mello, 1991; Moura et al., 1991). As feições erosivas canalizadas encontram-se instaladas em diferentes segmentos geomorfológicos das cabeceiras de drenagem (bacias de 0 a 2ª ordem), ou de encostas diretamente ligadas aos canais fluviais de maior ordem hierárquica, sendo a geometria das encostas e as discontinuidades existentes nas seqüências deposicionais reconhecidas como importantes condicionantes dos processos erosivos lineares (Oliveira & Meis, 1985; Peixoto et al., 1989; Oliveira, 1990; Coelho Netto, 1997).

As incisões identificadas como voçorocas apresentam largura e profundidade bem superiores a 1m, com predomínio de processos erosivos subsuperficiais em sua evolução. As ravinas apresentam largura e profundidade inferiores a 50cm, com atuação predominante de processos hídricos superficiais. Nos dois tipos, a extensão do canal erosivo pode variar de algumas unidades a dezenas de metros.

As voçorocas conectadas à rede fluvial são documentadas nos fundos de vale e reentrâncias das cabeceiras de drenagem preenchidas por depósitos aluviais e alúvio-colúviais datados do Holoceno inicial a médio (Figura 2), com crescimento remontante controlado pelo nível de base do rio adjacente. São canais erosivos com fluxo d'água sazonal ou mesmo permanente, que na área em estudo apresentam dimensões superiores a 20m de comprimento e 1,5m de profundidade, em média, chegando a alcançar 200m de comprimento e mais de 10m de profundidade. A intercalação de camadas sedimentares com propriedades físicas contrastantes, a morfometria das áreas de contribuição favorecendo a convergência e velocidade do escoamento superficial e subsuperficial constituem os principais controles apontados para este tipo de erosão (Oliveira, 1989; 1990; Peixoto et al., 1989, Coelho Netto, 1997; entre outros).

Os canais erosivos desconectados da rede fluvial desenvolvem-se predominantemente em segmentos de encosta constituídos por materiais de alteração das litologias do embasamento cristalino ou por solos formados nos depósitos colúviais e alúvio-colúviais (Figura 2). Não exibem fluxo d'água permanente, porém, há grande variação de dimensões, especialmente o comprimento do canal erosivo. Salgado et al. (1995) analisaram algumas propriedades físicas das coberturas sedimentares/pedológicas associadas à ocorrência deste tipo de feição erosiva, identificando que as coberturas com menor estabilidade de agregados do solo, maior

percentual de microporos e de silte, além de maiores valores de densidade do solo apresentavam grande frequência de ravinas e voçorocas desconectadas. Outros fatores que contribuem para o desencadeamento e evolução destas incisões erosivas estão associados às rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, à geometria do relevo, ao manejo do solo e a obras e instalações urbanas e rurais – estradas, cercas etc. (Salgado et al., 2001).

Devido à grande variedade de situações geomorfológicas e dimensões documentadas neste tipo erosivo e à escala das fotografias aéreas utilizadas para execução do mapeamento (escala 1:20.000), optou-se pela agregação de voçorocas e ravinas numa mesma classe para representação cartográfica, considerando como critério principal de identificação da classe a falta de conexão direta com o canal fluvial adjacente, denominada, assim, de ravina/voçoroca desconectada da rede de drenagem.

