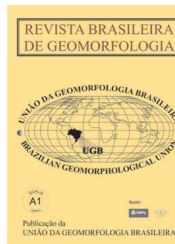


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 17, nº 1 (2016)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i1.712>



EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE VOÇOROCAS NO ESPÍRITO SANTO: ESTUDO DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE AFONSO CLÁUDIO E ALEGRE

SPACE-TIME EVOLUTION OF GULLIES IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO: CASE STUDY IN THE MUNICIPALITIES OF AFONSO CLAUDIO AND ALEGRE

Eberval Marchioro

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo, CEP: 29075-910, Brasil
Email: ebervalm@gmail.com*

Edilene E. Andrade

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo, CEP: 29075-910, Brasil
Email: edileneand@gmail.com*

João Carlos Oliveira

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo, CEP: 29075-910, Brasil
Email: jco.oliveira@hotmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
02/08/2015

Aceito (Accepted):
08/01/2016

Palavras-chave:

Erosão; Voçoroca; Bacia Hidrográfica.

Keywords:

Erosion; Gully; Watershed.

Resumo:

Esse trabalho analisa a evolução espaço-temporal de algumas voçorocas no Estado do Espírito Santo: uma localizada na Bacia Hidrográfica do Córrego das Flores, município de Afonso Claudio, e a outra, na ES-482, no município de Alegre. Para a realização deste trabalho, foram utilizadas fotografias aéreas de 1970, 2007 e 2012. A voçoroca da Bacia do Córrego das Flores apresentava, em 1970, uma área de 332m², perímetro de 140m, formato bulbiforme e apenas um filete erosivo. Em 2007, a voçoroca possuía uma área de 6.642m², perímetro de 691m e formato dendrítico. Já em 2012, sua área total era de 6.727m², perímetro de 677m, formato dendrítico. Em relação ao Córrego Varjãozinho, na ES-482, em 1970, a voçoroca não estava presente na paisagem. Em 2007, verificou-se a existência de quatro voçorocas, denominadas 1, 2, 3 e 4, que apresentaram, respectivamente, 56m² de área e perímetro de 37m; 89m² e 62m de perímetro; 118,6m² e 56,55m de perímetro; 42m² e 36m de perímetro, com formato linear. No ano de 2012, todas as voçorocas se conectaram devido à erosão dos solos, passando a apresentar uma área de 1.469,00m² e 356m de perímetro. A gênese atribuída à voçoroca do Córrego das Flores está associada às mudanças no uso e cobertura da terra, bem como à ocorrência de pipes em seu interior. Atualmente,

encontra-se esvaziada de sedimentos e em estágio de regeneração natural. Com relação à voçoroca da Bacia do Córrego Varjãozinho, sua origem e evolução estão associadas aos desvios de água superficial da ES-482, sem a implantação de escadas dissipadoras de energia até o sopé da encosta.

Abstract:

This study analyzes the space-time evolution of some gully erosions in the State of Espírito Santo, Brazil: one located on Córrego das Flores Watershed, in Afonso Cláudio, ES; the other, on Highway ES-482, in the municipality of Alegre, ES. In order to carry out this study, we employed aerial photographs of 1970, 2007 and 2012. In 1970, the gully erosion on Córrego das Flores Watershed was bulb-shaped; had an area of 332m², perimeter of 140m, and single erosion groove. In 2007, this gully had an area of 6.642m², perimeter of 691m and dendritic shape. In 2012, its total area was 6.727m², perimeter of 677m, and dendritic shape. As far as Córrego Varjãozinho watershed, on Highway ES-482, is concerned, the gully was not part of the landscape in 1970. In 2007, four gullies were found and named 1, 2, 3 and 4. They were linear and had areas and perimeters measuring 56m² and 37m; 89m² and 62m; 118.6m² and 56.55m; and 42m² and 36m, respectively. In 2012, all the four gullies were connected due to soil erosion, and started to have an area of 1.469m² and perimeter of 356m. The genesis attributed to Córrego das Flores gully is associated to changes in the use and coverage of the land, as well as occurrence of pipes inside it. Nowadays, it is emptied of sediments and under natural regeneration process. Concerning Córrego Varjãozinho Watershed gully, its origin and evolution are associated to deviation of surface water from ES-482, without the use of energy dissipating stepped spillways until the foothills.

Introdução

Os processos erosivos estudados pela geomorfologia estão presentes em diferentes escalas espaciais e temporais, tendo, contudo, uma ocorrência mais pronunciada nos países em desenvolvimento, com climas tropicais, devido à ausência de práticas de manejo e conservação e, também ao regime de chuvas (GREGORY, 1992; BIGARELLA, 2007; MARCHIORO; AUGUSTIN, 2007).

O reflexo do processo geomorfológico está presente na paisagem, em diferentes escalas espaço-temporais, as feições erosivas do tipo ravina e voçoroca. Essas feições erosivas resultam de uma tendência do sistema ambiental a atingir um estado de equilíbrio natural entre a energia disponível e a eficiência do sistema em dissipar esta energia (OLIVEIRA, 1999). Apesar de ocorrerem naturalmente na paisagem, a ação antrópica em diferentes escalas espaço-temporais tem causado desequilíbrio irreversível nos sistemas ambientais (MARCHIORO *et al.*, 2011; 2014).

Dentre as feições erosivas, as voçorocas se constituem na mais severa feição erosiva do solo e a que traz maiores prejuízos, pois são de grande poder destrutivo e sua recuperação é lenta e de difícil controle (MORGAN, 2005).

Em função dos prejuízos causados pelas voçoro-

cas ao ambiente, o estudo sistemático visa analisá-las quanto à sua origem, sua evolução e suas formas de contenção. Estes estudos foram realizados nas décadas de 1940 e 1950, nos países denominados desenvolvidos refletindo-se, posteriormente, no aumento das publicações em nível mundial (GOUDIE, 2006; GUERRA, 1995; GUERRA; BOTELHO, 1996).

No Brasil, como reflexo desse processo de evolução do conhecimento sobre as voçorocas, Augustin e Aranha (2006) salientam que as primeiras publicações específicas ocorrem na década de 1950 e com maior frequência a partir de 1970.

Entre os trabalhos com essa temática divulgados em periódicos internacionais, destaca-se o de Ireland *et al.* (1939) que, pioneiro no assunto, propôs uma classificação das voçorocas baseada na morfologia, além de Carson e Kirkby (1972); Young (1978), Schumm (1979) e Poesen (1989 e 1993) também buscaram compreender a gênese das voçorocas.

Já Begin e Schumm (1979) e Moore *et al.* (1988) estabeleceram a relação crítica das voçorocas com as formas das encostas.

Por sua vez, Betts e DeRose (1999), Archibold *et al.* (2003), Avni (2005) e Aber *et al.* (2010) salientaram a importância do monitoramento da evolução das voçorocas, por meio da utilização de fotografias aéreas

e imagem de satélite, observando sua relação com os parâmetros ambientais, entre diversos outros.

