



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **Diagnóstico da degradação de uma encosta em Rio Claro (RJ), com uso de imagens aéreas de VANT e análise das propriedades do solo**

Fabrizio do Nascimento Garritano<sup>(a)</sup>, Domynique da Silva Santos<sup>(b)</sup>, Antonio José Teixeira Guerra<sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Mestrando, PPGG – UFRJ , fkgarritano@hotmail.com

<sup>(b)</sup> Mestranda, PPGG – UFRJ , domyniques@yahoo.com

<sup>(c)</sup> Professor Titular, Departamento de Geografia – UFRJ, antoniotguerra@gmail.com

**Eixo: Solos, paisagem e degradação**

### **Resumo**

Tendo em vista que o uso de veículos aéreo não tribulados (VANTS) vem ganhando cada vez mais espaço na pesquisa geomorfológica, o presente trabalho teve como objetivo utilizar um VANT para monitorar, através de mapeamentos, e caracterizar, através da elaboração de perfis longitudinais e transversais, uma voçoroca localizada no alto curso do Rio Pirai, município de Rio Claro, estado do Rio de Janeiro. A área de estudo foi escolhida tendo em vista o histórico de uso e ocupação do vale do Paraíba do Sul, que acompanhou os ciclos histórico-econômicos do Brasil. Para complementar a pesquisa, foram realizadas coletas de amostras de solo com objetivo de determinar propriedades físicas e químicas do solo. Os resultados mostram que o solo apresenta suscetibilidade à erosão, que somadas ao uso e manejo inadequados acabam intensificando o problema da erosão na área.

Palavras chave: VANT; voçoroca; amostras de solo; erosão

### **1. Introdução**

A degradação dos solos é um problema ambiental que ocorre de forma intensiva no médio vale do rio Paraíba do Sul. A erosão dos solos se caracteriza como um dos processos de degradação (FULLEN e CATT, 2004; GUERRA, 2014). A erosão se inicia com a perda da camada superficial do solo, que pode ser dada tanto pela erosão por salpicamento, quanto pelo escoamento superficial. (PORTELA, et al., 2010; GUERRA, 2014; TELKAR e POTE, 2018; MOMM et al, 2018). Identificar os mecanismos que originam a erosão em determinado ponto é fundamental para fazer o monitoramento e diagnóstico da área de estudo, com objetivo de mitigar e reduzir o efeito do processo erosivo na área.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O médio vale do rio Paraíba do Sul está inserido em um contexto que acompanhou o desenvolvimento econômico do Brasil. Desta forma, a floresta nativa de Mata Atlântica, que cobria toda a região, foi removida para abrir espaço para a cultura do café, cana-de-açúcar, rotas para escoamento da produção e atualmente para atividade pecuária (DEVIDE, 2013). No que diz respeito aos solos, a presença da cobertura vegetal possui diversas implicações, dentre elas, reduzir a quantidade de sedimentos transportados, melhorar a capacidade de infiltração, diminuir a velocidade do escoamento superficial, fertilizar o solo, dentre outras. (LOUREIRO, et al., 2018; MONTEIRO et al, 2017; PINHEIRO et al, 2018).

A área de estudo (FIGURA 1) está localizada no município de Rio Claro, estado do Rio de Janeiro. Foi escolhida uma voçoroca que está em processo de reflorestamento pelo Instituto Terra de Preservação Ambiental (ITPA), para fazer a caracterização das propriedades físicas e químicas do solo e diagnosticar a feição através do uso do VANT.