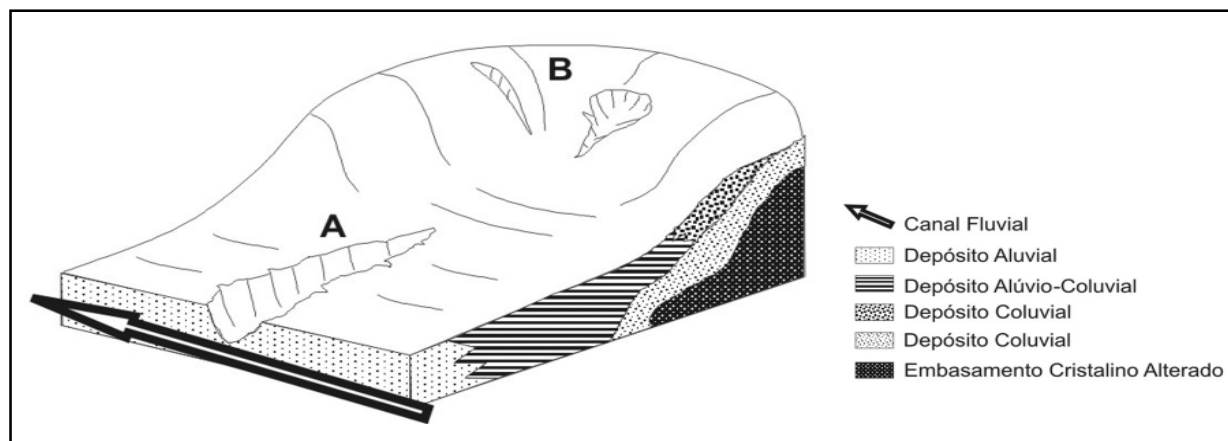


Figura 2 - Bloco diagrama ilustrando a situação de ocorrência de voçorocas conectadas à rede de drenagem (A) e de ravinas/voçorocas desconectadas da drenagem (B) em relação aos segmentos geomorfológicos e à estrutura subsuperficial do relevo - Paty do Alferes (RJ).

Tanto as feições erosivas conectadas como as desconectadas da rede de drenagem foram classificadas de acordo com a condição de atividade – ativa ou inativa – nos mapeamentos executados sobre fotografias aéreas de 1968 e 1996, utilizando-se os seguintes critérios: a) a identificação de taludes (paredes) nos canais erosivos com declives acentuados e com exposição dos materiais (cicatrices expostas), assim como a exposição das suas calhas, como indicadores de condição de atividade; b) a suavização do entalhe erosivo e o seu recobrimento pela vegetação como indicadores de condição de inatividade (ainda que temporária) dos processos que levam ao aumento da profundidade e largura da feição erosiva. Junto com a identificação e delimitação das feições erosivas, foi efetuado o reconhecimento de feições deposicionais quaternárias (Moura, 1990; Moura e Silva, 1998).

As fotografias aéreas dos anos de 1968 e de 1996, verticais pancromáticas, na escala aproximada de 1:20.000, e a base cartográfica utilizada para plotagem das feições erosivas e deposicionais, também em escala 1:20.000 (Prefeitura Municipal de Paty do Alferes), foram disponibilizadas pela EMBRAPA-Solos (Rio de Janeiro). Após a plotagem, o mapa resultante foi digitalizado, vetorizado e georreferenciado através dos programas AutoCad e ArcView 3.2. Nos trabalhos de campo foram efetuados a checagem das classificações, o preenchimento de fichas de cadastro das feições erosivas e conferida sua localização por GPS.

A partir dos mapeamentos elaborados, seguindo os critérios especificados, e das verificações em campo, procedeu-se a contagem dos diferentes tipos de incisões erosivas, o cálculo de frequências para os anos de 1968 e 1996 e a avaliação do estado de atividade no período considerado. Foram analisadas e computadas, também, a ocorrência de ravinas e voçorocas desconectadas segundo as geometrias básicas de encosta (retilínea, côncava e convexa) e o uso do solo (mapa elaborado por Carvalho Jr. et al., 1998, além de marcas deixadas por cultivos pretéritos), buscando avaliar sua participação no desenvolvimento das incisões erosivas.

Resultados e Discussão

O mapeamento efetuado sobre as fotografias aéreas do ano de 1968 permitiu identificar um total de 242 feições erosivas (Tabela 1), sendo 201 (83%) ravinas e voçorocas desconectadas da rede de drenagem e 41 (16%) voçorocas conectadas. Entre as feições desconectadas, a maior parte (62%) encontrava-se ativa, apresentando cicatrizes expostas e taludes (paredes) íngremes, sendo as incisões inativas caracterizadas por cicatrizes ainda evidentes, porém, com taludes suavizados e geralmente ocupadas por vegetação. Em relação às voçorocas conectadas à drenagem, havia em 1968 um marcante predomínio de feições inativas (87%), apresentando entalhes erosivos vegetados e/ou pouco acentuados.