Em termos nacionais, podem-se citar as pesquisas de Fleury (1983), Bigarella e Mazuchowski (1985), Coelho Netto *et al.* (1988), Coelho Netto (1998, 2003), Guerra (1995, 2005), Guerra e Botelho (1996), Paisani e Oliveira (2001), Bacellar *et al.* (2005), Drumond e Bacellar (2006), Salomão (2007), Francisco *et al.* (2010), Marchioro e Oliveira (2014), Marchioro e Andrade (2014).

Diante da importância do estudo das voçorocas, verifica-se uma diversidade de métodos de análise, como os convencionais, como os de monitoramento por estacas erosivas e por meio do uso de estação total (GUERRA, 2005; VRIELING *et al.*, 2007). Também, dispositivos ópticos, como fotografias aéreas, sensoria-mento remoto e, mais recentemente, o escâner terrestre, denominado de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, permite aumentar a resolução da avaliação em curto prazo (RAMOS, 2010; CASTILLO *et al.*, 2012).

Apesar desses avanços na tecnologia, Tricart (1966) salienta que os dispositivos ópticos capazes de expressar a evolução espaço-temporal de voçorocas ao longo de uma escala histórica em diferentes regiões brasileiras são as fotografias aéreas e as imagens de satélites.

Tendo em vista que o avanço no conhecimento da evolução espaço temporal da feição erosiva voçoroca é importante para os estudos geomorfológicos, subsidiando o planejamento ambiental, este trabalho contribui para o entendimento da evolução espaço-temporal de algumas voçorocas no Estado do Espírito Santo: uma localizada na Bacia Hidrográfica do Córrego das Flores, município de Afonso Claudio, e a outra, na ES-482, no município de Alegre.

Voçoroca: Em Busca de um Conceito Universal

Segundo Vieira (1978), Oliveira e Meis (1985), o significado etimológico dos termos boçoroca ou voçoroca é proveniente da junção de duas expressões do tupi-guarani, *ibi* (terra) e *soroc* (rasgão), ou seja, voçoroca (*gully*, em inglês) seria um “rasgão na terra”. Apesar do consenso sobre a origem do termo, existem várias definições para voçoroca nas geociências. Algumas são baseadas no critério dimensional, por conexão com o lençol freático e para fins agrícolas.

Um dos primeiros autores a destacar o papel das ravinas e voçorocas no processo geomorfológico foi Horton (1945), chamando a atenção para condutores de água e sedimentos, bem como para embriões de um sistema de drenagem (GUERRA, 1997).

Para fins agrícolas, voçorocas são feições erosivas que não podem ser obliteradas pela ação humana nem por uso de máquinas. Ao contrário das ravinas, que podem ser obliteradas. Tal definição reflete a importância dessas feições na prática agrícola, sem levar em consideração o critério dimensional (FAO, 1965).

Com relação ao critério dimensional, Foster (1982) e Bergsma *et al.* (1996) diferenciaram ravina e voçoroca pela profundidade e largura. A voçoroca é superior a 30cm de largura e profundidade.

A conceituação utilizada pela *Soil Science Society of America* (SSSA), adotada por um conjunto de estudos desenvolvidos no Brasil, define o termo voçoroca como um canal resultante de erosão causado por fluxos de água concentrados, intermitentes e relacionados com a chuva, e que interfere em operações normais de cultivo apresentando profundidade e largura superior a 50cm.

Trabalhos desenvolvidos por Heede (1970), Imeson e Kwaad (1980) e Poçano e Prandini (1987) corroboram o critério de definição da voçoroca a partir da dimensão de profundidade e largura de 50cm. Mesmo concordando com o critério dimensional, Imeson e Kwaad (1980) salientaram arbitrariamente que voçorocas são feições erosivas com profundidade e largura superiores a 100cm, diferenciando da dimensão apresentada pela SSSA.

Oliveira (1999) informou que, devido à maior aceitação da comunidade científica nacional brasileira, assim como a padronização com a literatura internacional, facilitando a comunicação entre ambos, optou por classificar voçoroca como feição erosiva com largura e profundidade superiores a 50cm.

Poesen *et al.* (2003), entretanto, a partir da análise de vários trabalhos sobre erosão linear em diferentes porções do planeta, admitiram a dificuldade de estabelecer critérios dimensionais rígidos de distinção entre ravinas e voçorocas, apontando a voçoroca como uma feição com uma área mínima de 1m², sem estabelecer largura e profundidade mínima.

Para o Instituto Paulista de Tecnologia, uma voçoroca é esculpida pelo afloramento de lençol freático, e ravina, pela ação da água de escoamento

superficial (CANIL *et al.*, 1995). Contudo, Oliveira (1999) destacou que esse conceito lança no meio acadêmico uma confusão, pois opõe mecanismos que com frequência interagem em diferentes estágios do processo erosivo.

Área de estudo

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram escolhidas duas áreas experimentais, uma na bacia hidrográfica, localmente intitulada de Córrego das Flores, no município de Afonso Claudio (ES), denominada

Área 1, e outra na bacia hidrográfica intitulada Córrego Varjãozinho, na ES 482, no município de Alegre (ES), denominada de Área 2 (Figura 1). A escolha dessas duas áreas experimentais rurais deve-se à disponibilidade de fotografias aéreas no mesmo tempo histórico estudado, assim como a diversidade de características evolutivas envolvidas.

Conforme citado no parágrafo anterior, devido à ausência de denominação nas cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Estatística, essas duas bacias hidrográficas não possuem denominação oficial, adotando-se, neste trabalho, a estabelecida pela população local.

