

# Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira



caliandra



ORGANIZADORES

Osmar Abílio de Carvalho Júnior  
Maria Carolina Villaça Gomes  
Renato Fontes Guimarães  
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes



## CONSELHO EDITORIAL

### **Membros internos:**

Prof. Dr. André Cabral Honor (HIS/UnB) - **Presidente**

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof. Dr. Rafael Sânzio Araújo dos Anjos (GEA/UnB)

### **Membros externos:**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha)

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ilía Alvarado-Sizzo (UniversidadAutonoma de México)

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marine Pereira (UFABC)

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)



A UnB quem faz  
**é a gente**

Organizadores: Osmar Abílio de Carvalho Júnior  
Maria Carolina Villança Gomes  
Renato Fontes Guimarães  
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Título: Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira

Volume: 1

Local: Brasília

Editor: Selo Caliandra

Ano: 2022

Parecerista: João Cândido André da Silva Neto

Capa: Luiz H S Cella



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília  
Heloiza Faustino dos Santos - CRB 1/1913

R454            Revisões de literatura da geomorfologia brasileira [recurso eletrônico] / organizadores Osmar Abílio de Carvalho Júnior ... [et al.]. – Brasília : Universidade de Brasília, 2022.  
1057 p. : il.

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web:  
<<http://caliandra.ich.unb.br/>>.  
ISBN 978-65-86503-85-2.

1. Geomorfologia - Brasil. I. Carvalho Júnior, Osmar Abílio de.

CDU 551.4

## Lista de autores

Abner Monteiro Nunes Cordeiro  
Adão Osdayan Cândido de Castro  
Alberto Oliva  
Alex de Carvalho  
Ana Camila Silva  
André Augusto Rodrigues Salgado  
André Luiz Carvalho da Silva  
André Paulo Ferreira da Costa  
Antônio Carlos de Barros Corrêa  
Antonio José Teixeira Guerra  
Antônio Pereira Magalhães Junior  
Antonio Rodrigues Ximenes Neto  
Archimedes Perez Filho  
Beatriz Abreu Machado  
Breno Ribeiro Marent  
Bruno Venancio da Silva  
Carlos de Oliveira Bispo  
Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira  
César Augusto Chicarino Varajão  
Claudia Rakel Pena Pereira  
Cristiano da Silva Rocha  
Cristina Helena Ribeiro Augustin  
Daniel Françoso de Godoy  
Daniel Peifer  
Danielle Lopes de Sousa Lima  
Danilo Vieira dos Santos  
David Hélio Miranda de Medeiros  
Delano Nogueira Amaral  
Dirce Maria Antunes Suertegaray  
Edison Fortes  
Edivando Vitor do Couto  
Eduardo Souza de Moraes  
Edwilson Medeiros dos Santos  
Éric Andrade Rezende  
Fabiana Souza Ferreira  
Fábio Perdigão Vasconcelos  
Fabrizio de Luiz Rosito Listo  
Fabrizio do Nascimento Garritano  
Felipe Gomes Rubira  
Flávio Rodrigues do Nascimento  
Francisco Dourado  
Francisco Edmar de Sousa Silva  
Francisco Leandro de Almeida Santos  
Frederico de Holanda Bastos  
Gisele Barbosa dos Santos  
Giselle Ferreira Borges  
Guilherme Borges Fernandez  
Hugo Alves Soares Loureiro  
Idjarrury Gomes Firmino  
Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia  
Jáder Onofre de Moraes  
Jémison Mattos dos Santos  
João Paulo de Carvalho Araújo  
José Fernando Rodrigues Bezerra  
Juliana Sousa Pereira  
Julio Cesar Paisani  
Jurandyr L. Sanches Ross  
Karine Bueno Vargas  
Kleython de Araújo Monteiro  
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes  
Leonardo dos Santos Pereira  
Leonardo José Cordeiro Santos  
Letícia Augusta Faria de Oliveira  
Lidriana de Souza Pinheiro,  
Lígia Padilha Novak  
Luiz Fernando de Paula Barros  
Manoel do Couto Fernandes  
Marcel Hideyuki Fumiya,  
Marcelo Martins de Moura Fé  
Marcos César Pereira Santos  
Maria Bonfim Casemiro  
Mariana Silva Figueiredo  
Marli Carina Siqueira Ribeiro  
Martim de Almeida Braga Moulton  
Michael Vinicius de Sordi  
Mônica dos Santos Marçal  
Neiva Barbalho de Moraes  
Nelson Ferreira Fernandes  
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto  
Oswaldo Girão da Silva  
Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra  
Otávio Cristiano Montanher  
Paulo Cesar Rocha  
Paulo de Tarso Amorim Castro  
Paulo Roberto Silva Pessoa  
Pedro Val  
Peter Christian Hackspacher  
Rafaela Soares Niemann  
Raphael Nunes de Souza Lima  
Roberto Marques Neto

Roberto Verdum  
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa  
Rubson Pinheiro Maia  
Sandra Baptista da Cunha  
Sarah Lawall  
Sérgio Cadena de Vasconcelos  
Sérgio Murilo Santos de Araújo  
Silvio Carlos Rodrigues  
Silvio Roberto de Oliveira Filho  
Simone Cardoso Ribeiro  
Tania Cristina Gomes

Thais Baptista da Rocha  
Thiago Gonçalves Pereira  
Thiago Pereira Gonçalves  
Thomaz Alvisi de Oliveira  
Tulius Dias Nery  
Úrsula de Azevedo Ruchkys  
Vanda de Claudino-Sales  
Vanessa Martins Lopes  
Vinícius Borges Moreira  
Vitor Hugo Rosa Biffi

## PREFÁCIO

O presente livro consiste em um conjunto de revisões sobre os avanços teóricos e tecnológicos nos diversos temas da Geomorfologia. Concebido para estar em uma plataforma on-line com acesso gratuito, o livro destina-se aos cursos de graduação e pós-graduação que utilizam os conhecimentos geomorfológicos, incluindo Geografia, Geologia, Ecologia, Engenharia, Planejamento Territorial, entre outros. Para atender o escopo e o desafio imposto, a obra possui um total de 36 capítulos que congregam 111 pesquisadores das diversas regiões do Brasil, trazendo relatos relevantes de nossa paisagem e dos avanços alcançados pela Geomorfologia brasileira. Os capítulos do livro estão segmentados em contextos temáticos e geográficos de estudo, incluindo: dinâmica fluvial, ambientes costeiros, evolução de vertentes, micro relevo, ambientes cársticos, geomorfologia regional, geomorfologia estrutural; mapeamento geomorfológico, patrimônio natural, mitigação de riscos naturais; interações pedo-geomorfológicas, etnogeomorfologia, modelos numéricos, novas abordagens tecnológicas em geomorfologia. Além de abranger os conceitos e o estado da arte na análise dos processos e sistemas geomorfológicos, os capítulos realizam uma visão crítica dos diversos temas abordados.

Na última década, inúmeros avanços foram alcançados com o aumento da disponibilidade de dados de monitoramento da superfície terrestre, métodos computacionais e compartilhamento de experiências. A grande quantidade de dados e métodos resulta em novos desafios de análise e processamento na busca de respostas científicas dentro de uma apreciação crítica. A concepção desse livro integra revisões e discussões sobre essas novas abordagens teóricas, instrumentais e tecnológicas que passam a ter um fator primordial para estabelecer os novos rumos da ciência geomorfológica.

Dada a magnitude continental do nosso território, não é surpreendente que a paisagem brasileira seja evidenciada e detalhada em suas peculiaridades nos textos. Portanto, vários capítulos exploram e refletem a natureza distinta da paisagem e da biota brasileira, revelando os processos naturais e as perturbações antrópicas que alteram o meio ambiente e desencadeiam processos erosivos, movimento de massa, inundações, entre outros. Nesse contexto, as pesquisas aplicadas são extremamente oportunas devido à alta demanda para solução de problemas prementes e complexo de nossos ambientes e sociedade, necessitando continuamente de alternativas, novos conceitos, perspectivas tecnológicas e inovações metodológicas. Muitos capítulos abordam revisões sobre trabalhos aplicados na investigação geomorfológica e resolução de problemas, normalmente desencadeados por perturbações humanas com consequências variadas nos diferentes sistemas.

Os editores abnegaram a oportunidade de contribuir com capítulos para garantir a imparcialidade na seleção dos textos que compõe o livro. Por fim, os editores agradecem especialmente a União de Geomorfologia Brasileira e a todos os colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos específicos para a elaboração dessa obra abrangente e de grande relevância para o conhecimento da Geomorfologia nacional.

Osmar Abílio de Carvalho Júnior  
Maria Carolina Villaça Gomes  
Renato Fontes Guimarães  
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes



# SUMARIO

## 1. CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS EM TORNO DA PESQUISA EM GEOMORFOLOGIA: DO PROJETO AO ARTIGO CIENTÍFICO

André Augusto Rodrigues Salgado  
Alberto Oliva

----- 16

## 2. ARQUIVOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO INTERIOR CONTINENTAL: O CONTEXTO SERRANO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Antônio Pereira Magalhães Junior  
Luiz Fernando de Paula Barros  
Alex de Carvalho  
Letícia Augusta Faria de Oliveira

----- 39

## 3. PROCESSOS DE REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO BRASIL

Breno Ribeiro Marent  
Éric Andrade Rezende  
Michael Vinícius de Sordi  
André Augusto Rodrigues Salgado

----- 76

## 4. AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS FLUVIAIS: SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE VALORES PATRIMONIAIS

Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira  
Paulo de Tarso Amorim Castro  
Úrsula de Azevedo Ruchkys

----- 98

## 5. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

Claudia Rakel Pena Pereira  
Sandra Baptista da Cunha

----- 124

6. AJUSTAMENTO FLUVIAL À AGROPECUÁRIA, URBANIZAÇÃO E RESERVATÓRIO E ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DO IMPACTO DESSAS ATIVIDADES NOS RIOS BRASILEIROS	
Eduardo Souza de Morais Otávio Cristiano Montanher	
-----	143
7. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO BRASIL ASSOCIADA AO ATUAL CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL	
Giselle Ferreira Borges Neiva Barbalho de Morais Ana Camila Silva Leonardo dos Santos Pereira Sarah Lawall	
-----	176
8. CONTROLE TECTONO-ESTRUTURAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM: REVISÃO LITERÁRIA E PROPOSTAS METODOLÓGICAS	
Idjarrury Gomes Firmino Karine Bueno Vargas Edison Fortes	
-----	212
9. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DOS RIOS NO BRASIL	
Mônica dos Santos Marçal Adão Osdayan Cândido de Castro Raphael Nunes de Souza Lima	
-----	240
10. INUNDAÇÕES E CONCEITOS CORRELATOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE COMPARATIVA.	
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa Paulo Cesar Rocha	
-----	265
11. SISTEMAS LACUSTRES INTERIORES: AVANÇOS E TÉCNICAS DE ESTUDO	
Gisele Barbosa dos Santos Paulo de Tarso Amorim Castro	
-----	278

12. EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DE PLANÍCIES COSTEIRAS:  
DO QUATERNÁRIO AOS EVENTOS ATUAIS

Guilherme Borges Fernandez  
Thais Baptista da Rocha  
Silvio Roberto de Oliveira Filho  
Sérgio Cadena de Vasconcelos  
André Luiz Carvalho da Silva  
Thiago Gonçalves Pereira  
Martim de Almeida Braga Moulton

----- 308

13. MORFOLOGIA COSTEIRA EM LITORAIS URBANOS

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra  
Fábio Perdigão Vasconcelos  
Cristiano da Silva Rocha  
Maria Bonfim Casemiro  
Danilo Vieira dos Santos  
Francisco Edmar de Sousa Silva  
Delano Nogueira Amaral

----- 351

14. DELTAS DOMINADOS POR ONDAS: TRAJETÓRIA CONCEITUAL,  
DINÂMICA E EVOLUÇÃO A PARTIR DE EXEMPLOS DO COMPLEXO  
DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

Thaís Baptista da Rocha  
Sérgio Cadena de Vasconcelos  
André Paulo Ferreira da Costa  
Beatriz Abreu Machado  
Mariana Silva Figueiredo  
Lígia Padilha Novak  
Thiago Pereira Gonçalves  
Guilherme Borges Fernandez

----- 381

15. REGISTROS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NO  
LITORAL BRASILEIRO E AS IMPLICAÇÕES  
PERANTE A MORFOGÊNESE DE SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGI-  
CAS EM AMBIENTES COSTEIROS

Felipe Gomes Rubira  
Archimedes Perez Filho

----- 410

16. VALES INCISOS SUBMERSOS DA PLATAFORMA  
CONTINENTAL SEMIÁRIDA DO BRASIL

Antonio Rodrigues Ximenes Neto  
Lidriana de Souza Pinheiro  
David Hélio Miranda de Medeiros  
Paulo Roberto Silva Pessoa  
Jáder Onofre de Moraes

----- 445

17. GEOMORFOLOGIA EÓLICA CONTINENTAL E OS  
CAMPOS DE DUNAS HOLOCÊNICAS DO PAMPA NO RIO  
GRANDE DO SUL, BRASIL

Tania Cristina Gomes  
Roberto Verdum

----- 471

18. EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE

Juliana Sousa Pereira  
Silvio Carlos Rodrigues

----- 499

19. MONITORAMENTO DA EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL:  
DOS MÉTODOS MANUAIS AOS DIGITAIS

Hugo Alves Soares Loureiro  
Antonio José Teixeira Guerra  
José Fernando Rodrigues Bezerra  
Leonardo dos Santos Pereira  
Fabrizio do Nascimento Garritano

----- 526

20. MOVIMENTOS DE MASSA: ESTADO DA ARTE,  
ESCALAS DE ABORDAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO  
E DIFERENTES MODELOS DE PREVISÃO

Fabrizio de Luiz Rosito Listo  
Tulius Dias Nery  
Carlos de Oliveira Bispo  
Fabiana Souza Ferreira  
Edwilson Medeiros dos Santos

----- 560

21.	MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM	
	Vinícius Borges Moreira Archimedes Perez Filho	
	-----	593
22.	APLAINAMENTO NO NOROESTE DO PARANÁ: DE MODELOS POLICÍCLICO À MORFOTECTÔNICA QUATERNÁRIA	
	Marcel Hideyuki Fumiya Edivando Vitor do Couto Leonardo José Cordeiro Santos	
	-----	615
23.	GEOMORFOLOGIA DO QUATERNÁRIO E GEOARQUEOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES NO SUL DO BRASIL	
	Vitor Hugo Rosa Biffi Marcos César Pereira Santos Julio Cesar Paisani Nelson Vicente Lovatto Gasparetto	
	-----	648
24.	TERMOCRONOLOGIA APLICADA À EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO NORDESTE SETENTRIONAL DO BRASIL: UMA BREVE REVISÃO	
	Francisco Leandro de Almeida Santos Flávio Rodrigues do Nascimento Peter Christian Hackspacher (In Memoriam) Marli Carina Siqueira Ribeiro Bruno Venancio da Silva & Daniel França de Godoy	
	-----	677
25.	A TAXONOMIA DO RELEVO E A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA REGIONAL	
	Jurandyr L. Sanches Ross Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia	
	-----	701

26.	RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA PROPOSTA TAXONÔMICA	
	Frederico de Holanda Bastos Danielle Lopes de Sousa Lima Abner Monteiro Nunes Cordeiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	733
27.	REVISITANDO OS MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Daniel Peifer Cristina Helena Ribeiro Augustin	
	-----	759
28.	SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS E MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Karine Bueno Vargas Idjarrury Firmino Michael Vinicius de Sordi	
	-----	793
29.	A GEOMORFOLOGIA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM: ENFOQUE EVOLUTIVO E DINÂMICO NA INTERPRETAÇÃO DOS SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS	
	Roberto Marques Neto Thomaz Alvisi de Oliveira	
	-----	813
30.	ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA SÍNTESE (E VÁRIAS TESES)	
	Vanda de Claudino-Sales Antonio Carlos Barros Côrrea Kleython de Araújo Monteiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	845
31.	AS SUPERFÍCIES DE EROSÃO DO “BRASIL ORIENTAL”	
	César Augusto Chicarino Varajão	
	-----	875

32. ETNOGEOMORFOLOGIA - RELAÇÕES ENTRE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E A PAISAGEM FÍSICA	
Simone Cardoso Ribeiro Vanessa Martins Lopes Osvaldo Girão da Silva Antônio Carlos de Barros Corrêa	
-----	886
33. DESAFIOS E PERSPECTIVAS DAS PESQUISAS SOBRE O PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO NO BRASIL	
Vanda de Claudino-Sales Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes	
-----	910
34. USO DO LIDAR NA GEOMORFOLOGIA: APLICAÇÕES E DESAFIOS FUTUROS	
João Paulo de Carvalho Araújo Rafaela Soares Niemann Francisco Dourado Manoel do Couto Fernandes Nelson Ferreira Fernandes	
-----	927
35. MODELOS NUMÉRICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO (LEMS) E SUA IMPORTÂNCIA PARA ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM	
Nelson F. Fernandes Daniel Peifer Pedro Val	
-----	953
36. SOLO HISTÓRICO DA DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL	
Jémison Mattos dos Santos Sérgio Murilo Santos de Araújo Dirce Maria Antunes Suertegaray	
-----	1000

37. GEOMORFOLOGIA ESTRUTURAL:  
REVISITANDO TEORIAS, MÉTODOS E ESTUDOS  
DE CASO NO NORDESTE BRASILEIRO

Frederico de Holanda Bastos  
Abner Monteiro Nunes Cordeiro  
Marcelo Martins de Moura Fé

----- 1029



## 18. EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE

Juliana Sousa Pereira<sup>1</sup> & Silvio Carlos Rodrigues<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Geografia (Universidade Federal de Uberlândia) julianasousa.geo@hotmail.com

<sup>2</sup>Professor Titular junto ao Instituto de Geografia (Universidade Federal de Uberlândia).  
silgel@ufu.br

---

**Resumo:** A erosão do solo pode ser de origem natural e influenciada pelas atividades antrópicas, definida pela atuação do fluxo hídrico na vertente e diferenciada em laminar e linear. Por serem formas que exibem grande complexidade devido ao estabelecimento dos processos atuantes é difícil a definição de parâmetros rígidos de diferenciação entre as feições lineares. Considerando essa problemática, o trabalho objetivou o levantamento teórico-conceitual sobre voçorocas. A distinção entre ravina e voçoroca é fundamentada em grande parte no caráter dimensional, tanto na literatura nacional quanto na internacional, e, portanto, é apontado que, mesmo apresentando características morfológicas muitas vezes correspondentes, a gênese pode ser diferente, sendo preciso ponderar nesse sentido, o afloramento do lençol freático e também a dinâmica de infiltração. As ravinas são causadas apenas pela ação do escoamento superficial concentrado, enquanto no processo de voçorocamento pode existir uma interconexão entre processos associados ao escoamento superficial e subsuperficial. Contudo, a grande questão envolvida, a princípio transcende os elementos morfológicos classificatórios para uma questão de magnitude do impacto ambiental, precisamente definida e interferente nas diferentes capacidades de uso da terra.

**Palavras-chave:** Erosão dos solos, Voçorocas; Degradação dos solos; Vertente.

**Abstract:** Soil erosion can be of natural origin and influenced by anthropic activities, defined by the performance of the water flow in the slope and differentiated in sheetflow and lineflow. They are forms that exhibit great complexity due to the establishment of active processes, it is difficult to define rigid parameters for differentiation between line flow features. Considering this problem, the work aimed at the theoretical-conceptual survey on gullies. The distinction between rill and gully is largely based on the dimensional character, both in national and international literature, and therefore it is pointed out that, even with morphological characteristics often corresponding, the genesis can be different, and it is necessary to consider in this sense, the outbreak of the water table and also the infiltration dynamics. The rills are caused only by the action of the concentrated runoff, while in the in erosion process by gullies there may be an interconnection between processes associated with the runoff and subsurface. However, the big issue involved, at first, transcends the morphological classificatory elements to an issue of

magnitude of environmental impact, precisely defined and interfering in the different land use capacities.

**Key-words:** Soil erosion, Gullies; Soil degradation; Slopes.

**Tema:** Geomorfologia das Vertentes

---

## 1. INTRODUÇÃO

Oriunda do vocábulo latino *erosio*, que tem como significado “roer distante”, a erosão provoca a remoção da camada superior dos solos por variados fatores condicionantes, como as gotas de chuva, vento e à ação gravitacional, acarretando efeitos adversos na agricultura, especialmente pelo esgotamento do potencial produtivo do solo, minimizando assim, esse recurso base (LAL, 1990). Selby (2005 p. 219) define como erosão o “desprendimento e remoção de solo e rocha pela ação da água corrente, vento, ondas, degelo e movimento de massa”.

Considerando os solos como sistemas abertos, devido a dinâmica de fluxo de ganho e perda de energia é perceptível que as ações humanas desenvolvidas sobre as vertentes têm ocasionado impactos ambientais *on site* e *off site*, evidenciando a magnitude dos danos, como a diminuição da fertilidade natural, bem como a redução de água no solo decorrente da formação de ravinas e voçorocas (GUERRA, 2015; MORGAN, 2005).

A erosão dos solos é um processo natural de modificação das vertentes, no entanto pode ser acelerada pelas atividades antrópicas. Especialmente em áreas tropicais, os processos erosivos são desencadeados com maior intensidade, no qual a força de cisalhamento gerada pela energia cinética é mais intensa com as chuvas torrenciais específicas desse tipo climático.