Tabela 1 - Frequências absoluta e relativa de incisões erosivas lineares desconectadas e conectadas à drenagem e condição de atividade em 1968 e 1996 - médio-baixo curso da bacia do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ).

Conexão com a rede de drenagem	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	Atividade	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)
Ano: 1968					
Ravinas/voçorocas desconectadas	201	83,1	Ativas	126	62,7
			Inativas	75	37,3
Voçorocas conectadas	41	16,9	Ativas	5	12,2
			Inativas	36	87,8
Ano: 1996					
Ravinas/voçorocas desconectadas	202	83,1	Ativas	81	40,1
			Inativas	121	59,9
Voçorocas conectadas	41	16,9	Ativas	4	9,7
			Inativas	37	90,2

No mapeamento referente ao ano de 1996 foi identificado apenas o acréscimo de 01 incisão erosiva desconectada (totalizando 202) conservando-se o total de voçorocas conectadas à drenagem (41). A análise da condição de atividade do conjunto de canais erosivos permitiu verificar que a grande maioria das voçorocas conectadas continuou inativa (90%), ocorrendo a estabilização de 01 incisão erosiva no intervalo de tempo considerado.

Foram identificadas as seguintes situações associadas à ocorrência de voçorocas conectadas inativas: a) erosão total dos pacotes sedimentares alúvio-coluviiais das reentrâncias e fundos de vale entulhados, resultante da expansão longitudinal e lateral dos canais erosivos remontantes (tronco principal, ramificações laterais ou dígito da cabeceira do canal); b) alcance da rocha sã pela incisão erosiva, formando níveis de base locais que impedem o aprofundamento da voçoroca; c) construção de pequenos açudes para irrigação de cultivos aproveitando o canal erosivo, diminuindo a exposição dos taludes. Em todas es-

tas situações verificou-se a retenção de sedimentos produzidos pelo recuo das cabeceiras e pelo solapamento dos taludes laterais do canal erosivo, freqüentemente acompanhado da formação de brejos na sua calha, denotando a redução dos mecanismos responsáveis pelo aprofundamento da incisão erosiva (Figura 3).

No caso das ravinas/voçorocas desconectadas, entretanto, verificou-se em 1996 uma significativa mudança na condição de atividade, com o predomínio de incisões inativas (59%) em relação às ativas (40%). A nova incisão ativa documentada situava-se em área de cultivo abandonado.

Na tabela 2 pode ser visualizado o comportamento das feições desconectadas entre os anos de 1968 e 1996. Das incisões erosivas identificadas como ativas em 1968, 36% continuaram apresentando feições indicativas de expansão lateral e/ou longitudinal, mesmo que reduzido, com avanço da cabeceira do canal e queda de paredes laterais. Apenas 2% das feições inativas em 1968 voltaram à atividade em 1996.

Tabela 2 - Frequências absoluta e relativa de ravinas/voçorocas desconectadas da drenagem com diferentes comportamentos quanto ao estado de atividade nos anos de 1968 e 1996 - médio-baixo curso da bacia do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ).

Tipos de ravinas/voçorocas desconectadas da drenagem	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Feições que permaneceram ativas	74	36,63%
Feições que voltaram à atividade	4	1,98%
Novas feições ativas	1	0,49%
Feições que se tornaram inativas	56	27,72%
Feições que permaneceram inativas	67	33,17%

As ravinas/voçorocas desconectadas que permaneceram ativas entre 1968 e 1996 estão concentradas a sudeste da área analisada (Figura 3), constituindo conjuntos de incisões paralelas na Serra da Tetéia, compartimento topográfico de degraus/serras reafeiçoados com desnivelamento altimétrico de 200-250m e gradientes acentuados. Houve plantio de eucaliptos por parte dos proprietários, na tentativa de reduzir a erosão, sem resultados efetivos. De forma geral, as incisões erosivas que permaneceram ativas no período analisado se caracterizam por extensões superiores a 15m e profundidades acima de 2m.

