

## DEGRADAÇÃO DOS SOLOS – ABORDAGENS TEÓRICAS E ESTUDOS DE CASOS, AO LONGO DE 25 ANOS (1994–2019), NO ÂMBITO DO LAGESOLOS

### RESUMO


Esse artigo aborda erosão e degradação dos solos, geoturismo, geodiversidade e geoconservação, desenvolvidos pelos membros do LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos), nos últimos 25 anos. Algumas áreas de 10 estados foram pesquisadas, até o momento, levando em consideração diferentes técnicas e metodologias, para investigar erosão dos solos, estações experimentais, uso de estacas, colocadas ao redor das voçorocas, para monitorar o seu recuo e, atualmente, temos usado os VANTs, para monitorar voçorocas e ravinas. Todas essas pesquisas nos levaram a publicar mais de 100 artigos, em periódicos nacionais e internacionais, mais de 20 livros, e mais de 40 capítulos em publicações nacionais e internacionais, além de mais de 100 artigos em Anais de Conferências e Simpósios nacionais e internacionais. Mais recentemente, temos também pesquisado sobre geoturismo, geodiversidade e geoconservação, o que nos tem levado a compreender e contribuir nesse campo de conhecimento, na Geografia; tudo isso em parceria com pesquisadores brasileiros e de outros países.


**Palavras-Chave:** Erosão dos solos. Degradação das terras. Estação experimental. Geoturismo. Geodiversidade. Geoconservação.

### ABSTRACT

This paper addresses soil erosion, land degradation, geotourism, geodiversity and geoconservation, carried out by LAGESOLOS members (Laboratory of Environmental Geomorphology and Soils Degradation), in the last 25 years. Some sites within 10 states have been surveyed, so far, taking into consideration different techniques and methodologies, to investigate soil erosion, such as experimental stations, stakes placed around the gullies, to monitor their retreat, and currently we have been using modern techniques, such as VANTs, to monitor gullies and rills. These investigations have led us to publish over 100 papers, in national and international journals, over 20 books and over 40 chapters in national and international publications, besides over 100 papers in Brazilian and International Conference and Symposium proceedings. More recently, we have also been looking at geotourism, geodiversity and geoconservation, which has led us to understand and to contribute towards this new field, within Geography; everything in partnership with Brazilian and overseas researchers.

**Keywords:** Soil erosion. Land degradation. Experimental station. Geotourism. Geodiversity. Geoconservation.

 *Antonio Jose Teixeira Guerra<sup>1</sup>*

 *Maria do Carmo Oliveira Jorge<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>-Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ-Brasil.

Correspondência: antoniotguerra@gmail.com

Recebido em: 17-06-2021

Aprovado em: 15-07-2020



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons BY-NC-SA 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução para fins não comerciais, com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.



## INTRODUÇÃO

O LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos) foi criado em 1994, no Programa de Pós-Graduação em Geografia, da UFRJ, em cooperação com os mestrandos, nessa época, Antonio Soares da Silva (atualmente professor da UERJ) e Rosangela Garrido Machado Botelho (atualmente geógrafa do IBGE) e do doutorando Flavio Gomes de Almeida (atualmente professor da UFF), hoje todos três são doutores. Atualmente, divido a coordenação do LAGESOLOS (Figura 1), com o Prof. Dr. Raphael David dos Santos Filho, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. Naquela época éramos poucos e hoje em dia somos mais de 30 membros, incluindo coordenadores, pesquisadores associados, pós-doutorandos, doutorandos, mestrandos e bolsistas de iniciação científica ([www.lagesolos.ufrj.br](http://www.lagesolos.ufrj.br)), com membros em diversos estados brasileiros.

Naquela época, devido ao tipo de pesquisa, que já vinha sendo realizada pelos membros do grupo de pesquisa, desde 1991, denominado Laboratório de Geomorfologia Experimental e Erosão dos Solos. Isso retratava bem o escopo das pesquisas desenvolvidas por nós, onde havia destaque para o monitoramento de estações experimentais, inicialmente em Petrópolis (RJ), e depois em outras unidades da federação, bem como ênfase em trabalhos relacionados à erosão dos solos.

Ao longo desses 25 anos, mais de 100 artigos foram publicados, em periódicos nacionais e internacionais, quase sempre por um ou mais membros do LAGESOLOS, mais de 40 capítulos de livros, 27 livros organizados, coorganizados, em autoria e co-autoria, versando sobre erosão dos solos, movimentos de massa, gestão ambiental e recuperação de áreas degradadas e, mais recentemente, temas relacionados ao geoturismo, geodiversidade e geoconservação.