Mapa de localização da área de estudo

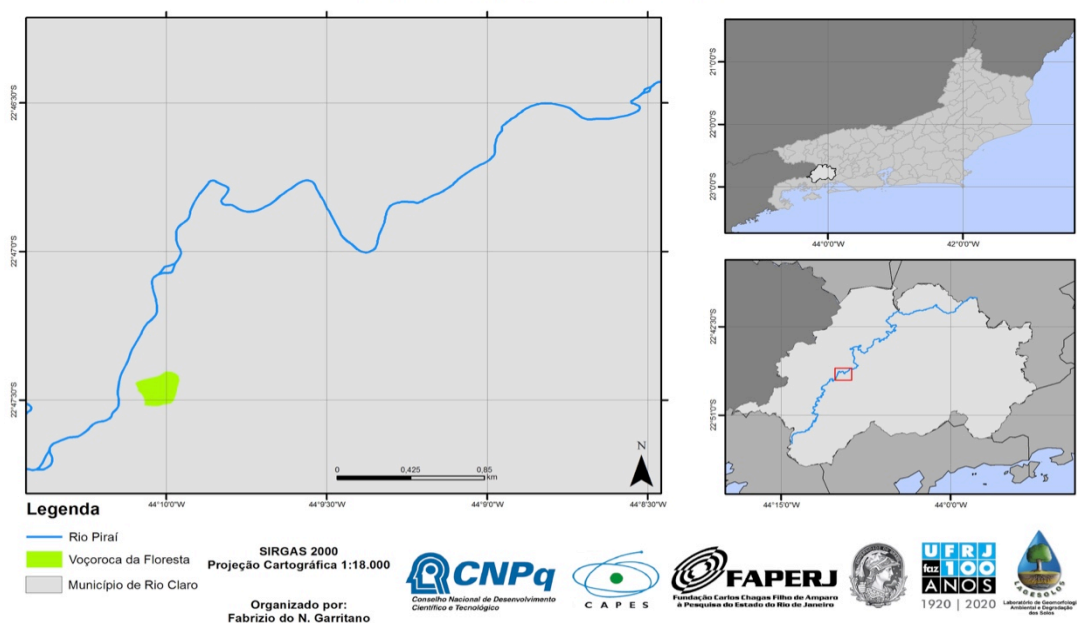


Figura 1 – Mapa de localização da voçoroca



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As propriedades físicas e químicas do solo são fatores controladores do processo erosivo. Desta forma, em conjunto com análises de outros fatores, estas consideram-se indispensáveis para entender a forma que a erosão está atuando em determinado local. O uso de VANT na pesquisa geomorfológica vem ganhando cada vez mais destaque pelos resultados que o mesmo proporciona, tornando possível analisar a feição, a partir de outros aspectos e formas.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Coletas e análises do solo

Para determinar e avaliar a erodibilidade do solo, foi realizado um trabalho de campo (março de 2018) a fim de coletar amostras para análise das propriedades físicas e químicas em laboratório. A profundidade de coleta foi de 0 a 10 cm, e foram coletadas amostras deformadas e indeformadas. As análises realizadas foram granulometria (textura do solo); densidade do solo; porosidade e teor de matéria orgânica. Todas as análises seguiram o Manual de Métodos e Análises de Solo da EMBRAPA (2011).

### 2.2 Obtenção e processamento digital das imagens

Para obtenção das imagens aéreas, foi realizado um trabalho de campo (setembro 2018) utilizando o VANT “Phantom 4 Pro 2018 – *Obsidian Edition*” (FIGURA 2).



Figura 2 – Phantom 4 Pro Obsidian 2018



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Neste trabalho de campo, foi realizado um voo pré-programado através do aplicativo “DroneDeploy”. Os dados técnicos do voo seguiram a circular técnica publicada pela EMBRAPA Acre (2018). O detalhamento dos dados estão inseridos no quadro I.

Quadro I – Dados técnicos do voo

Tempo de voo	9 minutos e 47 segundos
Altura máxima do voo	115 metros
Área coberta com as imagens	3.86 hectares
Quantidade de imagens registradas	94 imagens
Sobreposição frontal das imagens	80 %
Sobreposição lateral das imagens	75 %
Tamanho do pixel	6,9cm/px

Após a obtenção das imagens, elas foram exportadas para o “Pix4dmapper” para que fosse feita a união das mesmas e então a obtenção do ortomosaico, com objetivo de realizar a caracterização da voçoroca.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Propriedades do solo

Diversos trabalhos apontam a importância de se conhecer as propriedades físicas e químicas do solo, no intuito de analisar a ocorrência e o desenvolvimento de processos erosivos em uma área, uma vez que essas propriedades influenciam diretamente no grau de suscetibilidade do solo à erosão (GUERRA, 2007; SANTOS et al. 2016; ALMAJMAIE et al, 2017; LOUREIRO, et al., 2018). Devido a isso, realizou-se a coleta e análise de amostras de solo do terreno onde desenvolveu-se a feição erosiva estudada. Foram examinadas a granulometria, a densidade do solo e



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

porosidade, e seu teor de matéria orgânica e os resultados obtidos são demonstrados a seguir.