Do conjunto de incisões identificadas como inativas em 1968, 33% mantiveram-se nesta condição em 1996. Em trabalhos de campo realizados após o ano de 1998 observou-se que algumas destas incisões desconectadas não existiam mais, principalmente em função do manejo agrícola, tendo sido obliteradas no preparo dos solos para cultivo.

As ravinas/voçorocas desconectadas ativas em 1968 que se tornaram inativas em 1996 constituem 27% do total.

De modo similar às incisões conectadas, verificou-se através dos levantamentos de campo a ocorrência de horizontes de solo mais resistentes ou o afloramento da rocha sã ou pouco alterada nestes canais erosivos. A colonização pela vegetação de campos sujos, de pequeno e médio porte, indica esta mudança de condição de atividade da feição, contribuindo ocasionalmente para a manutenção da sua estabilidade.

Outra situação verificada foi a remoção de volumes significativos da cobertura pedológica levando à exposição do embasamento pouco alterado. A sul da área analisada, por exemplo, um conjunto de 04 voçorocas localizadas em compartimento topográfico com desnivelamento altimétrico de 250 a 300m, declividade acima de 45% e solos muito rasos praticamente desapareceram devido à erosão da cobertura pedológica. O cultivo de olerícolas na área, realizado em quadras deslocadas continuamente, somado ao elevado comprimento e declividade das encostas, intensificaram a erosão a ponto de remover os solos pouco espessos, extinguindo assim os próprios canais erosivos.