Segundo Salomão (2015) a forma como acontece o escoamento superficial sobre a vertente é que diferenciará o tipo de erosão processada, podendo ser de dois tipos: laminar e linear, o primeiro causado pelo escoamento difuso das águas pluviais, responsável pela remoção das camadas superficiais do solo. O segundo tipo de erosão, acontece quando o fluxo hídrico se torna concentrado e resulta em pequenas incisões na superfície do terreno podendo formar as ravinas.

No Brasil, os problemas suscitados pela erosão dos solos em áreas rurais estão intrinsecamente relacionados ao crescimento das atividades agrícolas e à pecuária extensiva, aliados a solos com significativa fragilidade e submetidos a condições climáticas em que os totais pluviométricos são elevados e muitas vezes concentrados sazonalmente.

Juntamente com essas questões destacadas, o manejo incorreto e as práticas conservacionistas pouco eficientes corroboram para um cenário de degradação dos solos por erosão hídrica. Talvez o pouco incentivo à conservação dos solos pelos órgãos governamentais se configura na inoperante aplicabilidade dos estudos voltados para essa questão, impedindo muitas vezes, a materialização das técnicas desenvolvidas.

Em áreas urbanas o aumento da população e o crescimento espontâneo das cidades exercem grande pressão sobre o meio físico efetuando inclusive, mudanças significativas na dinâmica do escoamento pluvial, uma vez que, interfere na permeabilidade dos solos. A ausência de um planejamento urbano adequado, a não consideração do uso da terra na ocupação das vertentes condicionam grande risco a população, colocando-a em situação de vulnerabilidade ambiental.

A erosão dos solos e o seu controle abrange vários aspectos concomitantemente, e tem sido abordada pelos diversos campos científicos, desde as ciências da terra até as ciências econômicas e sociais. Testificando que a degradação do solo pelos processos de voçorocamento é um problema relevante, e por isso é bastante debatido na atualidade, nos diferentes universos científicos.

Nessa conjuntura, por mais que existam estudos voltados para o entendimento dos processos erosivos e que os resultados alcançados, bem como as técnicas e metodologias aplicadas sejam diferentes em virtude das condições geográficas, de acordo com Lal (1990) os processos e os princípios intrínsecos às medidas de controle da erosão não modificam.

No cenário internacional a última década tem sido protagonizada pelos trabalhos convergidos para a análise de áreas susceptíveis a erosão por voçorocas, com base em modelos estatísticos, e ênfase na calibração, validação e desempenho dos diferentes algoritmos desenvolvidos para essa finalidade, como os artigos publicados por: Arabameri et al., (2020); Azareh (2019); Garosi (2018); Pourghasemi et al., (2017); Rahmati et al., (2014); Zabihi et al., (2018); fruto das pesquisas em várias bacias hidrográficas no Irã. Segundo Arabameri et al., (2020), a grandeza dos impactos causados por esse fenômeno conduziu a comunidade geomorfológica iraniana aos esforços nos estudos orientados para essa temática, em praticamente todo território.

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento estão cada vez mais aplicadas na investigação da erosão de voçorocas, e nessa circunstância, fundamentados na comparação de modelos digitais, na quantificação de perdas volumétricas de solos, na deposição de sedimentos, técnicas de reabilitação de áreas degradada, zoneamento de susceptibilidade erosiva e gestão de risco, faz-se notável as pesquisas de Castillo et al., (2012) em Córdoba, Espanha; Dube et al., (2014) no Distrito de Mbire, Zimbábue; Evans e Lindsay (2010) no planalto de Bleaklow, Inglaterra; Gayen et al., (2019), na bacia do Rio Pathro, Índia; Kuhnert et al., (2010) na bacia do Burdekin, na Austrália; Perroy et al., (2010), na Ilha de Santa Cruz, Califórnia; e Yitbarek; Belliethathan; Stringer (2012) na Etiópia.

Nesse cenário, muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos com o intuito de compreender o desencadeamento da erosão e os impactos ocasionados tanto na esfera ambiental quanto na esfera econômico-social. A exemplo dos trabalhos publicados em língua portuguesa por Albuquerque (2015); Alencar (2018), Biffi (2019), Cabral (2018), Cassaro (2018), Cavalcanti (2019), Confessor; Machado e Rodrigues (2016), Frota Filho; Abreu; Vieira (2020), Goulart et al., (2016), Siqueira Junior (2018), Lima (2016); Lima

(2019), Lisboa et al., (2016), Lisboa (2018), Marquez (2018), Marchioro, et al., (2016), Matiazio (2018), Melo, (2017), Pinto (2018), Sampaio (2019), Souza (2017), Ribeiro (2015), Utsumi (2019), Teixeira (2018), Vieira (2008), dentre vários outros que trouxeram em seu bojo as temáticas: revegetação de áreas degradadas por voçorocas, o uso de imagens de satélites direcionadas para a identificação das feições, à aplicação de modelos voltados para a quantificação de sedimentos, dentre outros temas relevantes.

Como elucidado, a busca pelo maior entendimento do estabelecimento da erosão linear está presente na discussão científica e de inúmeros estudos realizados no país. Contudo, existe uma relativa divergência no meio acadêmico em relação à conceituação de voçorocas, considerada a feição mais agressiva da erosão dos solos. Os pesquisadores Camapum de Carvalho et al. (2006), Fendrich (1997), Guerra (2008), Morgan (2005), Oliveira (2015), Poesen et al., (2003), Poesen, Vandaele e Van Wesemael (1996), Selby (2005) e Vrieling et al., (2007) consideram os aspectos dimensionais das formas para a classificação das voçorocas. Enquanto estudiosos como Augustin e Aranha (2006), Baccaro (2015), Coelho Netto (2008) e Salomão (2015) reiteram que somente características relacionadas ao tamanho e profundidade não são satisfatórias para a definição de tal feição, considerando também, os processos distintos de formação, devido a ação do escoamento superficial, infiltração e escoamento subsuperficial na gênese da erosão por voçorocamento.

A discussão acerca dos processos de voçorocamento praticamente esbarram em algumas questões pontuais, voltadas para os processos morfológicos e para os aspectos morfológicos envolvidos na esculturação da forma. Diante o exposto, é sabido da existência de diferentes entendimentos no que diz respeito a formação das voçorocas. O trabalho em questão tem o intuito de contribuir para a discussão relacionada à gênese desta feição, nomeadamente complexa pela interação dos fatores naturais e/ou antrópicos.

Considerando o enfoque teórico da temática supracitada, os procedimentos metodológicos constituíram no levantamento bibliográfico e análise interpretativa dos conceitos. A partir dessa etapa foi elaborado um texto expositivo com o intuito de agrupar as principais concepções sobre a erosão dos solos pelo processo de voçorocamento.

## **2. EROSÃO DOS SOLOS**

A erosão dos solos é definida como um processo decorrente do rompimento do equilíbrio existente entre vegetação, solo e clima, oriundo de elementos naturais ou antrópicos (LAL, 1990), ocorre continuamente sobre a superfície terrestre e pode suceder em três fases relacionadas à remoção, ao transporte e a deposição do material removido, submetida ao equilíbrio entre as forças de desagregação e resistência do material em ser erodido (FENDRICH, 1997; GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

Classificada quanto a forma de desgaste provocava no solo, diferenciando-se em erosão superficial, causada pela água em solo exposto ou parcialmente exposto e erosão subterrânea. Essa última está relacionada ao gradiente de permeabilidade dos solos, no qual o fluxo hídrico infiltrado no perfil não consegue transpor as camadas impermeáveis

e passa a aflorar nas vertentes ocasionando as rupturas interna com o desmonte de maciços saturados e a aberturas de sulcos (FENDRICH, 1997).

A erosão pode ser classificada de acordo com o agente responsável pelo processo, tipo ou origem e pela natureza da erosão. Denominada de geológica (submetida às condições naturais ou não perturbada) e/ou erosão acelerada (decorrente do aumento das taxas de erosão sobre a erosão geológica ou normal), oriundas do rompimento do equilíbrio do ambiente pelas atividades antrópicas (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006; FENDRICH, 1997; ROCHA, 2012).

Lal (1990) define erosão geológica como um processo natural, inevitável, moroso e construtivo, causado pelos processos geológicos ao longo do tempo. Nessa perspectiva, os impactos sobre o ambiente não são necessariamente negativos. Agora, quando as taxas de erosão são elevadas devido à atividade humana, pode haver o esgotamento da capacidade produtiva, especialmente pelo rompimento do equilíbrio anteriormente existente entre o solo, a vegetação e o clima, em que as as taxas de erosão são maiores que as taxas de pedogênese.

## **2.1. Fatores controladores da erosão**

São ponderados por Bertoni e Lombardi Neto (2012), Camapum de Carvalho et al. (2006); Fendrich (1997), Guerra (2008), Lal (1990), Lepsch (2010), Morgan (2005), Salomão (2015), Rodrigues (2014), Wischmeier e Smith (1978), como fatores controladores da erosão: a erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal, características das vertentes e o manejo dos solos. Também definido por Lal (1990) como fatores que determinam a magnitude da perturbação ocorrida no solo.

Selby (2005) reitera os aspectos climáticos e geológicos como os condicionantes de maior relevância no estabelecimento dos processos erosivos, juntamente com os tipos pedológicos e a vegetação.

A complexidade da erosão dos solos é fruto da interdependência e inter-relação entre os fatores atuantes: a exemplo dos fatores climáticos, que interferem diretamente na erodibilidade dos solos, que submetidos a condições diferentes de temperaturas e umidade apresentam graus distintos de susceptibilidade a erosão. Ao mesmo tempo a topografia interfere na erosividade por meio da sua influência na pluviosidade e velocidade do escoamento superficial (LAL, 1990).

### **2.1.1. Erosividade**

Os fatores climáticos que interferem na erosão dos solos são: a precipitação, a velocidade do vento, o balanço hídrico, as temperaturas médias anuais e sazonais. A erosividade é a capacidade da chuva em causar erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, ocasionada pelo impacto direto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial da água juntamente com as partículas desagregadas (GUERRA, 2008; LAL, 1990; SELBY, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A intensidade da chuva influencia a taxa de infiltração, responsável pelo estabelecimento do escoamento superficial quando a capacidade de infiltração é excedida

(HORTON, 1945). Salientando que a precipitação pluvial juntamente com o *runoff* são componentes importantes do fator erosividade (LAL, 1990).

### **2.1.2 Erodibilidade**

A erodibilidade diz respeito a susceptibilidade do solo aos processos erosivos. É uma propriedade intrínseca dos solos, e influenciada pela textura, estrutura, permeabilidade, matéria orgânica, PH do solos, minerais de argila e óxidos de ferro e alumínio (GUERRA, 2008; LAL, 1990).