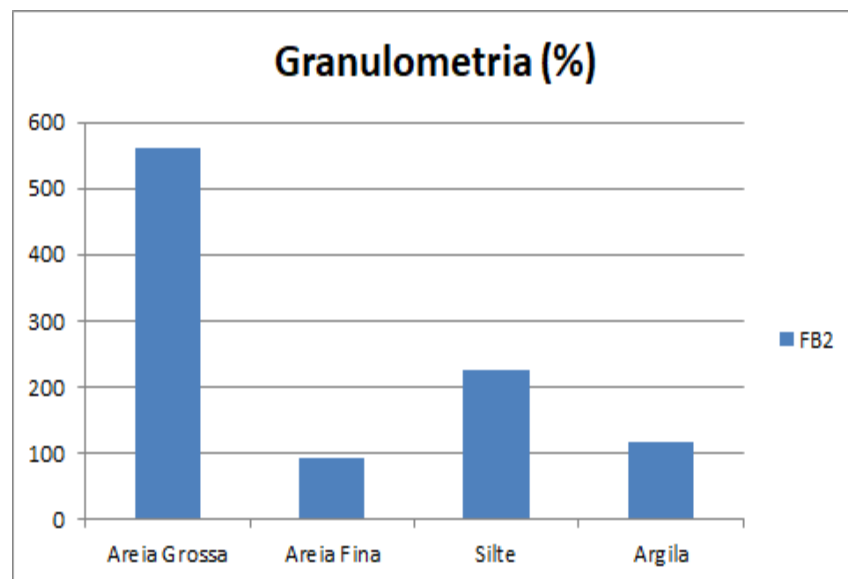


Gráfico 1: Composição granulométrica do solo coletado na área de estudo

Como pode ser visto no gráfico 1, a análise da granulometria do solo revelou um elevado teor de areia grossa presente no mesmo, que corresponde a mais de 56% do total da amostra. O silte, segunda fração mais abundante na amostra, ocupa 22,7% do total do solo, enquanto a argila e a areia fina correspondem respectivamente a 11,7% e 9,4% de sua composição. Considerando estas concentrações e aplicando a metodologia empregada pela USDA (*United States Department of Agriculture*), a textura deste solo se enquadra na classificação de franco-arenosa. Esses dados apresentam implicações diretas sobre o grau de degradação estabelecido na área de estudo, uma vez que este tipo de solo é apontado por Guerra et al. (2017) como altamente suscetível à erosão. A forte presença do silte (> 20%) e da areia fina (> 9%) também indica maior propensão ao surgimento de feições erosivas como voçorocas, uma vez que estas são as frações mais erodíveis do solo (MORGAN, 2005; PEREIRA et al, 2016; GUERRA et al, 2017; RANGEL e GUERRA, 2018).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A areia grossa, embora ofereça alguma resistência ao transporte pela água da chuva devido ao seu peso, possui baixa capacidade de se ligar a outras partículas, o que compromete a formação de agregados estáveis no solo e, conseqüentemente, torna sua superfície mais vulnerável ao impacto das gotas de chuva, capazes de destacar partículas e assim iniciar o processo de erosão por salpicamento e a formação de crostas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014; ZHAO et al, 2017).

A densidade do solo das amostras coletadas na área é de  $1,58 \text{ g/cm}^3$ , e uma porosidade de 37,46%. Segundo Fullen e Catt (2004), a faixa de valores considerada normal varia de  $1,0 \text{ g/cm}^3$  a  $1,4 \text{ g/cm}^3$ . Logo, a área demonstra um elevado grau de compactação, o que pode ser explicado devido ao seu uso como área de pastagem para animais de grande porte, que devido ao pisoteio, promovem a compressão do solo (JORGE, 2017; GARRITANO et al 2018). Este fato compromete também a porosidade do solo, uma vez que, como apontado por diversos autores (EMBRAPA 2011; GUERRA 2017; RANGEL 2018) estas duas propriedades se relacionam de forma inversamente proporcional. Considerando os parâmetros utilizados por Rangel e Guerra (2018), solos com porosidade entre 35% e 45% são considerados de média suscetibilidade à erosão, o que contempla as condições do solo examinado.