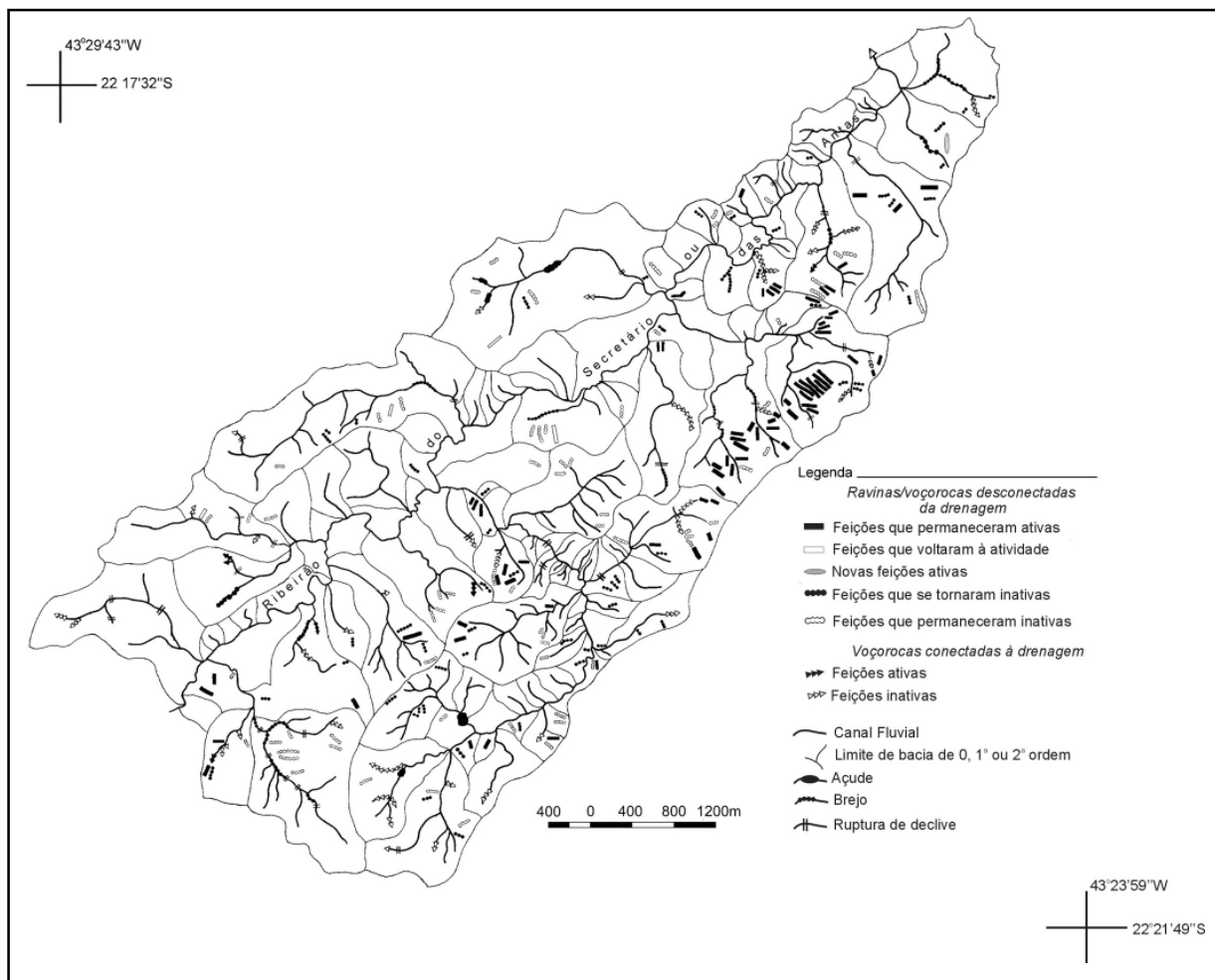


Figura 3 - Mapa de feições erosivas lineares conectadas e desconectadas da rede de drenagem segundo o comportamento quanto ao estado de atividade nos anos de 1968 e 1996, elaborado para o médio-baixo curso da bacia do Ribeirão do Secretário, município de Paty do Alferes (RJ).

O reconhecimento dos segmentos geométricos de encosta com ocorrência de feições erosivas desconectadas permitiu identificar que aproximadamente 80% destas incisões encontra-se em encostas laterais e frontais das cabeceiras de drenagem, cuja geometria é predominantemente retilínea em perfil e em planta, ocorrendo secundariamente em segmentos convexos. Os segmentos côncavos em planta e perfil, correspondentes às reentrâncias (*hollows*) de cabeceiras de drenagem, apresentaram uma ocorrência muito reduzida de feições erosivas desconectadas. A existência de solos pouco profundos, geralmente com horizonte B textural, ou o afloramento de saprolitos fráveis nos segmentos de gradiente acentuado, característicos das encostas laterais e frontais das cabeceiras de drenagem nos compartimentos colinosos e de degraus reafeiçoados na região, são interpretados como os principais condicionantes para o desenvolvimento deste tipo de incisão na bacia do Ribeirão do Secretário.

Tais características são observadas principalmente no setor sul-sudeste da bacia, onde está concentrada a maior parte das ravinas/voçorocas desconectadas da rede de drenagem. Esta área é caracterizada por compartimentos com grande desnivelamento altimétrico (entre 100 e 300m), apresentando vertentes longas e declivosas (declividade de 30 a 60%) e topos estreitos em forma de crista – fatores topográficos que contribuem para aumentar o poder erosivo dos fluxos hídricos superficiais. Predominam os Argissolos (Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo), seguidos de Cambissolo Háplico, cuja presença de horizonte B textural (Argissolo) e/ou sua pequena espessura configuram descontinuidades em profundidade para a circulação vertical de água, produzindo fluxos laterais internos que favorecem a remoção dos horizontes superficiais de solo.

Outro fator condicionante de erosão linear a ser considerado é a lito-estrutura. Neste caso, Silva et al. (2003), analisando a influência de aspectos geológicos sobre a erosão linear na mesma bacia hidrográfica, constataram que várias voçorocas desconectadas apresentavam a direção NW-SE, uma das principais direções dos lineamentos estruturais da região. A influência do controle estrutural na bacia do Ribeirão do Secretário também pode ser visualizada por meio dos rios, sendo que o rio principal e os afluentes mais extensos dispõem-se na direção NE-SW (a principal na Região Sudeste do Brasil), enquanto os canais fluviais menores (e mais numerosos) apresentam direção NW-SE, ortogonal à primeira. No interior de algumas incisões erosivas também foram encontradas feições de foliação da rocha, fator que contribui para instabilidade de solos e de materiais de alteração em encostas (Fernandes & Amaral, 1996).