De acordo com Selby (2005) a erodibilidade é a vulnerabilidade de um solo à erosão devido as condições de chuva e pode ser dividido mediante as características dos solos (composição química e física) e manejo (tratamento do solo, manejo, etc...). É a resistência do solo frente ao desprendimento e transporte das partículas (LAL, 1990; MORGAN, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978), e ocorre mediante a ação de duas forças opostas, a força motriz do agente de erosão e a força de resistência do solo.

Devido as diferenças específicas das propriedades pedológicas, os mesmos apresentam diferentes graus de suscetibilidade frente ao estabelecimento dos processos erosivos, confirmando que a susceptibilidade do solo a erosão é uma resposta integrada entre a suas propriedades e a dinâmica climática (LAL, 1990). Assim, os diversos tipos pedológicos respondem de maneiras distintas as diferentes tensões de cisalhamento exercida sobre eles, evidenciando que a resposta do solo frente a erosão depende de sua estrutura química e mecânica (LAL, 1990; LEPSCH, 2010).

### **2.1.3 Características da vertente**

A topografia interfere no potencial erosivo de uma determinada área por meio da inclinação, comprimento e forma da vertente, interferindo assim, nas características dos fluxos e na capacidade de transporte do material desagregado (LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988; LAL, 1990). Nas vertentes os processos dominantes na erosão são respectivamente: a ação das gotas de chuvas, o fluxo hídrico superficial, subsuperficial e perda de massa (SELBY, 2005).

A declividade e o comprimento são variáveis morfológicas importantes para estudos da erosão dos solos. Visto que, a perda de solos tende a crescer com o aumento da declividade e do comprimento das vertentes, influenciando o volume e também a velocidade do escoamento da água na superfície (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; MORGAN, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Morgan (2005) assegura que a forma da vertente representa importante papel na erodibilidade dos solos. No entanto, é um parâmetro que deve ser investigado juntamente com os demais fatores influentes, a exemplo da declividade e das propriedades dos solos (GUERRA, 2008).

### **2.1.4 Cobertura vegetal**

A cobertura vegetal é essencialmente dependente dos fatores climáticos como as chuvas e temperaturas, bem como do solo, derivado da rocha intemperizada, responsável pela configuração topográfica (SELBY, 2005). Os fatores controladores são elucidados didaticamente de forma individual, não obstante, no processo erosivo eles tem ação

conjunta, exercendo maior ou menor influência na perturbação do equilíbrio do solo (LAL, 1990).

A cobertura vegetal é capaz de conferir maior rugosidade aos solos, atuando como agente dissipador da energia proveniente das gotas de chuva, melhorando as taxas de infiltração e reduzindo conseqüentemente a velocidade do *runoff*, protegendo o solo contra erosão hídrica de diversas maneiras (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005; SELBY, 2005)

As raízes das plantas e os restos de vegetais incorporados aos sedimentos são responsáveis pela diminuição do transporte do material desagregado pelo efeito do *splash*, respingo e o dossel formado intercepta as partículas limitando o transporte pelo fluxo superficial, (FENDRICH, 1997; LAL, 1990; LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988; SELBY, 2005).

A vegetação utiliza o solo como suporte para o seu desenvolvimento, absorção de nutrientes, ao mesmo tempo que fornece matéria orgânica e proteção contra impactos das gotas de chuva por meio da diminuição das tensões de cisalhamento (GUERRA, 2008; LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988; SELBY, 2005).

#### **2.1.5 Manejo dos solos**

De acordo com Guerra (2008) as práticas conservacionistas são fundamentais para a diminuição do escoamento superficial. O cultivo em curva de nível, o terraceamento, a captação hídrica juntamente com as estruturas de estabilização e geotêxteis são exemplos de métodos mecânicos e práticas agrônômicas voltadas para a conservação dos solos.

Lal (1990) afirma que as ações antrópicas são consideráveis no desencadeamento da erosão, especialmente pelo uso excessivo dos recursos naturais. O manejo incorreto, como desmatamento, superpastoreio e sistemas agrícolas realizados de maneira intensa podem prejudicar a fertilidade natural dos solos.

Nesse contexto, as ações que permitem a diminuição da energia cinética da chuva, o aumento da infiltração e o armazenamento de água no solo são fundamentais no controle dos processos erosivos e, por conseguinte na minimização da degradação dos solos (PRUSKI, 2009).

Como supracitado, a susceptibilidade dos solos frente aos processos erosivos é complexa e influenciada por vários fatores coexistentes e que se estabelecem ao longo do tempo e espaço, podendo ser modificados mediante aos sistemas de manejos implementados (LAL,1990).

O manejo juntamente com as práticas conservacionistas, denominados também de sistemas de gestão, influenciam em algumas propriedades pedológicas, como a estabilidade dos agregados e o teor de matéria orgânica. Todos os fatores mencionados impactam em maior ou menor grau o escoamento superficial e a infiltração no solo.

### **3. PROCESSOS HIDROLÓGICOS NA VERTENTE**

O escoamento superficial em encostas é frequentemente acompanhado de erosão dos solos (LAL, 1990). E os processos que controlam a desagregação, transporte e

deposição dos sedimentos, são complexos e interativos (LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988) e dependente da ação conjunta dos diversos fatores controladores.

Os processos hidrológicos na vertente se tornam atuantes através dos mecanismos de infiltração da água no solo, armazenamento e escoamento em superfície e subsuperfície (GUERRA 2008; SELBY, 2005). É baseado no conhecimento dos processos atuantes na dinâmica hidrogeomorfológica, como o *splash*, o *runoff* e o *piping* que se torna possível o entendimento da ação da água nas suas diversas formas erosivas.

### 3.1 Splash

Erosão por embate, *splash*, denominada de erosão por salpicamento, respingo, também entre os sulcos e *interril*, de acordo com Foster e Meyer (1972) apud Lal (1990), é oriunda da energia do impacto das gotas de chuvas no solo, desintegrando os agregados, interferindo na porosidade e conseqüentemente no aumento do escoamento superficial devido à formação de crostas (FENDRICH, 1997; GUERRA, 2015; LAL, 1990; MORGAN, 2005).

É a fase inicial da erosão, e a sua intensidade depende da energia cinética das gotas de chuvas e também da erodibilidade dos solos. Ocorre com maior vigor entre o início da precipitação e a formação do *runoff* (FENDRICH, 1997; GUERRA, 2015; LAL, 1990; MORGAN, 2005). Deste modo, associados ao tipo pedológico e a impermeabilização da superfície, as chuvas erosivas aceleram o processo de erosão (POESEN, et al., 2003; RODRIGUES, 2014). A incidência das gotas de chuva é o principal agente do processo erosivo, por causar o desprendimento e deslocamento das partículas de solo. Tais mecanismos são complexos devido a modificação no nível de energia do sistema hídrico do solo (LAL, 1990).

### 3.2 Runoff

O *runoff* é iniciado a partir do momento que a capacidade da chuva excede a capacidade de infiltração do solo (HORTON, 1945). O escoamento superficial acontece de maneira difusa, mas pode se tornar concentrado à medida que tem continuidade espacial e temporal. Nos estágios evolutivos do processo erosivo a interação do *splash* com o *runoff* é capaz de acelerar ainda mais o destacamento do solo (*detachment*), quanto maior a turbulência do fluxo, maior a capacidade erosiva (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

O transporte de sedimento pelo fluxo hídrico superficial é influenciado pelos fatores controladores da quantidade de sedimento disponibilizada, do fornecimento de sedimentos e pelos processos hidráulicos intrínsecos ao fluxo em superfície. Como o impacto das gotas de chuva, a profundidade do fluxo e a velocidade (LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988). O aumento do gradiente hidráulico está relacionado a diversos fatores, como aumento da intensidade das chuvas, aumento do gradiente da encosta e diminuição da capacidade de infiltração no solo (GUERRA, 2008).



Por conseguinte, técnicas simples de manejo podem reduzir a ocorrência de erosão por ravinamento, como a implementação de barragens, construção de bolsões de captação do escoamento superficial e o cultivo em curvas de nível (POESEN, et al., 2003; RODRIGUES, 2014).

### **3.3 Piping**

A erosão por *piping* é oriunda do fluxo subsuperficial e ocorre em todas formas de vertentes (LAL, 1990). Os pipes, denominados também de túneis são canais abertos pelo escoamento subsuperficial com diâmetros variados. São originados através do próprio intemperismo, que submetido a circunstâncias geoquímicas e hidráulicas específicas possibilitam a dissolução e carreamento de partículas no interior dos solos (GUERRA, 2008).

Os túneis são resultados de chuvas prolongadas que acarretam elevados índices de umidade em subsuperfície oriundas da longa infiltração e são desenvolvidos em função da diferença de textura e pela diminuição da permeabilidade entre os horizontes. O *piping* pode ser iniciado por meio de fissuras, sulcos ou até mesmo tocas de animais (GUERRA, 2008; LAL, 1990)

Para Augustin e Aranha (2006), Guerra (2008); Lal (1990) e Salomão (2015) a ação conjunta dos processos atuantes no escoamento subsuperficial aumenta as forças envolvidas no alargamento do canal. O material ao ser removido amplia o diâmetro dos túneis, potencializando o colapso do solo situado acima. A atuação desse processo erosivo pode originar grandes voçorocas (GUERRA, 2008, SELBY, 2005). O transporte desse material se faz através do transporte de sólidos e de componentes dissolvidos em rotas preferenciais, o que lhes confere tanto a atuação de forças físicas, quanto químicas (AUGUSTIN E ARANHA, 2006; GUERRA, 2008; LAL, 1990).

## **4. TIPOS DE EROSÃO**

A água como agente erosivo é dependente dos fatores controladores e manifesta-se de várias maneiras sobre a vertente, caracterizando as diversas formas de erosão. Segundo Guerra (2008) e Vieira (2008) a erosão hídrica é analisada de acordo com a sua forma de manifestação na superfície do terreno, sendo diferenciada em laminar e linear (sulcos, ravinas e voçorocas).

### **4.1 Erosão Laminar**

A erosão laminar, ou em lençol (*sheet erosion*) compreende a remoção de camadas de solos de forma mais ou menos uniforme sobre a superfície de uma área, resultante do escoamento superficial na forma de fluxo laminar delgado ou turbulento e distribui-se pela encosta de maneira anastomosada, sem a delimitação de canais (GUERRA, 2008; LAL, 1990; MORGAN, 2005).

A erosão superficial começa com a incidência das gotas de chuva no solo (*splash*), e evolui para os estágios de escoamento superficial até a consolidação de formas erosivas (GUERRA, 2015; LAL, 1990). É um processo difícil de ser observado devido à sutileza

da sua manifestação no terreno, à percepção ocorre em consequência do aparecimento das raízes, decréscimo na produtividade e marcas nas plantas rasteiras salientando que o solo foi arrastado (BERTONI E LOMBARDI NETTO, 2012; FENDRICH, 1997; MORGAN, 2005).