O teor de matéria orgânica no solo possui relevância para a análise de sua erodibilidade, devido a correlação direta entre esta propriedade e a estabilidade dos agregados em água (BRAIDA et al., 2011; PODWOJEWSKI et al., 2011). A matéria orgânica, devido sua interação com partículas minerais, especialmente argila, é capaz de formar complexos organominerais, produzindo maior proporção de macroagregados capazes de resistir melhor à ação da chuva, evitando a deflagração de processos erosivos. O teor de matéria orgânica registrada no solo foi de 5,35%, valor superior ao mínimo de 3,5%, apontado por Fullen e Catt (2004) como capaz de garantir estabilidade ao solo.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### 3.2 Caracterização do VANT

Com o uso do VANT, foi possível analisar a voçoroca sob diferentes aspectos. O ortomosaico gerado (FIGURA 3), permitiu elaborar perfis transversais e longitudinais da feição, com o objetivo de entender a forma que a voçoroca se desenvolve ao longo da encosta.

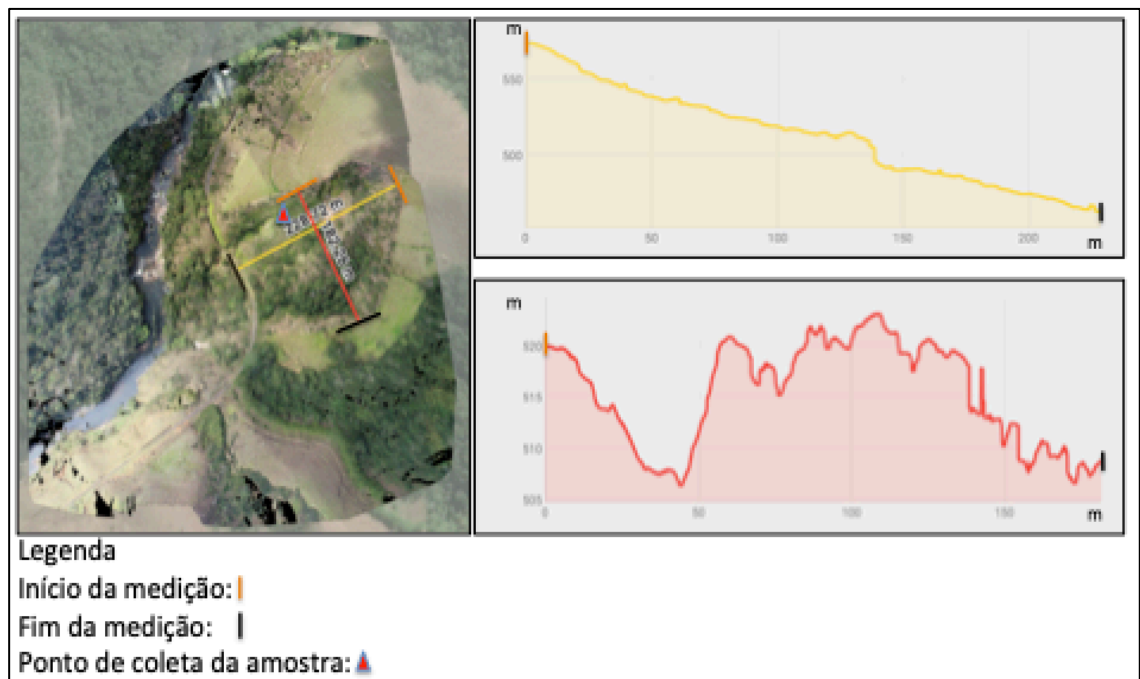


Figura 3 – Ortomosaico e perfis gerados.

O perfil longitudinal amarelo indica o comprimento máximo da voçoroca, que corresponde a 228 metros que se estende desde a parte mais alta (530 m de altitude), até a parte mais baixa (470m de altitude). O perfil transversal vermelho, indica a largura máxima da voçoroca, que corresponde a 182 metros. Com a análise deste perfil, é possível saber as áreas da feição que apresentam maior profundidade, indicando assim, possíveis áreas onde a perda de solo está mais concentrada.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O modelo digital de elevação (MDE) (FIGURA 4) permite identificar, de forma mais ampla, toda a altitude da área que foi mapeada. Nota-se que a voçoroca analisada (área delimitada pelo polígono azul), está inserida em sua maior parte nas áreas mais altas da encosta, e a proximidade com o rio Pirai é alta.