A área correspondente à margem esquerda do Ribeirão do Secretário e uma estreita faixa da margem direita, no setor norte da bacia, apresentam menor incidência de incisões erosivas desconectadas, em sua grande maioria inativa. Nelas predominam compartimentos topográficos com desnivelamento inferiores a 100m, caracterizados por morros suaves e arredondados com topos muito amplos.

O manejo dos solos para o cultivo de olerícolas é reconhecido como um dos principais fatores responsáveis pela deflagração dos processos erosivos no município de Paty do Alferes, segundo Kunzmann et al. (1998). Na bacia analisada, verificou-se a ocorrência de algumas incisões desconectadas sobre as faixas de deslocamento das colheitas (zorras), em cultivos abandonados e, mais raramente, associadas a estradas vicinais e ao pisoteio do gado.

Considerando a introdução destes cultivos na região anteriormente a 1968, as técnicas inadequadas utilizadas, a alta mobilidade das áreas cultivadas e sua localização predominante nos setores de média e alta encosta, pode-se relacionar um conjunto significativo de ravinas/voçorocas desconectadas da drenagem ao uso do solo durante as últimas 5 décadas. Entretanto, a análise efetuada acerca do comportamento temporal destas feições na bacia do Secretário indica uma tendência em direção à sua estabilização (expressa na condição inativa, 60,9% do total de incisões desconectadas) durante o período 1968-1996, e não ao surgimento de novas incisões, evidenciando a necessidade de aprofundamento dos mecanismos envolvidos e avaliação dos controles morfológicos, dos materiais (solos e pacotes sedimentares) e hidrológicos no estabelecimento de limiares de estabilidade/instabilidade na evolução das feições erosivas lineares desconectadas.

Conclusões

O mapeamento de feições erosivas lineares conectadas e desconectadas da rede de drenagem, executados para os anos de 1968 e 1996, na bacia do Ribeirão do Secretário, em Paty do Alferes (RJ), permitiram uma avaliação do seu comportamento temporal quanto à atividade, da sua distribuição espacial e das relações com as características topográficas e geométricas, os tipos de solos, os depósitos quaternários e o uso do solo.

As feições erosivas conectadas correspondem a 17% das incisões identificadas, constituindo voçorocas remontantes desenvolvidas nas reentrâncias (*hollows*) e fundos de vale entulhados por depósitos aluviais e alúvio-coluviais holocênicos, relacionados a terraços fluviais e rampas de alúvio-colúvio (Moura, 1995; Moura & Silva, 1998). Cerca de 87 %

das voçorocas conectadas à drenagem permaneceram inativas no período 1968-1996, tendo sido reconhecidos os seguintes fatores de estabilização das incisões: erosão parcial ou total do pacote alúvio-coluvial de preenchimento de fundos de vale/reentrâncias de cabeceiras entulhadas; afloramento do substrato rochoso e construção de açudes nos canais erosivos, configurando novos níveis de base na voçoroca.

As feições erosivas desconectadas (83% do total) situam-se predominantemente nos segmentos de alta e média encosta, em encostas laterais e frontais da drenagem formadora (bacias de 0 a 2ª ordem) ou diretamente ligadas a canais de maior nível hierárquico. Constatou-se uma tendência à estabilização das ravinas/voçorocas desconectadas da rede de drenagem no período 1968-1996, relacionada a: evasão parcial ou total da cobertura pedológica passível de sofrer erosão (destacamento e transporte); afloramento de horizontes de solo mais resistentes ou do substrato rochoso pouco alterado e colonização por espécies vegetais, reduzindo a taxa de crescimento das dimensões do entalhe erosivo. O cultivo de olerícolas na área, realizado em quadras deslocadas continuamente, somado ao elevado comprimento e declividade das encostas, podem intensificar a erosão a ponto de remover os solos pouco espessos, extinguindo assim os próprios canais erosivos. A permanência de feições erosivas ativas mostra-se relacionada à presença de encostas longas com declividade acentuada, predomínio de solos com horizonte B textural e/ou solos pouco profundos – aspectos observados em compartimentos topográficos com maior desnivelamento altimétrico, e a controles lito-estruturais.