O presente artigo aborda, portanto, a produção científica do LAGESOLOS, levando-se em conta diferentes abordagens e estudos de casos, em diversos estados brasileiros. Diversas são as contribuições teóricas, conceituais e metodológicas do LAGESOLOS, resultantes do trabalho em conjunto com graduandos, mestrandos, doutorandos e professores. Dentre elas podemos destacar algumas como o monitoramento de processos erosivos, usando estacas e estações experimentais, recuperação de áreas degradadas, usando geotêxteis com fibras vegetais, como buriti,

em São Luís (Maranhão) e folha de bananeira, em Macaé (Rio de Janeiro), avanços no campo da geomorfologia urbana, geomorfologia ambiental, geomorfologia aplicada ao turismo, geoturismo, geodiversidade e geoconservação. O uso de VANTs, para monitorar processos erosivos, é mais um avanço técnico e metodológico, que temos usado, no município de Rio Claro (RJ) (Garritano et al., 2018; 2019a; 2019b).

A interação com colegas de diversas universidades brasileiras e estrangeiras, de órgãos como IBGE, EMBRAPA e PROMATA (Associação de Moradores para a Recuperação e Preservação da Mata Atlântica, em Ubatuba-SP), que são nossos parceiros, e que têm trabalhado em conjunto, no sentido de podermos avançar nos estudos relacionados à degradação dos solos, tema principal do LAGESOLOS, mas não o único. Sem a ajuda desses pesquisadores, nossa trajetória teria sido bem mais difícil.

Figura 1. Logotipo do LAGESOLOS.



### **DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO BRASIL: PAPEL DOS ESTUDOS DO LAGESOLOS**

Esse item aborda erosão dos solos no Brasil, que é um dos focos dos trabalhos desenvolvidos pelo LAGESOLOS, no entanto, como temos pesquisado sobre movimentos de massa, em especial, em regiões serranas, o mesmo será também aqui abordado, no que se refere à degradação dos solos. As publicações da EMBRAPA e do IBGE, principalmente os Manuais Técnicos do IBGE (2009, 2012 e 2015), têm sido fundamentais para nossos avanços teórico-metodológicos e aplicados, ao longo de mais de 25 anos, já que apesar do LAGESOLOS ter sido criado em 1994, os trabalhos começaram a ser desenvolvidos, desde 1990 (Guerra, 1990 e 1994).

A falta de planejamento ambiental, tanto em áreas urbanas, como rurais, é um dos fatores determinantes no surgimento e evolução de processos erosivos. A propósito disso, Guerra (2018) destaca que muitas atividades afetam, direta ou indiretamente, características da superfície terrestre, através da remoção da cobertura vegetal, por exemplo, podendo dar origem à formação de ravinas e voçorocas.

Erosão e degradação dos solos são problemas mundiais, que causam grandes transtornos ao Brasil. Os efeitos, tanto urbanos, como rurais, se estendem por quase todo território nacional. Por sua vez, esses problemas provocam impactos ambientais e socio-econômicos nas bacias hidrográficas (Jorge e Guerra, 2020). Dessa forma, é importante que os solos sejam conservados para o presente e para gerações futuras (Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005; Goudie e Boardman, 2010; Guerra, et al., 2017; Guerra, 2018). Nos últimos 25 anos foram 33 monografias de graduação, 31 dissertações de mestrado e 28 teses de doutorado concluídas, no âmbito do LAGESOLOS, sendo quase todas versando **sobre erosão dos solos e movimentos de massa**. A lista dos municípios onde esses trabalhos foram desenvolvidos (**Figura 2**) é: Rio de Janeiro, Macaé, Nova Friburgo, Petrópolis, Volta Redonda, Angra dos Reis, Rio Claro e Paraty (RJ), São Luís e Açailândia (MA), Natal e Parnamirim (RN), Cáceres e Sorriso (MT), Palmas (TO), Manaus e Coari (AM), Crato e Vale do Acaraú (CE), Recife (PE), Castanhal (PA), Ubatuba (SP).

Embora erosão dos solos seja um fenômeno natural, geralmente a ação humana acelera o processo, em quase todo Brasil (EMBRAPA, 2002; Botelho, 2011; Guerra et al., 2014; Guerra, 2016; Guerra et al., 2017). Erosão por voçorocas tem sido reconhecida como uma das principais formas de degradação e, em muitos casos, é relacionada ao uso não sustentável da terra (Castillo e Gomes, 2016). Dessa forma, desde o início do século XX, um número crescente de trabalhos tem descrito a erosão por voçorocas, em termos da sua importância, fatores controladores, processos geomorfológicos associados e seus impactos ambientais (Fullen e Catt, 2004; Poesen, 2011; Castillo e Gómes, 2016; Goudie, 2019).