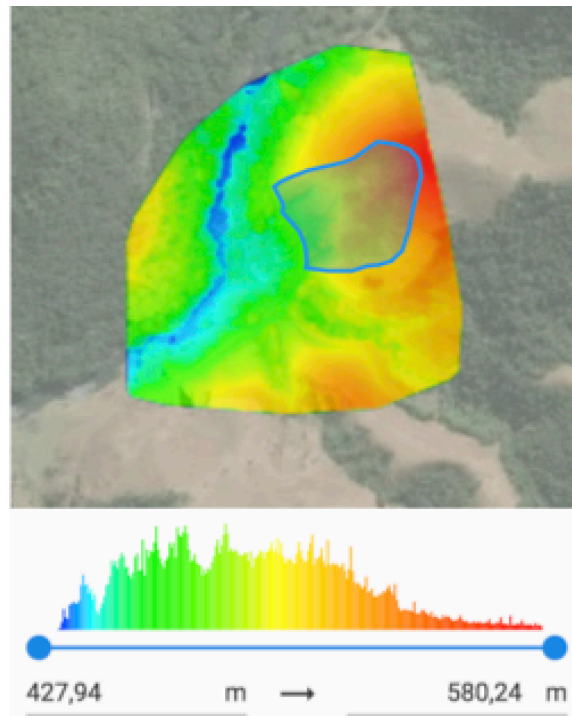


Figura 4 – MDE da área mapeada

#### 4. Considerações finais

Esta pesquisa foi desenvolvida com o fim de esclarecer a dinâmica do processo de degradação de uma encosta desmatada no município de Rio Claro, RJ. A análise das propriedades do solo na área ajudou a compreender os fatores que contribuíram para o surgimento e a evolução da feição erosiva, ali estabelecida. Os resultados revelaram uma textura franco-arenosa, altamente suscetível à erosão, devido a seus altos teores de areia e silte, frações facilmente movimentadas pelos fluxos de água da chuva.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O relativamente alto grau de compactação do solo, indicado por uma densidade aparente de  $1,58 \text{ g/cm}^3$ , também contribui para elevar a erodibilidade deste, uma vez que com a porosidade mais baixa, a infiltração da água é dificultada, e esta acaba escoando superficialmente e carregando sedimentos encosta abaixo. O teor de matéria orgânica no solo se mostra satisfatório (5,35%), o que provavelmente se deve à presença de gramíneas, que recobrem a área no entorno da voçoroca. No entanto, o elevado teor de areia presente no solo, em conjunto com a baixa porosidade, são fatores que parecem agir como limitadores da capacidade desta matéria orgânica em formar agregados, embora a argila também apareça em uma concentração razoável

A falta de cobertura vegetal arbórea ou arbustiva na encosta expõe o topo do solo ao impacto da chuva e, juntamente com a declividade de suas vertentes, parece contribuir para o surgimento de feições erosivas superficiais, que ganham profundidade rapidamente, devido às características do solo ali presente. Estes resultados reforçam a importância da manutenção da vegetação nativa para a conservação do solo e da paisagem e a necessidade de ações que visem o restabelecimento desta vegetação para alcançar a mitigação dos processos erosivos e a recuperação da área.

Com a utilização do VANT, foi possível diagnosticar de forma rápida e eficiente, resultados da voçoroca e encosta, que seriam difíceis de obter de outras formas. Desta maneira, esse equipamento em conjunto com técnicas de sensoriamento remoto e da aerofotogrametria, permitem um novo e completo entendimento da área de interesse. O uso de VANTs na pesquisa geomorfológica apresenta diversos benefícios e, apesar de ser de certa forma uma inovação, recomenda-se cada vez mais o uso deste equipamento por profissionais e pesquisadores ligados à área ambiental.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, pelo financiamento que viabilizou a elaboração desta pesquisa.

### **Referências bibliográficas**

ALMAJMAIE A, HARDIE M, DOYLE R, BIRCH C, ACUNA T. Influence of soil properties on the aggregate stability of cultivated sandy clay loams. *J Soils Sediments*:1 –10, 2017.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 222-227. 2011.

DEVIDE, A. C. P. **História Ambiental do Vale do Paraíba**. 2013. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Ufrj, Seropédica, 2013.