O cultivo de olerícolas, caracterizado por manejo inadequado à conservação do solo e com grande mobilidade espacial, contribui certamente para o desencadeamento e incremento da suscetibilidade dos solos à erosão. Entretanto, devem ser analisados os fatores geomorfológicos e pedológicos especificados anteriormente para a compreensão da tendência à estabilização verificada no comportamento das ravinas e voçorocas desconectadas e conectadas à drenagem, e ainda considerado o caráter recorrente do processo erosivo, vinculado a alterações nos fatores desencadeadores ou de estabilização das feições erosivas.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Doutor Francesco Palmieri (*in memoriam*), da EMBRAPA-Solos (Rio de Janeiro), coordenador do projeto de pesquisa “Interações ambientais tendo em vista o desenvolvimento sustentável das microbacias dos afluentes do córrego do Saco-rio Ubá nos municípios de Paty do Alferes e Miguel Pereira - RJ” (apoio FINEP/PADCT – Sub-programa de Ciências Ambientais), executado no período de 1996 a 2000, bem como à equipe envolvida neste projeto, o apoio integral ao desenvolvimento deste estudo.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, J. C. H. Zonas de cisalhamento dúctil de alto grau do médio vale do Rio Paraíba do Sul. Rio Claro, 2000. 190p. (Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista/UNESP).
- BOCCO, G. Gully erosion: processes and models. **Progress in Physical Geography**, v. 15, n. 4, p. 392-406, 1991.
- CALDERANO, S.B. & LEMOS, A.L. Estudos geológicos no município de Paty do Alferes. In: Workshop Nacional de Agricultura Sustentável em Regiões Tropicais de Relevo Acidentado, 3, Paty do Alferes, 1997. **Boletim de Pesquisa**, n. 9, Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 1998. CD-Rom.
- CARVALHO JÚNIOR, W.; CALDERANO FILHO, B & VIEIRA, E.G.M. Uso atual das terras do município de Paty do Alferes e sub-bacias dos afluentes do córrego do Saco-rio Ubá, Estado do Rio de Janeiro. In: WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO, 3, Paty do Alferes, 1997. **Boletim de Pesquisa**, n. 9, Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 1998. CD-Rom.
- COELHO NETTO, A.L. Mecanismos e condicionantes geohidrológicos do voçorocamento em ambiente rural: implicações na estabilidade de encostas. In: CONG. BRAS. CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **Anais...**, Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 1997. CD-Rom.
- COSTA, F.M. & SOBREIRA, F.G. Estudo preliminar das voçorocas da bacia do rio Carioca, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7, Goiânia, 2001. **Anais...** Goiânia, ABGE, 2001. CD-Rom.
- DOMINGUES, E.N.; ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A.; ABE, K. & KITADA, M. Tipologia e distribuição dos processos erosivos na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista, SP. **R bras. Ci. Solo**, v. 22, n. 1, p. 141-149, 1998.
- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A. J. T. org. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p. 123-194.
- KUNZMANN, M.; PRINZ, D.; PALMIERI, F; COELHO, R. G.; GOUVEIA, R. F.; NÚÑEZ, J. E. V; EIRA, P. A.; LEMOS, A. L. & PAULA, J. L. Avaliação da perda de solo para diferentes manejos do solo no município de Paty do Alferes, RJ: um aspecto do projeto DESUSMO. **Boletim de Pesquisa**, EMBRAPA-CNPS, n.8, CD-Rom. 1998.