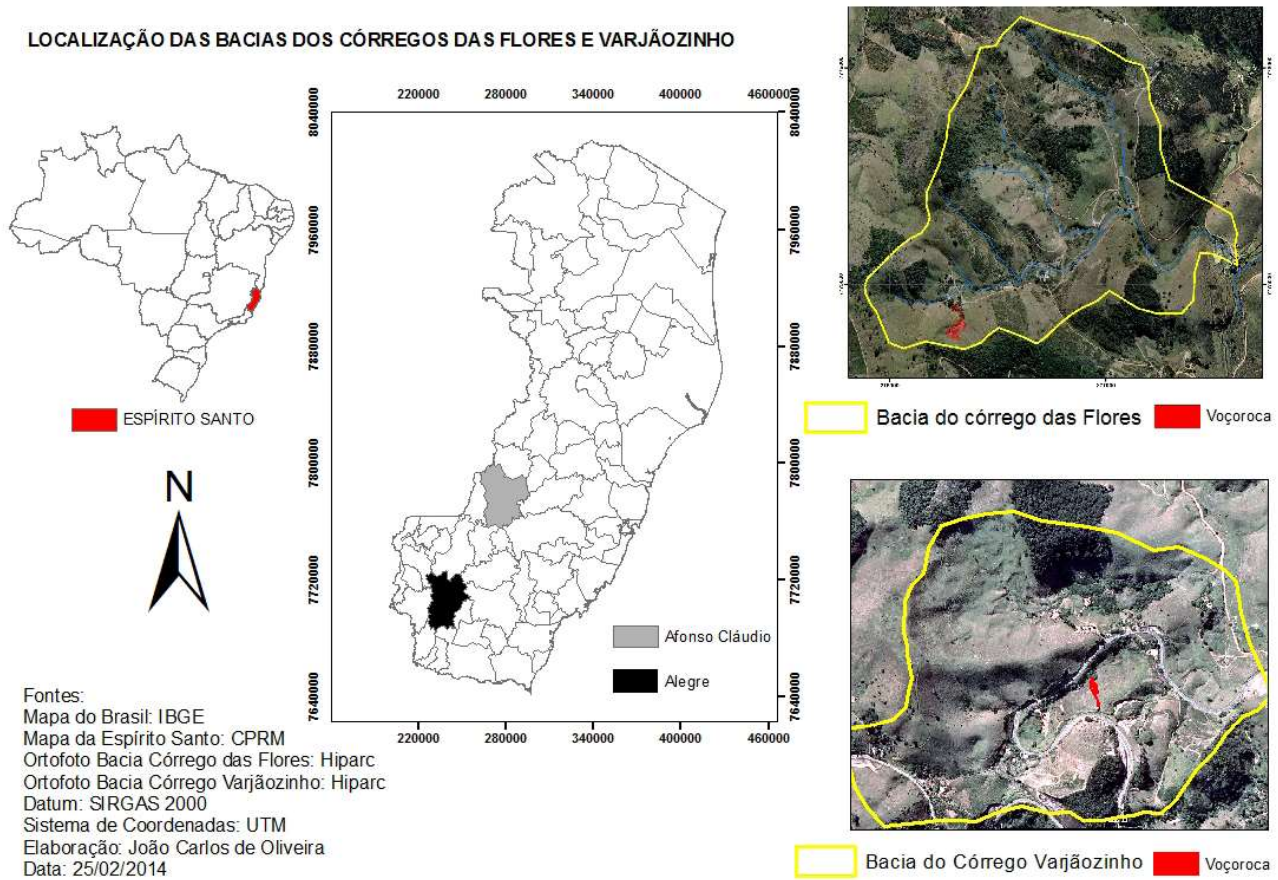


Figura 1 - Áreas de estudo da evolução espaço temporal de voçorocas no Estado do Espírito Santo

Na área da bacia hidrográfica do Córrego das Flores, em Afonso Cláudio (ES), está inserida a voçoroca localizada entre as coordenadas geográficas “20° 08’ 20,9 de latitude sul e 41°08’ 20,9” de longitude oeste (Datum SIRGAS 2000) e possui uma área de drenagem de 1.564km².

O clima do município de Afonso Claudio, segundo Drumond (1993), é do tipo tropical úmido. O total

pluviométrico anual é de 1500mm, podendo chegar até 2000mm em altitudes superiores a 800m. O período mais chuvoso está compreendido entre os meses de novembro e abril, tendo uma estação de seca no intervalo de maio a outubro, podendo haver variações locais nas zonas mais elevadas (DRUMOND, 1993). A temperatura do ar chega a um máximo de 36° C, nos meses de janeiro a dezembro; nos períodos mais frios,

cai abaixo de 10° C (DRUMOND, 1993).

A área estudada insere-se na Unidade Geológica Complexo Paraíba do Sul, reclassificado como Complexo Nova Venécia (MACHADO FILHO *et al.*, 1983; SIGNORELLI, 1993) composta por um conjunto de gnaisses e migmatitos, bandados e cataclazados.

A área estudada da bacia hidrográfica do Córrego das Flores encontra-se inserida na *Unidade Geomorfológica Maciços do Caparaó*. De modo geral, o relevo desta unidade apresenta-se com grandes formas alongadas de topos e encostas convexas, onde se desenvolvem alterações profundas, resultando em espessos mantos argilosos (GATTO *et al.*, 1983). As classes de solos predominantes no município de Afonso Cláudio, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), (EMBRAPA, 2006), na escala de 1:400.000, são: Cambissolo Háptico, Latossolo Vermelho-Amarelo e Nitossolo Vermelho.

Segundo Barcellos (2013), em virtude do relevo acidentado, Afonso Cláudio possui inúmeros rios e riachos que cortam todo o município, desaguando no principal rio da cidade, o Rio Guandu.

A área da bacia hidrográfica do Córrego Varjãozinho, no município de Alegre, localiza-se nas coordenadas 20S 45' 22" e 41W 33' 35"(DATUM SIRGAS 2000) no quilômetro 3,5 da rodovia ES- 482, possuindo uma área de drenagem de 1,17km².

O município de Alegre onde está inserida a voçoroca analisada é caracterizado, de acordo com a classificação de Köppen, como do tipo climático "Cwa", com clima de inverno seco e verão chuvoso, com precipitação total anual média de 1.341mm e temperatura anual média de 23,1°C (LIMA *et al.*, 2007).

A bacia do Córrego Varjãozinho, onde se localiza a voçoroca, está inserida no Grupo Bom Jesus do Itabapoana. Essa unidade apresenta um relevo de morros arredondados ou alongados, solo espesso, argilo-arenoso, castanho, com vegetação densa e altitudes oscilando entre 100m próximo ao Rio Itapemirim e 800 metros nas partes mais elevadas.

A bacia do Córrego Varjãozinho fica na unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba, que compreende o setor da Mantiqueira Setentrional, com morfologia de aspecto preferencialmente homogêneo (MACHADO FILHO *et al.*, 1983).

De acordo com a Classificação de Solos e o Plano de Informação Cartográfica disponibilizado pela Em-

presa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na escala de 1:400.000 (EMBRAPA, 2006), a classe de solo existente na bacia é a dos Latossolos Vermelho-Amarelo, com as características de serem distróficos e argilosos, predominantes em relevos fortes, ondulados a montanhosos.

A hidrografia de Alegre é composta por uma rede de drenagem densa, diversificada e altamente influenciada pela natureza geológica e topográfica do terreno, formando rios encaixados com leitos pedregosos e algumas cachoeiras (MACHADO FILHO *et al.*, 1983).

Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste estudo, foram necessários levantamentos bibliográficos para melhor entendimento da causa de ocorrência de erosão de solos, por meio da definição de conceitos. Também buscou-se conhecer os trabalhos já realizados sobre este tema em estudo, tanto nacionais como internacionais, de forma a oferecer a base teórica para a realização deste trabalho.

Para a elaboração da evolução das voçorocas nas áreas 1 e 2, foram utilizadas as bases cartográfica de 1970, 2007 e 2012, conforme características apresentadas na Tabela 1.

Para o ano de 1970, foram utilizadas fotografias aéreas fornecidas pelo Instituto Brasileiro do Café – Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (IBC-GERCA) – e disponíveis no Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF).

Para o ano de 2007, foram utilizadas fotografias aéreas do Estado do Espírito Santo, com resolução espacial de 1 metro, fornecidas pela empresa Maplan Aerolevantamentos e, disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Já para o ano de 2012, foram utilizadas fotografias aéreas da empresa Hiparc Geotecnologias, cedidas pelo Iema, com resolução espacial de 0,25 metros.