EMBRAPA ACRE. **Planos de Voo Semiautônomos para Fotogrametria com Aeronaves Remotamente Pilotadas de Classe 3**. Acre, 2018. 56 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. Documentos, 2011. 212p.

FULLEN, M.A. e CATT, J.A. **Soil Management: problems and solutions**. London: Arnold, 2004.

GARRITANO, F. N.; LOUREIRO, H. A. S. ; SANTOS, D. S. ; MARTINS, V. B. P. ; GUERRA, A. J. T . Monitoramento, mapeamento e caracterização de voçoroca através de imagens do google Earth pro e uso de drone. **IV Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro**, 2018, Seropédica. Rio de janeiro: Geopartners. v. 1. p. 83-93.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 149-209.

GUERRA, A. J.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C.; BEZERRA, F. R.; SHOKR, M. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. *Pedosphere*, v. 27, n. 1, p. 27–41, 2017.

GUERRA, A.J.T. Degradação dos solos – conceitos e temas. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2014. p.15-50.

JORGE, M. C. O. Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba – SP. 242 f. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – **Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

LOUREIRO, H. A. S. ; SANTOS, D. S. ; SUAREZ, D. J. ; GARRITANO, F. N. ; MOLINARO, Y. T. ; PEPE, H. S. ; GUERRA, A. J. T. . Erodibilidade das camadas superficiais do solo em encostas com voçorocamento: Bacia hidrográfica do rio Pirai, município de Rio Claro (RJ). In: **XII SINAGEO**, 2018, Crato - CE. Paisagem e Geodiversidade: A valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro, 2018.

MOMM, H. G.; WELLS, R. R.; BENNETT, S. J. Disaggregating soil erosion processes within an evolving experimental landscape. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 43, n. 2, p. 543-552, 2018.

MONTEIRO, F., FALCÃO, K., MENEZES, R., SERPA, K., SOTOLANI, B., & PANACHUKI, E. Erosão hídrica sob condições de chuva simulada em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Anais do ENIC*, n. 9, 2017.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. England: Blackwell, 2005.

PEREIRA, L. S. RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Processos hidro-erosivos em solos degradados em relevo de baixa declividade. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n. 2, p. 299-316, 2016

PINHEIRO, A. G., DOS SANTOS, J. C. N., DE QUEIROZ PALÁCIO, H. A., DE ARAÚJO NETO, J. R., & DE ANDRADE, E. M. Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. *Irriga*, v. 23, n. 1, p. 133, 2018.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PODWOJEWSKI, P.; POULENARD, J. NGUYET, M. L.; ROUW, A.; NGUYEN, V. T.; HA PHAM, Q.; TRAN, D. C. Climate and vegetation determine soil organic matter status in an alpine inner-tropical soil catena in the Fan Si Pan Mountain, Vietnam. *Catena* (87), 226–239, 2011.

PORTELA, J; C; COGO, N. P.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J. P. e PORTZ, G. Restauração da estrutura do solo por sequências Culturais implantadas em semeadura direta, e sua Relação com a erosão hídrica em distintas Condições físicas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p.1353-1364, Viçosa, 2010.

RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Caracterização de atributos do solo de trilhas ecoturísticas em Unidades de Conservação do município de Paraty, estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.19, p.17 - 31, 2018.

RANGEL, L. A. Geoturismo em unidades de conservação: a utilização de trilhas no litoral do parque nacional da Serra da Bocaina–Paraty (RJ). Tese (Doutorado em Geografia) – **Programa de Pós Graduação em Geografia**, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, R. C.; GUERRA, A. J. T. ; NUNES, G. F. R. . Avaliação da Erodibilidade dos Solos em Encostas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra da Bocaina: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Pequeno, Paraty-RJ. In: II Simpósio Mineiro de Geografia e IV Seminário de Pós-Graduação em Geografia, 2016, Juiz de Fora. **Anais do II Simpósio Mineiro de Geografia e IV Seminário de Pós-Graduação em Geografia - 2016**, 2016. p. 1110-1124.

TELKAR, S; S POTE, N. (2018). **Soil Erosion: Types and Their Mechanism**.

ZHAO, J., CHEN, S., HU, R., & LI, Y. Aggregate stability and size distribution of red soils under different land uses integrally regulated by soil organic matter, and iron and aluminum oxides. **Soil and Tillage Research**, v. 167, p. 73-79, 2017.