Fendrich (1997) considera que a erosão em ravinas (*rill erosion*) se configura no estágio mais avançado da erosão laminar, consiste em pequenos canais desenvolvidos na vertente por meio da concentração do fluxo hídrico e que podem ser corrigidas através de práticas agrícolas simples. É visivelmente mais fácil de identificação frente à erosão laminar, contudo, também é uma forma bastante negligenciada por não apresentar impactos negativos de maneira imediata.

## **4.2 Erosão Linear**

Poesen et al., (2003), após a análise de diversos trabalhos sobre erosão linear, reconheceram a existente dificuldade no estabelecimento de padrões rígidos de distinção entre as ravinas e voçorocas. A interação entre os mecanismos envolvidos no estabelecimento dos processos e a possibilidade de associação entre as formas, intrinca a conceituação dessas feições exclusivamente por sua morfologia e localização na paisagem (POESEN; VANDAELE; WESEMAEL, 1996).

### **4.2.1 Sulcos**

Para Lepsch (2010) a erosão em sulcos é oriunda das deformidades na superfície do solo, em virtude da concentração da enxurrada em determinados locais da vertente. O fluxo concentrado pode direcionar-se para outros mais acentuados até formarem cavidades ramificadas. O autor classifica em sulcos rasos, as incisões que podem ser desfeitas com maquinários agrícolas, e de profundos os que não conseguem ser desfeitos com os tipos de manejo já citado.

Rodrigues (2014) descreve os sulcos e ravinas como incisões de pouca profundidade, geometricamente alongadas, manifestadas no solo em função dos fluxos hídricos concentrados conforme a rugosidade do terreno, comumente em áreas desprovidas de cobertura vegetal, em terras agricultáveis, pastagens e estradas. Comprovando que a erosão dos solos está associada às práticas de manejo e muitos dos impactos ocasionados estão diretamente ligados às atividades agrícolas (AMORE et. al, 2004; BACCHI et al, 2003; COGO, LEVIEN, SCHWARZ, 2003; NUNES et.al, 2011; SHI et al, 2012).

### **4.2.2 Ravinas**

Com o intuito de propor uma classificação prática, o IPT (1989) define que as ravinas são feições criadas pelo escoamento superficial e as voçorocas pelo afloramento de lençol freático.

Para Guerra (2015) e Lal (1990) as ravinas são incisões nas encostas, resultante da evolução dos estágios *sheet erosion* para o *rill erosion* provenientes da concentração do *runoff*, podendo representar o estágio inicial de um processo erosivo mais violento. Guerra (2015), Morgan (2005) e Selby (2005) ponderam que as ravinas nem sempre tem

continuidade com a rede fluvial, sendo a maior parte do sistema descontínuo sobre a vertente. Ao atingir o estágio de canal com fluxo hídrico perene e conectado à rede de canais de drenagem a feição já evoluiu para voçoroca.

No *Soil Science Society of America* (2001) as ravinas correspondem a canais de pequenas polegadas de profundidade e largura, oriundas da ação do escoamento superficial. São feições passíveis de obliteração por máquinas agrícolas, ao passo que para as voçorocas não existe a perspectiva de eliminação com as técnicas de cultivo usual (GUERRA, 2008; LAL, 1990; POESEN; VANDAELE e VANWESEMAEL, 1996).

Camapum de Carvalho (2006), Fendrich (1997), Guerra (2008), Morgan (2005), Oliveira (2015) e Poesen et al., (2003) distinguem as feições lineares em função da dimensão e perenidade na paisagem. Morgan (2005) afirma que as ravinas estão associadas à saturação do escoamento superficial, ao invés de estarem relacionadas ao fluxo hortoniano.

Assim, a ravina deve ser entendida quanto ao processo que lhe dá origem e que condiciona a sua evolução. Nessa conjuntura, muitos pesquisadores acreditam que enquanto o processo evolutivo se processar exclusivamente pela dinâmica associada ao escoamento superficial, seja ele laminar ou concentrado, a forma resultante será sempre uma ravina, independentemente da sua profundidade ou extensão. Notabilizando a complexidade em considerar a dimensão da feição como um atributo classificatório.

#### **4.2.3 Voçorocas**

O termo voçoroca também é conhecido como boçoroca, oriundo do Tupi Guarani, *Ibi-Çoroc*, e significa terra rasgada (CAMAPUM DE CARVALHO et al. 2006). A grafia “vossoroca” também é adotada por alguns pesquisadores. Nos países de língua inglesa a voçoroca é traduzida em *gully erosion*, e denominada de *ravine*, na França (VIEIRA, 2008).

A voçoroca é proveniente de um processo morfogenético que pode causar desequilíbrio ao meio ambiente (CAMAPUM DE CARVALHO et al. 2006). A perda de solo, o assoreamento de canais fluviais e fundo de vales, a supressão da vegetação devido à incisão erosiva, as modificações hidrodinâmicas na área condicionam danos socioeconômico e ambiental imensurável (ALBUQUERQUE E VIEIRA, 2014).

A literatura evidencia que a complexidade dos processos envolvidos na erosão pluvial dificulta a própria distinção das feições erosivas na paisagem, intrincando a conceituação entre ravina e voçoroca. Tal questão levou a uma considerável inquietude em relação à terminologia adotada pela literatura nacional e internacional. Culminando em alguns questionamentos sobre a diversidade de abordagem para o termo *gully erosion*, que muitas vezes está associado a fenômenos definidos pelo dimensionamento das formas, permanência na paisagem e também pela gênese.

Outro aspecto que imprime dúvida é se a conceituação do fenômeno comumente tratado no Brasil por voçoroca é mesmo uma tradução do inglês “*gully erosion*”? A resposta para essa pergunta pode ser confirmada pelas diversas publicações dos

pesquisadores brasileiros, que em sua maior parte segue a classificação norte americana e britânica.

Fendrich (1997) define voçoroca como um estágio progressivo da ravina, resultante exclusivamente da ação antrópica sobre o meio. Não obstante, em países tropicais, as ravinas e voçorocas caracterizam antigos depósitos sedimentares anteriores aos primeiros humanos documentados na América do Sul (OLIVEIRA, 2015). Nesse contexto, as feições elucidadas são caracterizadas como canais incisos, oriundos de desequilíbrios naturais ou introduzidas pelo homem, não sendo consequência apenas da intervenção humana (CAMAPUM DE CARVALHO, et al., 2006; GUERRA, 2008; OLIVEIRA, 2015). As voçorocas e ravinas se distiguem pelo afloramento ou não do lençol freático (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006; SALOMÃO, 2015). Guerra (2008) e Morgan (2005) consideram as ravinas características efêmeras na encosta enquanto as voçorocas possuem caráter permanente na paisagem.

A voçoroca corresponde ao estágio mais avançado da feição erosiva, na qual necessita de maiores empenhos para a sua contenção e elevado custo de recuperação da área degradada. Além da erosão superficial, o aprofundamento dessa feição no solo pode atingir o lençol freático e desencadear as surgências de água, e conseqüentemente o carreamento dos sedimentos e o aparecimento de vazios no interior do solo (CAMAPUM DE CARVALHO et al. 2006; IPT, 1989).

Bigarella e Mazuchowski (1985) categorizam a voçorocas como um canal de drenagem de paredes abruptas, com fluxos efêmeros ou pequenos, designada por uma erosão intensa e uma cabeceira bastante íngreme e escarpada.

No Brasil existe uma tendência em classificar os sulcos por critério dimensional, que na perspectiva de Oliveira (2015) é a classificação mais aceita na comunidade científica nacional. Rodrigues (2014) e Selby (2005) caracterizam a voçoroca como um canal inciso, relativamente profundo, com paredes verticais, recentes em uma vertente, na qual nenhum canal bem definido existia anteriormente. Para Guerra (2008) e Selby (2005) as voçorocas possuem paredes laterais abruptas e fundo chato, e podem aprofundar a incisão no terreno até atingir o lençol freático.

Existem diversos tipos de voçorocas, que de acordo com Fendrich (1997) e Lal (1990) podem ser classificadas devido ao formato da seção transversal, tamanho, profundidade e formato em planta. Em relação a seção transversal as voçorocas são classificadas pelo formato em V ou em U, essa variação morfológica é subordinada as diferentes condições climáticas, pedológicas, cronológicas, assim como pelos processos atuantes.

O formato em V faz alusão a solos com menor erodibilidade, no qual o escoamento superficial concentrado opera predominantemente sob a ação da água em subsuperfície. Mesmo que, encontrado numa mesma voçoroca as duas configurações já descritas, a seção em V é característica de voçorocas juvenis. Em contrapartida, o formato em U, indica a presença de solos mais erodíveis, com paredes verticais esculpidas pelo fluxo em

superfície e pelo solapamento da base pela água subterrânea (FENDRICH, 1997; LAL, 1990).

As voçorocas podem ser agrupadas em três tipologias, conectadas a rede de drenagem (partes baixas da vertente), desconectadas a rede de drenagem (parte superior da vertente) e integradas aos dois tipos já mencionados. O primeiro tipo está associado ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo, e pode ser considerado um canal de primeira ordem. O segundo tipo está associado ao escoamento superficial e/ou a movimento de massa e o terceiro tipo diz respeito a formação de uma única incisão erosiva (OLIVEIRA, 2015; VIEIRA, 2008) (Quadro 1).

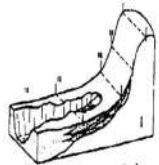
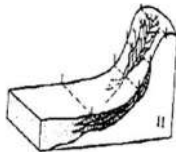
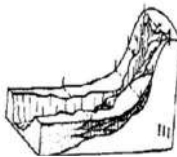











No tocante a profundidade a classificação é bastante arbitrária, como descrito ao longo do texto. Fundamentados na classificação norte americana sobre o dimensionamento das voçorocas, adotaram a classificação de que as ravinas possuem até 50 cm, se configurando como feição passageira na vertente. Enquanto as voçorocas, resultantes da erosão pelo fluxo concentrado e intermitente de água, são formas mais profundas do que 50 cm (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006; GUERRA, 2008; OLIVEIRA, 2015),

Selby (2005) considera o tamanho da feição na classificação das voçorocas, em que as feições possuem largura maior que 0,3 m e profundidade maior que 0,6 m. Na classificação de Vieira (2008) essas feições possuem profundidade superior a 1,5 metros, com paredes verticais em forma de U e fundo relativamente plano, apresentando quedas de blocos ao longo da sua extensão.

Poesen et al. (2003), consideram as voçorocas (*gullies*) como canais muito profundos com variação em profundidade de 0,5 a até 25–30 m. Vrieling et al. (2007) afirma que em ambiente dos cerrados as voçorocas variam a sua dimensão atingindo de 3 a mais de 20-30 m de profundidade, podendo alcançar em casos específicos até 1Km de extensão.