- MARQUES, J. & PINHEIRO, F.M.A. Estudos hidrometeorológicos de Paty do Alferes, RJ: resultados preliminares. In: WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO, 3, Paty do Alferes, 1997. **Boletim de Pesquisa**, n. 9, Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 1998. CD-Rom.
- MOURA, J.R.S. **Transformações ambientais durante o Quaternário tardio no médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. Rio de Janeiro, 1990. 267p. (Dissertação de Doutorado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- MOURA, J.R.S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A.T. & CUNHA, S.B.C. (org.) 2 ed. **Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995. Capítulo 8, p. 335-364.
- MOURA, J.R.S. & MELLO, C.L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). **Rev. bras. Geoc.**, v. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.
- MOURA, J.R.S. & SILVA, T.M. Complexos de rampas de colúvio. In: CUNHA, S.B.C. & GUERRA, A.T. org. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. Capítulo 4, p. 143-180.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O. & SILVA, T.M. Geometria do relevo e Estratigrafia do Quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro - médio vale do rio Paraíba do Sul. **Rev. Bras. Geoc.**, v. 21, n. 3, p. 255-265, 1991.
- MOURA, J.R.S.; SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O.; SALGADO, C.M.; LESSA, L.A.; SANTOS, D.A.; ANDRADE, L.B. & BAYERL, E. Análise geomorfológica do município de Paty do Alferes (RJ). In: WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO, 3, Paty do Alferes, 1997. **Boletim de Pesquisa**, n. 9, Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 1998. CD-Rom.
- OLIVEIRA, M.A.T. Erosion disconformities and gully morphology: a threedimensional approach. **Catena**, v. 16, p. 413-423, 1989.
- OLIVEIRA, M.A.T. Slope geometry and gully erosion development: Bananal, São Paulo, Brazil. **Z. Geomorp.**, v. 34, n 4, p. 423-434, 1990.
- OLIVEIRA, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G.M. (org.) **Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. Cap. 2, p. 57-99.
- OLIVEIRA, M.A.T. & MEIS, M. R. M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada, Bananal (SP). **Geociências**, v. 4, p. 87-99, 1985.
- OLIVEIRA, M.A.T.; SBRUZZI, G. J. & PAULINO, L. A. Taxas de erosão por voçorocas no médio vale do rio Paraíba do Sul. In: VI Simpósio de Geografia Física Aplicada, Goiânia, **Anais**. Goiânia, UFG, p. 647-651, 1995.
- PALMIERI, F.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F.; PEREIRA, N.R.; MARTINS, J.S. & LARACH, J.O.I. Levantamento semi-detalhado de solos do município de Paty do Alferes e sub-bacias do córrego do Sacorio Ubá, Estado do Rio de Janeiro. **Boletim de Pesquisa**, EMBRAPA-CNPS, n.8, CD-Rom. 1998.
- PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. & SILVA, T.M. Morfometria de cabeceiras de drenagem em anfiteatros e a retomada erosiva por voçorocamento – Bananal (SP). In: SIMP. BRAS. DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3, Nova Friburgo (RJ), 1989. **Anais**. Nova Friburgo, IGEO/UFRJ, 1989. p. 149-174.
- POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRATEN, G. & VALENTIN, C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, no. 2-4, p. 91-133, 2003.
- SALGADO, C.M.; SANTOS, D.A.; PEIXOTO, M.N.O. & MOURA, J.R.S. Suscetibilidade das coberturas sedimentares/pedológicas quaternárias à erosão superficial hídrica em cabeceiras de drenagem em anfiteatro - região de Bananal (SP/RJ). In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, Goiânia, 1995. **Anais**. Goiânia, UFG, 1995. p. 640-646.
- SALGADO, C. M.; PEREIRA FILHO, C. A. S.; SILVA, T.P.; PEIXOTO, M.N.O. & MOURA, J.R.S. Avaliação de condicionantes geomorfológicos de feições erosivas desconectadas da drenagem na Bacia do Ribeirão do Secretário (município de Paty de Alferes – RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, Goiânia. **Anais**. Goiânia, ABGE, 2001. 10p. CD-Rom.
- SILVA, T. P.; SALGADO, C. M.; GONTIJO, A. H. F.; MOURA, J. R. S. A influência de aspectos geológicos na erosão linear - médio-baixo vale do ribeirão do Secretário (Paty do Alferes-RJ). **Geosul**, v.18, n. 36, p.131 - 150, 2003.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Glossary of soil science terms. Soil Science Society of America, Madson. 2001 (www.soils.org).
- WIJDENES, D.J.O.; POESEN, J.; VANDEKERCKHOVE, L. & GHESQUIERE, M. Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along anaephemeral channel in a Mediterranean environment. **Catena**, v. 39, p. 147-167, 2000.