Com base na cartografia, foi realizado o georreferenciamento e a vetorização do polígono das voçorocas e o cálculo das dimensões (largura, comprimento, área e perímetro). A vetorização foi feita por meio da técnica de fointerpretação, obedecendo aos contornos, nas diferentes datas (1970, 2007 e 2012), possibilitando, dessa forma, gerar planos de informações cartográficos (*shape*) que possibilitaram estudar a evolução no espaço-temporal.

Em cada *shape*, em sua tabela de atributos, foram

Tabela 1: Base cartográfica utilizada para realização da evolução espaço-temporal das voçorocas no Espírito Santo

| Área | Dado de entrada | Tipo de dado | Escala | Ano | Fonte |
|-------|--------------------|--------------|----------|------|-----------|
| 1 e 2 | Fotografias aéreas | Matricial | 1:25.000 | 1970 | IBC-GERCA |
| 1 e 2 | Fotografias aéreas | Matricial | 1:15.000 | 2007 | Maplan |
| 1 e 2 | Fotografias aéreas | Matricial | 1:10.000 | 2012 | Hiparc |

adicionados os campos, área em metros quadrados e perímetro, em metros, cujos valores foram obtidos utilizando a ferramenta *calculate geometry* na própria tabela de atributos.

Toda a base cartográfica digital foi trabalhada no software ArcGIS™ 10.0 (ESRI, 2014), disponível no Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologia (LCGGE) do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo.

O sistema de projeção adotado foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 24 Sul, com parâmetros de DATUM referentes ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS).

A classificação das voçorocas foi feita conforme a proposta de Ireland *et al.* (1939), que é baseada na morfologia, assim definida: a) linear; b) bulbiforme; c) dendrítica; d) em treliça; e) paralela; f) composta (Figura 2).

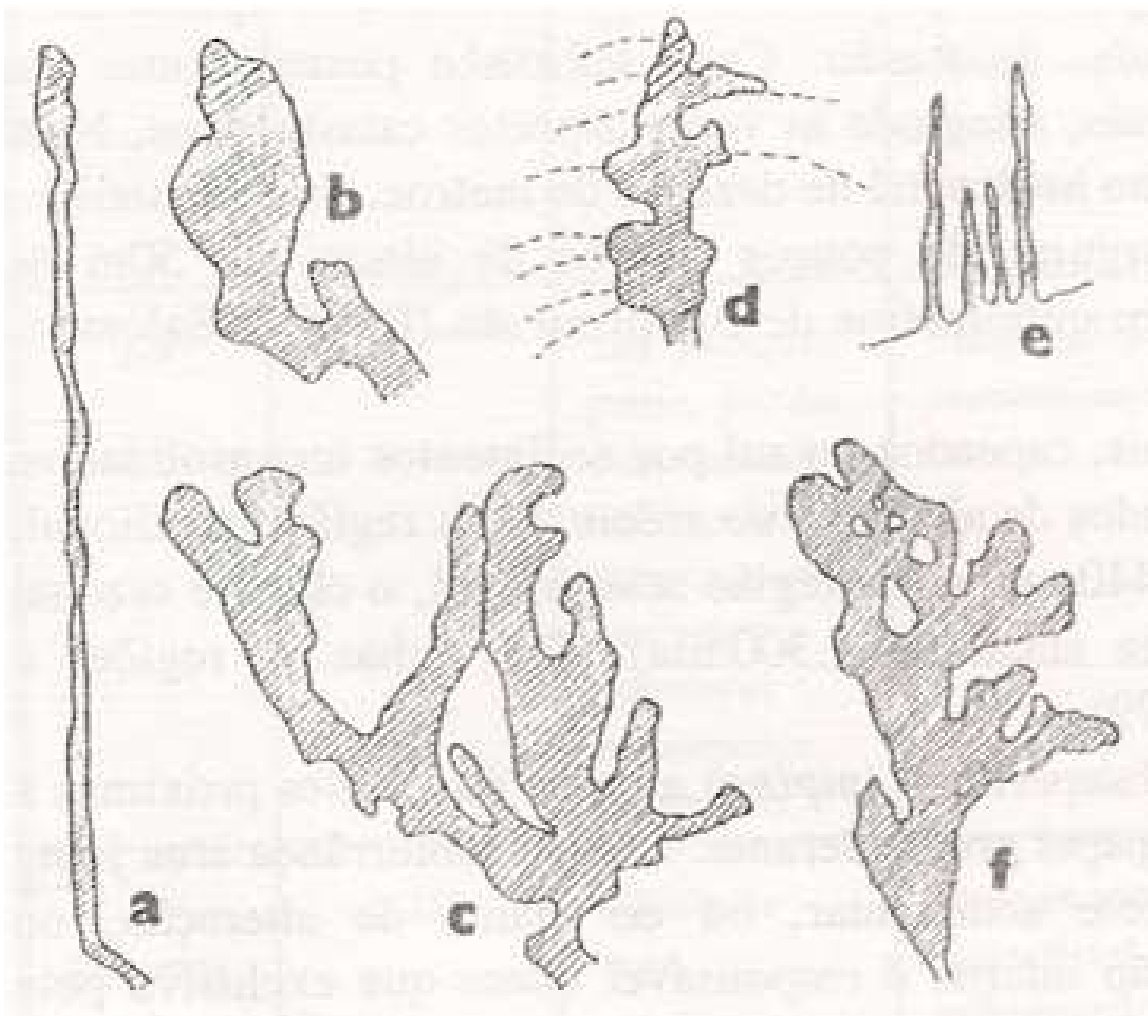


Figura 2 - Classificação morfológica das voçorocas proposta por Ireland et al., (1939)

Resultados e Discussão

Evolução Espaço-Temporal da Voçoroca da Bacia do Córrego das Flores

Como pode ser observado na Figura 3 e na Tabela 2, no ano de 1970, a área da voçoroca era de 332m², 140m de perímetro e 43,26m de comprimento. Nessa fase, a voçoroca tinha um formato do tipo bulbiforme, apresentando apenas um filete, indicando o início da expansão erosiva no interior da área da voçoroca.

Já no ano de 2007, a área da voçoroca era de

6.642m², 691m de perímetro e 193,41 de comprimento (Figura 2 e Tabela 2), apresentando um formato do tipo dendrítico, com vários filetes ou arestas, que estão associados à intensificação do processo erosivo em seu interior, corroborando para sua expansão lateral.

No ano de 2012, a área da voçoroca era de 6.727m², perímetro de 677m e 205,47m de comprimento entre a porção mais a montante e a desembocadura da voçoroca (Figura 2 e Tabela 2), apresentando, também, um formato do tipo dendrítico.