Segundo Goudie (2019), desde a década de 1960, a Geomorfologia vem passando por uma Revolução Quantitativa, e tem visto o desenvolvimento de estudos de processos. Isto levou ao acúmulo de dados sobre taxas dos processos de erosão, os quais

permitem comparação entre ambientes, com e sem atividade humana, e o papel das mudanças do uso da terra e da sua cobertura vegetal. As bacias hidrográficas vêm sofrendo toda sorte de impactos ambientais, em especial com o Antropoceno. Segundo Goudie (2019), esse conceito ainda não foi aceito como unidade geológica oficial, como um nome para uma nova época, na história da Terra. Uma época quando as atividades humanas se tornaram profundas e transformadoras, ou excederam as forças da Natureza, ao influenciarem o sistema terrestre.

Voçorocas estão presentes na maioria dos países, possuindo características específicas em cada um deles. Dessa forma, esses países usam nomes diferentes, para designar essa forma erosiva. Conseqüentemente, denomina-se voçoroca no Brasil, cárcava, na Espanha, ravine, na França, lavaka, em Madagascar, wadi, nos países Árabes, donga, na África do Sul, barranco, na Argentina e gully, nos países de língua inglesa (Castillo e Gómes, 2016).

Erosão dos solos agrícolas dos Estados Unidos causa uma perda de 30 toneladas, por hectare, por ano, aproximadamente oito vezes maior do que a taxa de formação de solos. Levantamento feito pela EMBRAPA (2002) sugere que a situação no Brasil é ainda pior, alcançando, em algumas áreas, 60 toneladas, por hectare, por ano.

A erosão dos solos apresentada nesse artigo, deve-se, em grande parte, aos estudos e levantamentos feitos por membros do LAGESOLOS (Figura 2) e, também, aos colegas de outras universidades brasileiras, do IBGE e da EMBRAPA, com quem temos compartilhado ideias, conversas, reuniões, projetos, trabalhos de campo, encontros em congressos, simpósios, workshops e publicações. Contatos e parcerias internacionais, com colegas da Universidade de Oxford (professores John Boardman e David Favis-Mortlock) e Wolverhampton (professor Michael Augustine Fullen), na Inglaterra, Universidade de Leuven (professor Jean Poesen), na Bélgica e Universidade de Quebec (professor Daniel Germain e professora Anne Latendresse), no Canadá, através de intercâmbios e projetos, com visitas a esses países, e com vindas de pesquisadores dessas Universidades ao Brasil, têm possibilitado trabalhos em colaboração e, conseqüentemente, publicações em conjunto também, como pode ser visto nesse artigo.

Figura 2. Localização das áreas de estudo, onde foram desenvolvidas monografias de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado, entre 1994 e 2019.



Em um desses projetos, trabalhamos por quatro anos, entre 2005 e 2008, em conjunto com outros nove países (Inglaterra, Bélgica, Hungria, Lituânia, África do Sul, Gâmbia, Tailândia, China e Vietnam), sob a coordenação do prof. Mike Fullen, da Universidade de Wolverhampton, no Projeto Borassus, financiado pela União Europeia. Durante esses quatro anos aconteceram reuniões semestrais nesses países e uma foi organizada no Rio de Janeiro, em 2007, levando uma equipe de 30 pesquisadores estrangeiros, para conhecerem nossa área de trabalho em São Luís (Maranhão). A partir desse projeto de pesquisa e de extensão, voçorocas foram monitoradas e recuperadas em São Luís, com a participação de professores e alunos de graduação, mestrado e doutorado, da UFRJ, UEMA e UFMA. Houve também a participação efetiva de residentes das comunidades carentes, onde desenvolvemos esses projetos, tanto na produção dos geotêxteis, com fibra de buriti, como na aplicação dessas telas, e em projetos de educação ambiental. A partir dessa experiência, quatro monografias de graduação foram orientadas, bem como três dissertações de mestrado e duas teses de doutorado (Guerra, 2017); todas versando sobre erosão dos solos.

Ao longo desse projeto, e posterior a ele, foram elaborados inúmeros trabalhos, podendo ser destacados os seguintes; Utilizing biological geotextiles: introduction to the Borassus Project and global perspectives (2011); Biological geotextiles as a tool for soil moisture conservation (2011); Evaluation of geotextiles for reducing runoff and soil loss under various environmental conditions using laboratory and field plot data (2011); Effectiveness of biological geotextiles on soil and water conservation in different agro-environments (2011). Todos os quatro artigos foram publicados pelo periódico *Land Degradation and Development*. Em 2015 foi publicado mais um artigo, dessa vez no *Natural Hazards*, intitulado *The effects of biological geotextiles on gully stabilization in São Luís, Brazil* (Guerra, et al., 2015), como resultado do projeto Borassus, onde membros do LAGESOLOS foram autores, em conjunto com parceiros de países europeus, asiáticos e africanos. Esse projeto foi fundamental para o avanço das pesquisas relacionadas à erosão dos solos no LAGESOLOS, por que além de proporcionar o intercâmbio com pesquisadores de todos os países que participaram desse projeto, foi possível aumentar nosso entendimento sobre tal processo em ambiente tropical, bem como suas relações com o uso e manejo da terra, quando não se leva em conta práticas conservacionistas. A partir desses estudos foi possível também passarmos a desenvolver recuperação de áreas degradadas, usando técnicas de bioengenharia.