Mesmo existindo conceituações consideradas universais é preciso avaliar as especificidades de cada ambiente no estabelecimento dos valores (GUERRA, 2008). Sobretudo, porque os condicionantes geomorfológicos são distintos e ao mesmo tempo determinantes na estruturação das paisagens.

**Quadro 1** – Classificação das voçorocas.

Formato da seção transversal		Complexidade			Tamanho	Profundidade	Área drenante	
U	-Encontradas em regiões onde os solos e subsolos são facilmente erodíveis; - Paredes quase verticais; - Ampliação lateral por erosão superficial e água subterrânea.	Voçoroca Simples	-Erosão superficial -Solos arenosos -Diferenciação de horizontes apenas quanto a granulometria; -Inexistência de camadas de argila intercalada com as de textura arenosas.			Pequena	< 1m	2 ha
						Média	1 a 5 m	2 a 20 ha
						Grande	> 5m	> 20 ha
						<b>Tipo da Voçoroca (Oliveira, 1989)</b>		
			Conectadas	Desconectadas	Integradas			
V	- Solos mais resistentes a erosão; -Ação do escoamento superficial concentrado é maior que a ação da água subterrânea; - Formato comum no início do processo erosivo.	Voçoroca Complexa	- Acontece em solos com camadas alternadas de argilas entre os horizontes arenosos; - Ação hídrica ininterrupta, - Escoamento superficial (período chuvoso); - Escoamento subterrânea (período seco).					
Formas de Voçorocas		Linear	Bulbiforme	Composta	Dendrítica	Entreliça	Paralela	
Ireland; Sharpe; Eargle (1939) Bigarella e Mazuchowski, (1985)								
(Vieira, 2008)		Bifurcada	Ramificada	Irregular	Retangular	Linear		
								

**Fonte:** Bigarella e Mazuchowski, (1985); Fendrich (1997), Oliveira (2015); Vieira (2008). Organizado pelos autores (2020).

## 5. MORFOGÊNESE DA VOÇOROCA

De acordo com Fiori e Soares (1976) a evolução de uma voçoroca está condicionada a processos morfogenéticos diversos, submetidos à vários condicionantes. Embasados nos estudos de Gorchkov e Yakouchova (1967), os pesquisadores afirmam que a evolução da voçoroca passa por estádios, a saber: inicial, juvenil, maturo e senil. No qual, a gênese dessa feição está intimamente ligada ao desequilíbrio entre a quantidade de fluxo hídrico que escoar em superfície, o tipo de escoamento, a forma da vertente, juntamente com a erodibilidade do material.

Fendrich (1997) considera que o desenvolvimento da voçoroca é processado em quatro estágios correlacionados a uma série de fatores e processos que ocorrem em períodos de espaço de tempo diferentes, sendo que o primeiro está relacionado à formação do fluxo direcionado, ocasionados pela concentração dos filetes anastomosados na vertente a montante (FENDRICH, 1997; FIORE; SOARES, 1976), constituindo o estágio inicial segundo Fiori e Soares (1976).

O segundo estágio corresponde ao aumento da profundidade e largura do canal e também ao carreamento do material (FENDRICH, 1997) devido a intensidade da erosão vertical e solapamento das paredes, com ampliação da área impactada pela efluência da água em subsuperfície, colaborando para escavação da base dos taludes. É nessa fase que ocorre a formação da cabeceira da voçoroca em direção a montante (FENDRICH, 1997.; FIORE; SOARES, 1976). Fiore e Soares (1976) classificam como estágio juvenil. No terceiro estágio há uma diminuição da atividade erosiva e estabelecimento da vegetação natural (FENDRICH, 1997). Ocorre o alargamento do vale, a erosão vertical apresenta intensidade apenas nas ramificações da feição, o alargamento é rápido pela própria convergência das ramificações dentro do vale, com a formação de cristas intermediárias e remanescentes. É denominado de estágio maturo (FIORE; SOARES, 1976).

O quarto estágio é a fase da estabilização da voçoroca, que alcança um perfil de equilíbrio, no qual as paredes tornam-se estáveis pela maior agregação dos solos conferida pela vegetação (FENDRICH, 1997). É o chamado estágio de senilidade, constitui o fim do processo de erosão, apresenta paredes com inclinação suave, relevo arredondado e cobertura vegetal em toda área (FIORE; SOARES, 1976). Selby (2005) elucida o escoamento em superfície, o movimento de massa e o *piping* como processos principais na evolução das voçorocas, manifestados na maioria das vezes de maneira combinada.

### 5.1 Evolução de sulcos, ravinas e cicatrizes

Outra origem para a formação de voçorocas ocorre quando os antigos deslizamentos de terra deixam cicatrizes nas paredes laterais as águas das chuvas e podem, em tempestades subsequentes aos deslizamentos, formar voçorocas por meio do escoamento superficial concentrado dentro da cicatriz (VITTORINI, 1972 apud GUERRA, 2008).

De acordo com Fendrich (1997), a voçoroca pode ser classificada como processo erosivo semi-superficial de massa devido à desagregação de solos nos taludes ao longo dos fundos de vale ou de sulcos ao longo do terreno. A agressão ao solo exposto

ocasionado pela abertura de sulcos e trilhas feitas pela ação antópica ou por animais é a principal causa da erosão por voçorocamento. A ação erosiva das águas pode aprofundar e ao mesmo tempo alargar essa feição, ocasionando o colapso do material, tanto nas laterais quanto nas partes superiores em direção ao topo das voçorocas. Parte do material desprendido é transportado e depositado em áreas mais baixas ou em algum canal fluvial (GUERRA, 2008).

Lepsch (2010) classifica as voçorocas como feição resultante do aprofundamento da erosão em sulcos, que devido ao escoamento superficial e subterrâneo arrasta os horizontes subsuperficiais. Para o autor, as voçorocas são formas espetaculares de erosão diferenciadas pelos rasgos estabelecidos na encosta, podendo atingir dimensões significativas com profundidade até o horizonte C dos solos, conferindo grande poder destrutivo tanto em áreas rurais, quanto urbanas. A transformação de sulcos em voçorocas é comumente provocada pelo manejo incorreto dos solos, como plantio alinhado no sentido morro abaixo, o que facilita o aumento do fluxo linear, a pecuária extensiva e estradas mal planejadas em áreas com declividade considerada (LEPSCH, 2010).

A voçoroca pode ser formada em uma determinada encosta por meio da evolução da erosão laminar para sulcos e ravinas cada vez mais profundos, e também quando há a concentração de água em determinado ponto sem a devida disseminação de energia (IPT, 1989).

Poesen, Torri, Vanwalleghem, (2010) afirmam que o processo de formação da voçoroca é oriundo do escoamento superficial concentrado em canais estreitos e que em curto espaço de tempo acarreta a retirada do solo e também o aprofundamento do canal, carregando o solo das partes mais elevadas das vertentes para as mais baixas. Esse processo ocasiona impactos como inundações e assoreamento de reservatórios hídrico, diminuição no desenvolvimento da qualidade dos solos causando impactos relacionados à dificuldade de tráfego elevando os custos para os produtores rurais (POESEN, TORRI, VANWALLEGHEM, 2010). Indicando que a erosão por voçorocamento é uma importante fonte de geração de sedimentos (POESEN; VANDAELE; WESEMAEL, 1996).

As ravinas com o passar do tempo e da quantidade de água recebida vão se expandindo em comprimento, largura, profundidade e altura, ficando com fundo de certo modo plano, paredes verticais e com quedas em bloco, formando as incisões erosivas denominadas voçorocas. Estas, podem originar de rupturas de encostas ou também em áreas em que a cobertura vegetal foi removida, e devido ao fluxo de água essa feição pode ser considerada como expansão de um canal de drenagem (SELBY, 2005).

A vastidão dos processos envolvidos na erosão dos solos dificulta a caracterização morfodinâmica das voçorocas, nessa perspectiva, o quadro 2 a seguir, apresenta de maneira didática, uma síntese dos principais conceitos, evidenciando os elementos relacionados a morfogênese e a aos aspectos morfológicos dessas feições.



**Quadro 2** – Síntese das principais definições de voçorocas.

	<b>VOÇOROCAS</b>	<b>AUTORES</b>
<b>Caracterização</b>	- Obliteração por maquinários agrícolas;	Guerra (2008); Lal (1990); Poesen; Vandaele e Vanwesemael (1996)
	- Feições efêmeras na paisagem	Camapum de Carvalho (2006), Fendrich (1997), Guerra (2008), Morgan (2005), Oliveira (2015) e Poesen et al., (2003)
	- Canal inciso, profundo e paredes verticais - Quedas de blocos	Rodrigues (2014) ; Selby (2005); Guerra (2008)
<b>Morfogênese</b>	- Afloramento do lençol freático	IPT, (1989); Camapum de Carvalho et al., (2006); Salomão (2015)
	- Evolução através de cicatrizes, sulcos, ravinas e trilhas	Fendrich (1997); IPT (1989); Lepsch (2010); Morgan (2005); Coelho Netto (2008); Guerra (2008); Selby (2005); Bertoni e Lombardi Neto (2012); Camapum de Carvalho et al., (2006); Fendrich (1997); Guerra (2008; 2014 e 2015), Lepsch (2010); Ritter e Eng (2012); SSSA (2001).
<b>Aspectos dimensionais</b>	< 50 cm	Camapum de Carvalho et al., (2006); Guerra (2008); Oliveira (2015),
	- Largura < 0,3 m Profundidade < 0,6 m	Selby (2003)
	Profundidade < 1,5 m	Vieira (2008)
	Profundidade < 3 a mais de 20-30 m Extensão até 1 Km	Vrieling et al., (2007)
	Profundidade 0,5 a até 25 –30 m	Poesen et al., (2003)
<b>Processos atuantes</b>	Escoamento superficial concentrado	Poesen, Torri, Vanwalleghem (2010)
	- Escoamento superficial e escoamento subsuperficial e <i>piping</i>	Selby (2005); Lepsch (2010); Coelho Netto (2008); Guerra (2008); Salomão (2015); Morgan (2005); Vieira (2008)

Organizado pelos autores (2020).

## 5.2 Atuação do escoamento subsuperficial

O escoamento subsuperficial também é responsável pelo surgimento dessas feições lineares que, através da formação de dutos, exprimem significativo potencial erosivo por meio da remoção e transporte de sedimentos. As cicatrizes oriundas dos deslizamentos de terra, igualmente aos processos citados anteriormente, potencializam a formação de voçorocas, visto que o escoamento superficial concentrado aprofunda a incisão que ao interceptar o lençol freático resulta num somatório de processos simultâneos da esculturação pelos fluxos superficiais e subsuperficiais (COELHO NETTO, 2008; GUERRA, 2008). As ravinas assumem novas ramificações e dimensões sendo denominada de voçorocas (SALOMÃO, 2015).