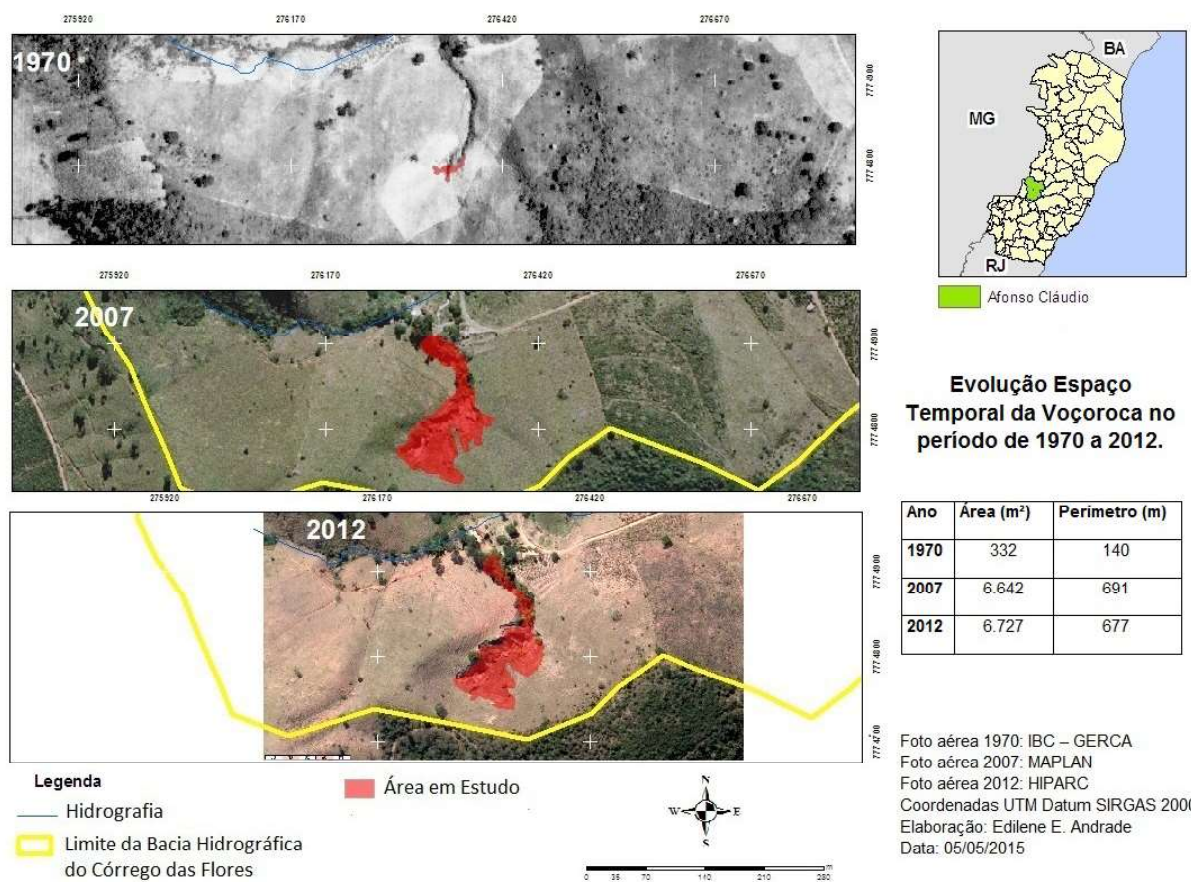


Figura 3 - Evolução espaço-temporal 1970 - 2012 da voçoroca localizada na Bacia Córrego das Flores

Tabela 2: Dimensões espaço-temporal da voçoroca nos anos de 1970, 2007 e 2012

| Parâmetros | 1970 | 2007 | 2012 |
|---------------------------|-------|--------|--------|
| Área (m ²) | 332 | 6.642 | 6.727 |
| Perímetro (m) | 140 | 691 | 677 |
| Largura (porção superior) | 11,46 | 74,17 | 76,74 |
| Largura (porção média) | 18,70 | 62,78 | 64,19 |
| Largura (porção inferior) | 5,60 | 19,52 | 19,62 |
| Comprimento (m) | 43,26 | 193,41 | 205,47 |

De 1970 para 2007 (37 anos) a voçoroca evoluiu 6.310m², expandindo-se, em média, por ano, 170, 54m²/ano. De 2007 para 2012 (5 anos), a evolução em área foi de 85m², com uma média anual de 17m²/ano. O aumento do perímetro entre os anos de 1970 e 2007 evidencia o crescimento da erosão em seu interior, originando vários filetes.

Entre os anos de 2007 e 2012, foi verificada uma diminuição do perímetro da voçoroca, devido à conectividade de alguns filetes erosivos que estiveram associados à erosão basal das paredes da voçoroca e da superfície do solo.

Com a análise da evolução espaço-temporal dos anos de 1970, 2007 a 2012, nota-se que houve uma diminuição na média por ano da taxa de erosão da voçoroca, indicando que ela encontra-se em processo evolutivo lento e, parcialmente, esvaziada de sedimento. Outro aspecto que pode estar contribuindo para a diminuição de sua evolução é a regeneração da vegetação dentro da feição erosiva, que está auxiliando na diminuição da erosão do solo em seu interior.

Com relação à gênese da voçoroca, está associada às mudanças no uso e cobertura da terra ao longo do

tempo estudado, pois apresentava, em 1970, o predomínio da cobertura da terra de pastagem, presente em 64,17% de toda a bacia em relação à floresta de 23,05%; já em 2007, a pastagem ampliou sua área de uso e cobertura, com 76,55%, seguida pela classe floresta com 16,08%, que está situada nas porções mais íngremes, e na agricultura de café com 7,37%.

A pastagem predominante na área da bacia e na voçoroca visa a atender à demanda por alimento natural para os ruminantes presentes na área, que acabam promovendo a compactação da superfície do solo, ocasionando, com o tempo, a minimização da infiltração e a potencialização do escoamento superficial, bem como originando uma rota superficial preferencial de fluxo da água.

De igual importância, pode-se destacar que outro elemento envolvido na gênese da voçoroca é a ocorrência de inúmeros dutos (*pipes*) em suas paredes laterais. Tais *pipes* promovem o carreamento de colóides, devido ao aumento da força de cisalhamento na voçoroca e de componentes em solução, em rotas preferenciais, causando o colapso do teto dos túneis, seu alargamento e o aumento de suas ramificações (filetes), por escoamento subsuperficial (Figura 4).



Figura 4 - Pipes presentes na parede da voçoroca na bacia do córrego das Flores, no município de Afonso Cláudio (ES)

Evolução Espaço-Temporal da Voçoroca da Bacia do Córrego Varjãozinho

Em 1970, não foi verificada na fotografia aérea a ocorrência de voçorocas no trecho estudado da Bacia do Córrego Varjãozinho. Nesse ano, a cobertura do solo era de pastagem, com a presença de árvores isoladas nas encostas.

A estrada que circundava o local em 1970 não possuía a pavimentação asfáltica, apresentando-se como solo exposto. Foi verificado que estava em fase de terraplanagem, é até então, o escoamento superficial

ocorria por caminhos preferenciais seguindo o perfil da encosta, sem haver concentração lateral do escoamento superficial, provocada por sistemas de drenagem de uma rodovia pavimentada (Figura 5).

Já no ano de 2007, foi observada a existência de quatro voçorocas, aqui denominadas voçorocas 1, 2, 3 e 4, que apresentaram, respectivamente, 56m² de área e perímetro de 37m; 89m² e 62m de perímetro; 118,6m² e 56m de perímetro; 42m² e 36m de perímetro, com formato linear para as de número 2, 3 e 4 e início de uma bulbiforme na voçoroca 1 (Figura 5).

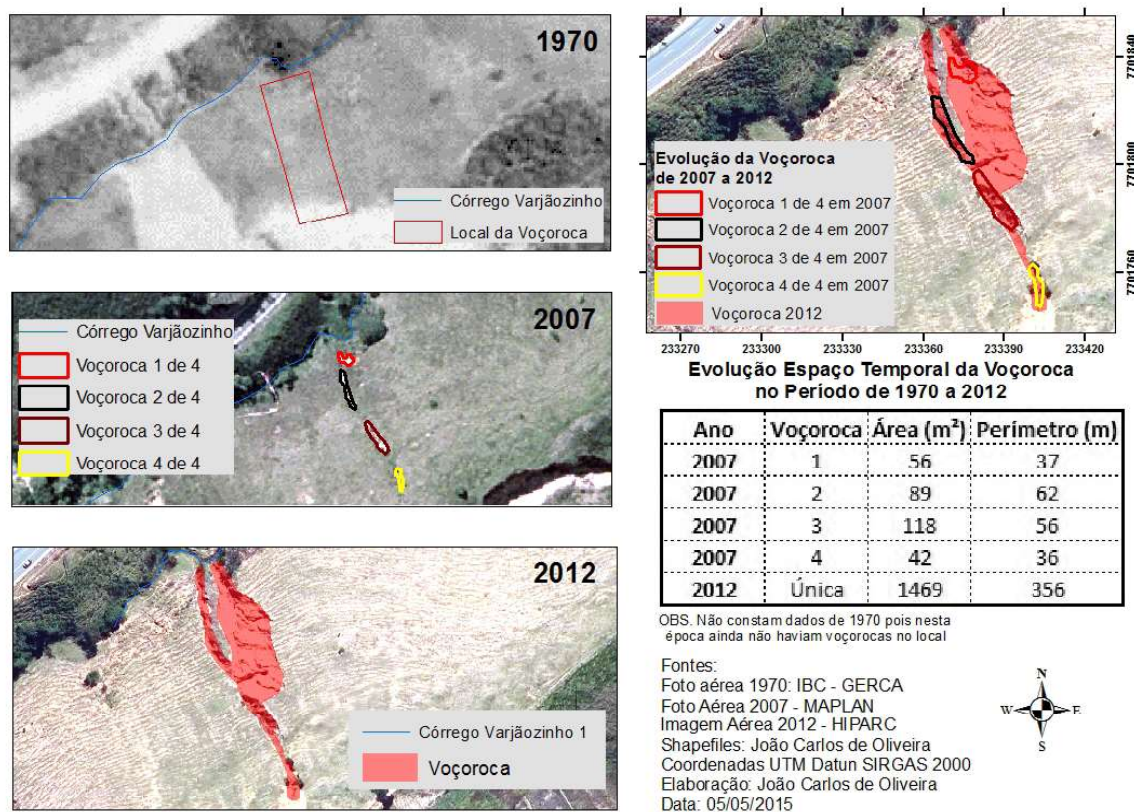


Figura 5 - Evolução espaço-temporal de voçorocas na ES-482 no município de Alegre (ES)

O uso e cobertura da terra, durante o período de 1970 e 2012, onde as voçorocas se desenvolveram no Córrego Varjãozinho, apresentavam como cobertura da terra predominante a pastagem para ruminantes.

Em 2012, as voçorocas se conectam devido ao aumento da erosão do solo pelo escoamento superficial, formando uma única voçoroca (Figura 5). Assim, as voçorocas juntas que, em 2007, apresentavam uma área de 305m², passaram a uma dimensão de 1.469,00m², 356,6m de perímetro, com grande evolução erosiva nesses últimos cinco anos (Tabela 3).

A origem e evolução das voçorocas estudadas estão associadas à pavimentação asfáltica e à drenagem das águas superficiais da ES-482 o que por meio da implantação de bueiros na borda da via, a partir da década 1980, favoreceu a concentração do escoamento superficial na porção superior da encosta, fato que aumentou o poder erosivo das águas, uma vez que esse fluxo não foi dissipado da estrada até o sopé da encosta por meio de escada dissipadora de energia de água (Figura 6).

Tabela 3: Dimensões espaço-temporal das voçorocas nas décadas de 1970, 2007 e 2012

| VOÇOROCAS | 1970 | 2007 | 2012 |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Área (m ²)/perímetro (m) | Área (m ²)/perímetro (m) | Área (m ²)/perímetro (m) |
| Voçoroca 1 | -- | 56/37 | x |
| Voçoroca 2 | -- | 89/62 | x |
| Voçoroca 3 | -- | 118/56 | x |
| Voçoroca 4 | -- | 42/36 | x |
| Voçoroca única | -- | x | 1469/356 |



Figura 6 - Dispositivo de drenagem (bueiro) existente na rodovia, a dez metros da cabeceira da voçoroca.

Outro aspecto que também potencializou o surgimento das voçorocas foi o mau uso do solo, com pisoteio do gado, o que possivelmente compactou os horizontes

superficiais do solo e criou rotas preferenciais de escoamento superficial ao longo da encosta, corroborando para a erosão hídrica superficial do solo (Figura 7).