Segundo Coelho Netto (2008), os processos erosivos por ravinas e voçorocas são causados por vários mecanismos atuantes em diversas escalas temporais e espaciais dependentes dos fluxos em superfície e subsuperfície. Algumas voçorocas podem ser originadas pela atuação do escoamento subsuperficial, no qual a água é transportada em dutos e no período de chuvas mais intensas provocam fluxos de água em subsuperfície ocasionando a remoção de grandes quantidades de sedimentos, aumentando o diâmetro desses dutos e gerando o colapso do material situado acima.

O fluxo hídrico no interior dessa feição “pode sofrer variações extremas de vazões ao longo do ano, devido a exfiltração do lençol d’água, e, principalmente, nos eventos de chuvas mais intensa” (RODRIGUES, 2014 p.67). Essas formas estão associadas ao processo de erosão acelerada, no qual as características morfológicas das voçorocas contribuem para a instabilidade das áreas do entorno (GUERRA, 2008). No processo de erosão acelerada a remoção do material é rápida e praticamente não permite o estabelecimento da vegetação (FIORI E SOARES, 1976).

Salomão (2015) considera que as voçorocas estão relacionadas tanto ao escoamento superficial, quanto em subsuperfície em que o *piping* é o responsável pela sua evolução ao causar a remoção de partículas do interior do solo e originar canais responsáveis pelo colapso do terreno. Os desabamentos alargam as voçorocas e criam novas ramificações evidenciando que essa feição erosiva é palco de variáveis fenômenos, a saber: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos conferindo um significativo poder destrutivo (IPT, 1989).

Morgan (2005) afirma que o escoamento subsuperficial também é responsável pela formação de voçorocas, no qual a canalização interna de fluxos gerados por discontinuidades texturais no solo ou pela presença de crostas lateríticas dificultam a percolação e favorece o escoamento lateral. O escoamento lateral ao interceptar a superfície do terreno, acarreta a exfiltração e abatimento do terreno (COELHO NETTO, 2008; BACCARO, 2015; RODRIGUES, 2014).

De acordo com Selby (2005), uma ravina principal (*master rill*) pode evoluir para o estágio de voçoroca ao alargar e aprofundar o seu canal. O autor considera dois tipos de

voçorocas, as contínuas e as descontínuas, atribuindo à formação dessas feições, o escoamento superficial, o movimento de massa e o *piping*.

Concordando com Augustin e Aranha (2006), Baccaro (2015), Coelho Netto (2008), Rodrigues (2014), Salomão (2015) e Selby (2005), acredita-se que o aparecimento das voçorocas pode estar relacionado a ocorrência de deslizamentos e também aos *piping* na vertente, levando a um posterior desenvolvimento de uma voçoroca. É factível que esses dutos associados à drenagem subsuperficial possam emergir á superfície por razões de ordem morfológica, edáfica ou litológica, permitindo o desenvolvimento da feição linear a partir dessa exurgência do fluxo subsuperficial, que teria como consequência um recuo rápido da vertente, por processos associados à dinâmica do voçorocamento.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A complexidade envolvida na erosão dos solos não é demonstrada somente pelas interações entre os complexos lito-pedológicos, climato-vegetacionais e socioeconômicos, mas também, pela dinâmica intrínseca às trocas energéticas responsáveis pela configuração dos processos e esculturação da paisagem.

As ravinas e voçorocas podem ter sua gênese em processos parcialmente diferentes e possuir aspectos esculturais singulares. A erosão por ravinamento resulta exclusivamente da ação da chuva e do escoamento superficial concentrado, enquanto as voçorocas, podem ser oriundas de mecanismos mais complexos, no qual existe uma interconexão entre processos associados ao escoamento superficial, infiltração e a drenagem subsuperficial.

Em síntese é possível afirmar, que as voçorocas são desenvolvidas através de antigas cicatrizes formadas pelos movimentos de massa, pelo aprofundamento de sulcos e ravinas, pela formação dos dutos, mediante a atuação concomitante dos diferentes mecanismos típicos da morfogênese da vertente, atuantes em diversas escalas temporais e espaciais, tendo como base o próprio sistema hidrogeomorfológico.

Em face do exposto, o entendimento da definição da feição erosiva auxilia na proposição de diretrizes padronizadas, voltadas para a compreensão dos processos atuantes e, por conseguinte, permite a adoção de práticas de conservação e/ou mitigação mais eficientes.

### Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, A. O. **Utilização de restituição aerofotogramétrica para análise da influência das alterações da rede de drenagem e desenvolvimento de voçorocas devido a urbanização no município de Jacareí (SP)**. 2015, 53 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3580562](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3580562)>. Acesso 11 de set. 2020.

ALBUQUERQUE, A. R. C.; VIEIRA, A. F. S. G. Erosão dos Solos na Amazônia. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 223-260, 2014.

ALENCAR, P. H. L. **Medição e modelagem de voçorocas no bioma Caatinga: O caso da bacia representativa de Madalena, CE**. 2018, 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2018. Disponível em;<  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=5478655](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5478655)>. Acesso em 08 de maio. 2020.

AMORE, E. et al. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. In: **Journal of Hydrology**, University of Catania, Italia, n.293, p. 100–114, 2004. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169404000587>> Acesso em 10 de maio. 2019.

ARABAMERI, A. et al., Hybrid Computational Intelligence Models for Improvement Gully Erosion Assessment. **Remote Sens**. v. 12, n. 140. p. 1-25, Aug. 2020. Disponível em:< <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/140>>. Acesso 28 de out. 2020.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. Piping em área de voçorocamento, Noroeste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2006. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/56>> Acesso em 08 de maio. 2019.

AZAREH, A. Semi-arid region, Iran: Investigation of applicability of certainty factor and maximum entropy models. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v. 655, p.684-696, 2019. Disponível em:<  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718345911>> Acesso 28 de out. 2020.

BACCHI, O. O. S.; REICHARD, K.; SPAROVEK, G. Sediment spatial distribution evaluated by three methods and its relation to some soil properties. **Soil & Tillage Research**, São Paulo, v. 69, p. 117–125, 2003. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198702001332>> Acesso em: 6 de abril. 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

BIFFI, V. H. R. **Evolução de encosta em contexto de paleocabeceira de drenagem da bacia do rio Capão Grande no quaternário tardio - Superfície de Pinhão/ Guarapuava**. 2019, 194 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Ciências Humanas. Universidade Estadual do Oeste Do Paraná, Francisco Beltrão, 2019. Disponível em:<  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7637052](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7637052)> Acesso em 05 de mai. 2020.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 2, Maringá, 1985. **Visão integrada da problemática da erosão**. Anais ... ABGE, Livro Guia, P. 332. 1985.

CABRAL, T. L. **Distribuição e classificação de voçorocas por meio de indicadores morfométricos em sub-bacias no município de Cacequi – RS**. 2018 191 f. Tese

(Doutorado em Geografia). Instituto de Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. Disponível em:<  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7652357](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7652357)>. Acesso em 05 de mai. 2020.

CAMAPUM DE CARVALHO. J. et al. In: CAMAPUM DE CARVALHO. J. et al (Org) **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. 1ª ed. Brasília: Editora Finatec, p.39-91, 2006.

CASSARO, R. **Análise dos processos erosivos na bacia do Córrego do Forro – município de Conceição da Barra de Minas (MG): estudo dos condicionantes geológicos-geotécnicos**. 2018, 160 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Departamento de Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em:<[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6610031](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6610031)> . Acesso em 05 de mai. 2020.

CASTILLO, C. et al., Comparing the Accuracy of Several Field Methods for Measuring Gully Erosion. **Soil Science Society of America Journal**, USA. v. 76, nº 4, p.1319-1332, Jul. 2012. Disponível em:<<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2136/sssaj2011.0390>> Acesso 28 de out. 2020.

CAVALCANTE, LIZANDRA RIBEIRO. **Análise da evolução da paisagem urbana de Goiânia (GO) e a distribuição dos focos erosivos hídricos de 1992 a 2016**. 2019 219 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em <  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=8023235](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8023235)>. Acesso em 05 de mai. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 415-440, 2008.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 93-148, 2008.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. Viçosa, vol. 27 nº.4. p. 743-753, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a19v27n4.pdf>> Acesso em 05 de mai. 2019.

CONFESSOR, J. G.; MACHADO, D. F. T.; RODRIGUES, S. C. Procedimento de revegetação irrigada por carneiro hidráulico em área degradada por voçorocamento. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**. Iporá-GO. v. 5, n. 1. P. 112-126, 2016. Disponível em:<  
<https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/5485>>. Acesso 5 de set. de 2020

DUBE, F. et al., Potential of weight of evidence modelling for gully erosion hazard assessment in Mbire District – Zimbabwe. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 67-

69, p. 145-152, 2014. Disponível em:<  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706514000060>> Acesso 28 de out. 2020.

DUNNE, T. Hydrology, mechanics and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. In: **Ground Water Geomorphology: The Role of Subsurface Water in Earth-Surface Processes and landforms**, Geological Society of America. 1–28, 1990. Disponível em:<  
[https://www.researchgate.net/publication/289783741\\_Chapter\\_1\\_Hydrology\\_mechanics\\_and\\_geomorphic\\_implications\\_of\\_erosion\\_by\\_subsurface\\_flow](https://www.researchgate.net/publication/289783741_Chapter_1_Hydrology_mechanics_and_geomorphic_implications_of_erosion_by_subsurface_flow)> Acesso 5 de mar. de 2019.

EVANS, M.; LINDSAY, J. High resolution quantification of gully erosion in upland peatlands at the landscape scale. **Earth Surface Processes and landforms**, USA, v. 35, nº 8, p. 876-886, jun. 2010. Disponível em:<  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.1918>> Acesso 28 de out. 2020.

FENDRICH, R. Erosão Urbana. In: FENDRICH, R. et al. (Org). **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4ª ed. Curitiba. Champagnat, p. 15-50, 1997.

FIORI; SOARES. Aspectos evolutivos das voçorocas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, SP, v.16, n. 3, p.114-124, 1976.

FROTA FILHO, A. B.; ABREU, N. R. P.; VIEIRA, A. F. S. G. Processo de voçorocamento e feições secundárias: um estudo de caso em Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia-MG v. 21, n. 74, p.313–323, 2020. Disponível em:<  
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/41778>>. Acesso 5 de set. de 2020.

GAROSI, Y. et al., Comparison of differences in resolution and sources of controlling factors for gully erosion susceptibility mapping. **Geoderma**. v. 330, p. 65-78, nov. 2018. Disponível em:<  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706117322231>> .Acesso 28 de out. 2020.

GAYEN, A. et al., Gully erosion susceptibility assessment and management of hazard-prone areas in India using different machine learning algorithms. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v.668, p.124-138, June. 2019. Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719309489>.> Acesso 28 de out. 2020.