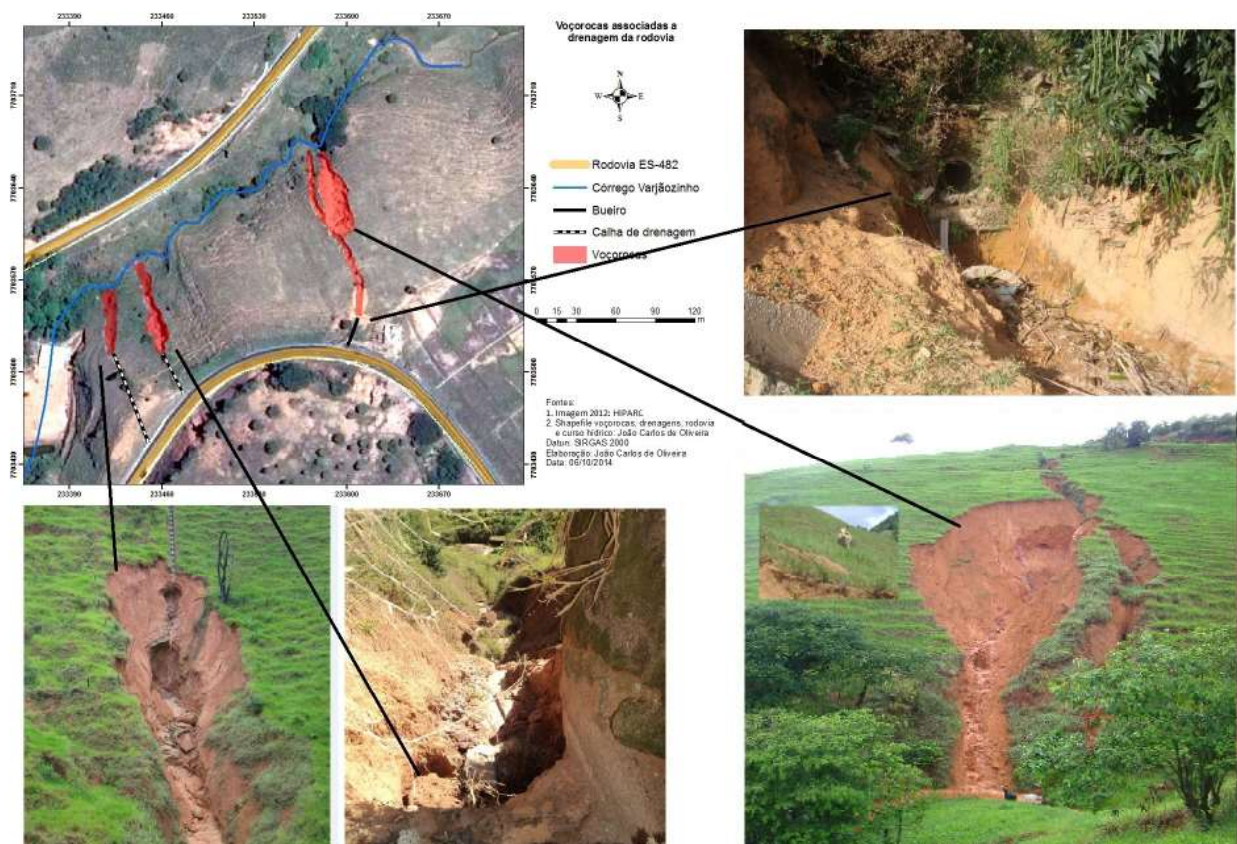


Figura 7 - Ocorrência das voçorocas em relação ao sistema de drenagem da rodovia ES-482 no município de Alegre-ES.

Conclusões

A voçoroca da área 1 encontra-se em estágio maduro, tendendo a uma evolução lenta e estabilização natural por meio da regeneração da vegetação em seu interior, corroborando para uma diminuição no avanço de seu perímetro médio entre 2007 e 2012.

A ocorrência da voçoroca na área 1 mostrou-se associada às mudanças no uso e cobertura da terra, com forte presença de pisoteio de gado, o que provavelmente minimizou a infiltração e potencializou o escoamento superficial. Também é importante salientar que esse processo não responde sozinho pela sua evolução, pois a ocorrência de *pipes* em seu interior indica sua contribuição no processo evolutivo ao longo do tempo histórico.

Com relação à voçoroca no Córrego Varjãozinho, é possível afirmar que sua evolução espaço-temporal, no período estudado, está associada às obras de pavimentação asfáltica e ao sistema de drenagem das águas

superficiais ineficientes, por meio de bueiro, em detrimento da utilização da escada dissipadora de energia das águas até o sopé das encostas.

O uso de sistema de drenagem de águas superficiais adequado nas rodovias, tal como as escadas dissipadoras de energia, respeitando as particularidades da morfologia e o comprimento da encosta, contribui para a eficácia na prevenção de processos erosivos, em especial da ocorrência das feições ravinas e voçorocas.

A utilização das fotografias aéreas mostrou-se como uma importante ferramenta para a análise espaço-temporal das voçorocas, uma vez que pode permitir acompanhar, em diversos casos, o seu início e evolução ao longo do tempo histórico.

Referências Bibliográficas

ABER, J.S.; MARZOLFF, I.; RIES, J.B. **Small-Format**

- Aerial Photography: Principles, techniques and geoscience applications**, Amsterdam: Elsevier Science, 2010. 268p.
- ARCHIBOLD, O.W.; LÉVESQUE, L.M.J.; DE BOER, D.H.; AITKEN, A.E.; DELANOY, L. Gully retreat in a semi-urban catchment in Saskatoon, Saskatchewan. **Applied Geography**, v. 23, n. 4, p. 261-279, 2003.
- AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. Ocorrência de voçorocas em Gouveia/MG: características e processos associados. **Geonômos**, v 14, n. 1, 2, p. 75-86, 2006.
- AVNI, Y. Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel. **Catena**, v. 63, n. 2-3, p. 185-220, 2005.
- BACELLAR, A.P.; NETTO, A.L.; LACERDA, W.A. Controlling factors of gullying in the Maracujá Catchment, Southeastern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, n. 11, p. 1369-1385, 2005.
- BARCELLOS, C.J. Avaliação do Plano Diretor. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/RedeAvaliacao/AfonsoClaudio_AvaliacaoES.pdf>. Acesso em : 13. dezembro. 2013.
- BEGIN, Z.B.; SCHUMM, S.A. Instability of alluvial valley floors: a method for its assessment. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 22, p. 347-50, 1979.
- BERGSMA, E.; CHARMAN, P.; GIBBONS, F.; HURNI, H.; MOLDENHAUER, W.C.E.; PANICHAPONG, S. Terminology for soil erosion and conservation. **International Society of Soil Science**, Holanda, . 1996.
- BETTS, H.D.; DeROSE, R. Digital elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.1, n. 3-4, 235p, 1999.
- BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2 ed., Florianópolis: Editora UFSC, 2007.
- BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSIÃO, 3., 1985, Curitiba. **Anais....** Curitiba (PR), 1985. 332 p.
- CANIL, K.; IWASA, O.Y.; SILVA, W.S.; ALMEIDA, L.E.G. Mapa de feições erosivas lineares do estado de São Paulo: uma análise qualitativa e quantitativa. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 5., 1995, Bauru. **Anais....** aBGE Bauru (SP), 1995. p. 249-251.
- CARSON, M.A.; KIRKIBY, M. J. **Hillslope form and process**. Cambridge University Press, 1972. 475 p.
- CASTILLO, C.; PEREZ, R.; JAMES, M.R.; QUINTON, J.N.; TAGUAS, E.V.; GOMES, J.A. Comparing the accuracy of several field methods for measuring gully erosion. **Soil Science Society of America Journal**, v.76, n. 4, p. 1319-1332, 2012.
- COELHO NETTO, A.L.; FERNANDES, N.F.; DEUS, C. E. Gullying in southeastern Brazilian Plateau, Bananal, SP. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES (IAHS), 1988, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre (RS), 1988. p. 35-42.
- COELHO NETTO, A.L. Diagnóstico de erosão para planejamento regional: subsídios metodológicos sob o enfoque geo-hidrogeológico. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE EROSIÃO, 6., 1998, Presidente Prudente, SP. **Anais...** Presidente Prudente, 1998.
- COELHO NETTO, 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**, v. 4, n. 2, 2003.
- DRUMOND, F.N.; BACELLAR, L.A.P., 2006. Caracterização hidrossedimentológica e dos processos evolutivos de voçoroca em área de rochas gnáissicas do Alto Rio das Velhas (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 2, p. 87-96, 2006.
- DRUMOND, J.B.V. **Folha Afonso Cláudio - SF24-V-A-II**. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, DNPM/CPRM, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- ESRI. **ArcGis®ArcMap™ Tutorial**. Disponível em:< <http://http://webhelp.esri.com> >. Acesso em: 20. set. 2014.
- FLEURY, J. M. Voçorocas: origem e métodos de contenção. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 3, n.1-2, p. 201-214, 1983.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The state of food and agriculture: Review of the Second Postwar Decade, FAO, 1965.
- FOSTER, G.R. Modelling the erosion process. In: HANN, C.T.; JOHNSON, H.P.; BRANKENLEK, D.L. **Hydrologic modeling of small watershed**. American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 1982. p. 297-382.
- FRANCISCO, A.B.; NUNES, J.O.R.; TOMMASELLI, J.T.G.

- A dinâmica espaço-temporal do Processo de Voçorocamento no Perímetro Urbano de Rancharia - SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p. 49-56, 2010.
- GATTO, L.C.S.; RAMOS, V.L.S.; NUNES, B.T.A.; MAMEDE, L.; GÓES, M.H.; MAURO, C.A.; ALVARENGA, S.M.; FRANCO, E.M.S.; QUIRICO, A.F.; NEVES, L.B. **Geomorfologia**. Projeto RadamBrasil. Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, 1983. N.32, p. 23 e 24.
- GOUDIE, A.S. **Encyclopedia of geomorphology**. New York: Taylor & Francis. 2006. 1157 p
- GREGORY, K.J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 1992. 367 p.
- GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19, 1996.
- GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p 149-209.
- GUERRA, A.J.T. Ravinas: processos de formação e desenvolvimento. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 20, p. 9-26, 1997.
- GUERRA, A.J.T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p. 32-37, 2005.
- HEEDE, B.H. Morphology of gullies in the Colorado Rocky Mountains. **International Association of Scientific Hydrology Bulletin**, v. 15, n. 2, p. 79-89, 1970.
- HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 56, p. 273 - 370, 1945.
- IMESON, A.C.; KWAAD, F.J.P.M. Gully types and gully prediction. K.N.A.G. **Geografisch Tijdschrift**, v. XIV, n. 5, p. 430-441, 1980.
- IRELAND, H.A.; SHARPE, C.F.S.; EARGLE, D.H. Principles of gully erosion in the Piedmont of South Carolina. **US Department of Agriculture Technical Bulletin**, n. 633. 1939. 142 p.
- LIMA, J.S.S. *et al.* Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre - ES. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2007.
- MACHADO FILHO L.; RIBEIRO M.W.; GONZALEZ S.R.; SCHEMINI C.A; NETO, A.S.; PALMEIRA R.C.B., P.I.; TEIXEIRA W, CASTRO H.F. **Geologia**. Rio de Janeiro e Vitória: RadamBrasil, v. 32, f 23-24, 1983.
- MARCHIORO, E.; ANDRADE, E.E. Evolução espaço-temporal de uma voçoroca na bacia hidrográfica do córrego das flores, no município de Afonso Cláudio ES (Brasil). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 8. 2014, Santiago - Chile. **Anais....** Santiago - Chile. 2014, p. 960-968.
- MARCHIORO, E.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Dimensão de parcelas experimentais: influência nas medidas de escoamento superficial e erosão do solo em Gouveia (MG). **Geografias**, v. 3, p. 7-16, 2007.
- MARCHIORO, E.; FERNANDES, N.F.; MACEDO, J.R.; BHERING, S. B.; GONÇALVES, A.O.; CAIADO, M.A.C. Modelagem da produção de sedimentos no noroeste fluminense como subsídio ao planejamento ambiental: um estudo de caso da bacia do córrego Santa Maria. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, p. 29-38, 2011.
- MARCHIORO, E.; FERNANDES, N.F.; MACEDO, J.R.; BHERING, S.B.; Gonçalves, A.O.; PRADO, R.B. Modelagem da produção de sedimentos usando cenário ambiental alternativo no noroeste do Rio de Janeiro - Brasil. **Geografias (UFMG)**, v. 10, p. 54-70, 2014.
- MARCHIORO, E.; OLIVEIRA, J.C. Evolução espaço-temporal de voçoroca às margens da rodovia ES-482 em Alegre (ES). **Revista Geonorte**, v. 4, p. 218-221, 2014.
- MOORE, I.D.; BURCH, G.J.; MACKENZIE, D.H. Topographic effects on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 34, p. 1098-107, 1988.
- MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. Oxford. Publishing Blackwell, 3. ed., 2005. 304 p.
- OLIVEIRA, M.A.T.; MEIS, M.R.M. Relação entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal/SP). **Geociências**, v. 4, 1985. p. 87-99.
- 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. p57-99.
- PAISANI, J.C.; OLIVEIRA, M.A.T. Desenvolvimento de incisão erosiva (voçoroca) descontínua e desconectadas da rede hidrográfica em área de cabeceira de drenagem: o caso

- da colônia Quero-Quero (Palmeira/PR). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, p. 51- 58, 2001.
- POÇANO, W.L.; PRANDINI, F.L. Boçorocas no estado de São Paulo: uma revisão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, n. 4, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo (SP), 1987. p 149-175.
- POESEN, J. Conditions for gully formation in the Belgian loam belt and some ways to control them. In: SCHWERTMANN, U., RICKSON, R.J.; AUERSWALD, K. (Ed.), **Soil erosion protection measures in Europe**. Soil Technology Series, 1989. P. 39-52.
- POESEN, J. Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: WICHEREK, S. (Ed.). **Farmland erosion in temperate plains environment and hills**. Amsterdam: Elsevier, 1993. p. 221-39.
- POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G.; VALENTIN, C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, p. 91-133, 2003.
- RAMOS, I.Q. Levantamento de voçoroca com o uso do laser scan. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- SALOMÃO, F.X.T. **Controle e prevenção dos processos erosivos**. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicáveis**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- SCHUMM, S.A. Geomorphic thresholds: the concept and its applications. **Transactions of the Institute of British Geographers New Series**, v 4, p 485-515. 1979.
- SIGNORELLI, N. Folha Afonso Cláudio - SF24-V-A-II. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, DNPM/CPRM, 1993.
- TRICART, J. As discontinuidades nos fenômenos de erosão. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 6, n. 12, p. 3-14, 1966.
- VIEIRA, N.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca, SP**. 1978.226 f. Tese (Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras/Instituto de História e Serviço Social) - Universidade Estadual Paulista, Franca, 1978.
- VRIELING, A.; RODRIGUES, S.C.; BARTHOLOMEUS, H.; STEK, G. Automatic identification of erosion gullies with ASTER imagery in tje Brazilian Cerrados. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 12, p. 2723-2738, 2007.
- YOUNG, A. **Slope**. Oliver and Boyd. 1978. 278 p.