GLOSSARY OF SOIL SCIENCE TERMS. Soil Science Society of America. Madison, Unite States, 96p. Disponível em:<  
<http://blogs.upm.es/techenglish/wpcontent/uploads/sites/53/2015/05/Soil-Science-glossary.pdf>>. Acesso 5 de mar. de 2019.

GOULART, G. A. et al. Influência do relevo, cobertura vegetal e atributos do solo para a ocorrência de processos erosivos no município de São Francisco de Assis (RS). In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 11.º, 2016, Maringá, **Anais...** Maringá, PR: Departamento de Geografia, 2016. Não paginado. Disponível em  
:<<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-38-1544.html>>. Acesso 18 de set. 2020.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A. J, T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 17-55, 2015.

- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 149-209, 2008.
- GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 11ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 648p. 2015.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. Disponível em:<  
<https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/56/3/275/4075>>  
Acesso 7 de mar. de 2019.
- IPT. **Controle de Erosão**: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas. São Paulo, 1989.
- KUHNERT, P. M. et al., Incorporating uncertainty in gully erosion calculations using the random forests modelling approach. **Environmetrics**, v. 21, nº 5, p. 493-509, July, 2010. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/env.999>>  
Acesso 28 de out. 2020.
- LAL, RATTAN. **Soil Erosion In The Tropics: Principles e Management**. McGraw-Hill, United States of America, 1990. 580p.
- LANE, L. J.; SHIRLEY, E. D.; SINGH, V. P. Modelling erosion on hillslopes. In: ANDERSON, M. G. (Org). **Modelling Geomorphological Systems**, Chichester, UK, John Wiley Sons Ltd. p. 287-307, 1088. Disponível em: <  
<https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/559.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2020.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª.ed. Oficina de Texto, São Paulo, 2010. 216p.
- LIMA, A. P. M. **Distribuição Espacial dos processos de voçorocamento no médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ**. 2019, 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:<  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=8096512](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8096512)> Acesso 18 de set. 2020.
- LISBOA, G. S. et al., Evolução dos processos erosivos na bacia do rio Bacanga no município de São Luís, Estado do Maranhão. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 11º., 2016, Maringá, **Anais...** Maringá, PR: Departamento de Geografia, 2016. Não paginado. Disponível em :< <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-509-1047.html>>. Acesso 18 de set. 2020.
- LISBOA, G. S. **Processos erosivos por voçorocamento em linha de transmissão de energia no município de São Luís-MA**. 2018 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia. Instituto de Geografia. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em:<  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7477563](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7477563)>. Acesso 18 de set. 2020.
- MARCHIORO, et al., Voçorocas no Brasil: aspectos conceituais, dimensionais e metodológicos. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 11º., 2016, Maringá, **Anais...**

Maringá, PR: Departamento de Geografia, 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-500-930.html>> Acesso 18 de set. 2020.

MARQUEZ, J. A. C. **Estudo do modelado atual da paisagem da cidade de Pacaraima - RR a partir da análise da ação antrópica e feições erosivas**. 2018, 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2018. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6314052](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6314052)>. Acesso 23 de set. 2020.

MATIAZO, S. **Evolução espaço-temporal de voçorocas na bacia hidrográfica do córrego Tatuquara (1980-2016), Terra Rica – PR**. 2018, 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6395372](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6395372)>. Acesso 23 de set. 2020.

MELO, M. C. S. **Estudo das feições erosivas lineares na sede do município de Pacaraima-RR**. 2017, 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2017. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=5008494](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5008494)>. Acesso 22 de set. 2020.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3ª ed. Oxford – UK. Blackwell Publishing Ltd, 2005.

NUNES, A. N.; ALMEIDA, A. C.; COELHO, C.O. A. impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in marginal area of Portugal. **Applied Geography**, v 31.p 687-699, 2011. Disponível em: <[http://cdn.intechopen.com/pdfs/23111/InTech-Soil\\_erosion\\_under\\_different\\_land\\_use\\_and\\_cover\\_types\\_in\\_a\\_marginal\\_area\\_of\\_portugal.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/23111/InTech-Soil_erosion_under_different_land_use_and_cover_types_in_a_marginal_area_of_portugal.pdf)> Acesso em 7 de mar. 2019.

OLIVEIRA, M. A. T. Erosion Disconformities and Gully Morphology: A Threedimensional Approach. In: **Catena**, Germany, v.16, n. (4-5). p.413-423, 1989. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0341-8162\(89\)90024-6](https://doi.org/10.1016/0341-8162(89)90024-6)> .Acesso 22 de set. 2020.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de e 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**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 57-99, 2015.

PERROY, R. L. Comparison of gully erosion estimates using airborne and ground-based LiDAR on Santa Cruz Island, California. **Geomorphology**, Netherlands, v. 118, nº 3-4, p.288-300, jun. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X10000358>> Acesso 28 de out. 2020.

PINTO, B. L. **Dinâmica geomorfológica de voçorocas no município de Tucano/BA**. 2018, 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em: <<file:///C:/Users/julia/Downloads/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20%20Bismarque%20Lopes%202018.pdf>>. Acesso em 8 de ago. 2020.

POESEN, J. et al. 2003. Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. **Catena**. Amsterdam. v. 50 (2-4): p.91-133. Jan. 2003. Disponível em:



<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816202001431>>. Acesso em 8 de mar. 2019.

POESEN, J. W. A.; TORRI, D. B.; VANWALLEGHEM, T. Gully Erosion: Procedures to Adopt When Modelling Soil Erosion in Landscapes Affected by Gullyng. In:

POESEN, J. W.; VANDAELE, K.; VAN WESEMAEL, B. Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. In: *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives, (Exeter Symposium)* [S.I.: s.n., 1996] p. 251-266. Disponível em:<

[http://hydrologie.org/redbooks/a236/iahs\\_236\\_0251.pdf](http://hydrologie.org/redbooks/a236/iahs_236_0251.pdf)> Acesso 11 de mar. 2019.

POURGHASEMI, H.R. et al., Performance assessment of individual and ensemble data-mining techniques for gully erosion modeling. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v.609, p.764-775, Dec. 2017. Disponível em:<

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717319010>> Acesso 28 de out. 2020.

RAHMATI, O. et al., (2014); Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v. 579, p.913-927. Feb. 2017. Disponível em:<

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716323658>> Acesso 28 de out. 2020.

RIBEIRO, R. M. **Aspectos físicos e a vegetação de voçorocas no município de Jataí, sudoeste de Goiás**. 2015, 72 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2015. Disponível em:< [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3470427](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3470427)>. Acesso 17 de set. 2017.

RITTER, J.; ENG, P. Soil Erosion — Causes and Effects. **FactSheet**. Ontário v. 87.040. out. 2012. Disponível em:< <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.htm#3>> Acesso 17 de abril, 2017.

ROCHA, E. A. V. **Processos de Voçorocamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vai Vem (Ipameri-GO)**. 2012, 171 f. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em:< <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15947>> Acesso 11 de mar. 2019.

RODRIGUES, S. C. Degradação dos solos no Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 51-85, 2014.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção de Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J, T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 229-268, 2015.

SAMPAIO, LIGIA DE FREITAS. **Fractal, multifractal and lacunarity as new analytical tools for gullies: A case study**. 2019 201 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) Departamento de Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em:<[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7754500](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7754500)>. Acesso 11 de mar. 2020.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. 2ª.ed Oxoford, New York, 2005. 451. P.

SHI, Z. H. et al., Modeling the impacts of integrated small watershed management on soil erosion and sediment delivery: A case study in the Tree Gorges Area, China.

**Journal of Hidrology**, v. 438–439, p. 156-167. 2012. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412002132>> Acesso 18 de mar. 2019.

SILVA, A.S.; BOTELHO, R. G. M. Degradação dos Solos no Estado do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 261-292, 2014.

SIQUEIRA JUNIOR, P. **Avaliação metrológica de modelos digitais de elevação obtidos por Veículo Aéreo Não Tripulado, aplicados a estudos de processos erosivos do solo**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) Instituto de Tecnologias e Inovações Ambientais, Universidade Federal De Lavras, Lavras, 2018. Disponível em:<

<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/30855/1/DISSERTA%20a7%20metrol%20b3gica%20de%20modelos%20digitais%20de%20eleva%20a7%20a3o%20obtidos%20por%20ve%20adculo%20a9reo%20n%20a3o%20tripulado%20c%20aplicados%20a%20estudos%20de%20processos%20erosivos%20do%20solo.pdf>> Acesso em: 25 maio. 2020.

SOUZA, L. F. T. **Modelagem de processos erosivos em área de contatos geológicos no Alto Paranaíba**. 2017 144 f. Dissertação (Mestrado em agronomia). Departamento de Solos. Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em:<

<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/11584>>. Acesso 23 de set. 2020.

TEIXEIRA, I. I. L. **Evolução do uso da terra, erosão dos solos e fragmentação da vegetação na APA do Rio Descoberto no Distrito Federal e Goiás**. 2018, 140f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em:<

[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6420488](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6420488)>. Acesso 23 de set. 2020.

UTSUMI, A. G. **Detecção automática de voçorocas a partir da análise de imagens baseada em objetos geográficos – Geobia**. 2019, 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Departamento de Engenharia e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, 2019. Disponível em:<

[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7660768](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7660768)>. Acesso 23 de set. 2020.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 2008, 223 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. Disponível

em:<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91352>>. Acesso 23 de set. 2020.

VRIELING, A. et al., Automatic Identification of Erosion Gullies With Aster Imagery In The Brazilian Cerrados. **International Journal of Remote Sensing**. vol. 28, n. 12, 2007, p. 2723–2738. Disponível em:<

[https://www.researchgate.net/publication/233517904\\_Automatic\\_identification\\_of\\_eros](https://www.researchgate.net/publication/233517904_Automatic_identification_of_eros)

ion gullies with ASTER imagery in the Brazilian Cerrados> Acesso 23 de set. 2020.

WISCHMEIER, V. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall – Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil conservation.** 49. p. Departamento of Agriculture, 1965. Disponível

em:<[http://topsoil.nserl.purdue.edu/usle/AH\\_282.pdf](http://topsoil.nserl.purdue.edu/usle/AH_282.pdf)> Acesso 25 de mar. de 2019.

YITBAREK, T. V.; BELLIETHATHAN, S.; STRINGER, L. C. The onsite cost of gully erosion and cost-benefit of gully rehabilitation: A case study in Ethiopia. **Land Degradation & Development**, v.23, n.2, p.157-166, april, 2012. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ldr.1065> > Acesso 28 de out. 2020.

ZABIHI, M. et al., Spatial modelling of gully erosion in Mazandaran Province, northern Iran. **Catena**, Germany. v. 161, p. 1-13, fev. 2018. Disponível em:<

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816217303351#!>> Acesso 28 de out. 2020.