A partir de nossas parcerias com colegas de outras universidades brasileiras, tem sido possível analisar erosão em várias partes do território nacional, como particularmente aquelas que ocorrem em seis diferentes áreas: noroeste do estado do Paraná, Planalto Central, Oeste de São Paulo, vale do Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro, Campanha Gaúcha, e Triângulo Mineiro (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2014; Guerra et al., 2018).

Segundo Goudie e Boardman (2010), a maior parte das áreas afetadas por erosão, estão associadas à ação conjunta dos seres humanos e das forças da natureza. Boardman (2006) propõe que os seguintes países e regiões podem ser considerados hotspots, em termos de erosão: Platô do Loess, na China; Etiópia; Suazilândia; Lesoto; Cadeia dos Andes; Sul e Leste da Ásia; Bacia Mediterrânea; Islândia; Madagascar; Himalaia; Caribe e América Central. Nós propomos também, que seja incluído o Brasil, dentre esses hotspots de erosão (Guerra et al., 2014 e 2017).

O Brasil é caracterizado por uma grande variedade de solos, correspondendo a sua grande diversidade de formas de relevo, climas, materiais de origem e cobertura vegetal. Os processos pedogenéticos facilitam a origem de múltiplos tipos de solos. Relacionado a essa grande diversidade, o país tem potencialidades e limitações, em termos de uso da terra. Isso é enfatizado pelas diferenças regionais, em termos de ocupação, uso e manejo da terra, que podem causar diferentes processos erosivos, incluindo erosão por voçoroca, que é um dos processos responsáveis pela degradação dos solos (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2014, 2017 e 2018).

Selby (1993) classifica erosão dos solos, como um processo geomorfológico, que ocorre nas encostas, desenvolvido pela água que escoar e pelo salpicamento (splash). O referido autor destaca o papel da água em remover e transportar sedimentos, o qual ele descreve como “wash”, um termo adotado por muitos autores (Gerrard, 1992; Evans, 1993; Goudie e Viles, 1997; Poesen et al., 2006; Goudie e Boardman, 2010; Guerra et al., 2014; 2015; 2017; 2018).

Embora, tanto erosão dos solos, como movimentos de massa sejam duas formas de degradação de terras, e os seres humanos têm papel importante nesses processos geomorfológicos, eles apresentam diferentes formas de ocorrência e diversas feições morfológicas e, conseqüentemente, várias formas de serem monitorados (Varnes, 1978; Gerrard, 1992; Evans, 1993; Selby, 1993; Goudie e Viles, 1997; Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005; Goudie e Boardman, 2010; Guerra et al., 2015; Guerra et al., 2017; Goudie, 2019). No entanto, a melhor forma de se evitar ambas formas de degradação dos solos é agindo preventivamente, o que significa entender os riscos de erosão e/ou de movimentos de massa, com o objetivo de evitá-los (Guerra et al., 2017; Goudie, 2019).

Análise da degradação dos solos no Brasil mostra que erosão por voçorocas e movimentos de massa são os principais processos geomorfológicos, influenciados por diferentes tipos de clima, relevo, processos pedogenéticos e uso e manejo da terra. Trabalhos de diversos pesquisadores brasileiros, ilustram essas feições. Relacionado à essa grande diversidade, o Brasil tem potencialidades e limitações, em termos de uso da terra, apresentando essas feições, ao longo das cinco regiões existentes.

A região Norte é caracterizada por planícies e alguns planaltos, clima tropical, elevadas temperaturas, alta umidade, solos profundos bastante intemperizados, com



elevada acidez e baixa fertilidade natural. Esses solos possuem, muitas vezes, baixa produtividade, em especial quando são pobremente manejados (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2018).

O Nordeste possui diferentes tipos de clima, que variam dos úmidos e quentes, próximos à costa, ao semi-árido (quente e seco), no interior. Existe uma transição semi-úmida, entre essas duas zonas, que é conhecida por Agreste. De um modo geral, os solos possuem de média à elevada fertilidade, e são, muitas vezes, rasos, devido às baixas taxas de intemperismo (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2014; Guerra et al., 2018).

A região Centro-Oeste consiste principalmente de um vasto planalto, denominado Planalto Central Brasileiro, formado por extensos processos erosivos, ao longo da sua história geológica. Características regionais incluem o clima tropical, com duas estações distintas; uma úmida e outra seca, com aproximadamente seis meses, cada, com extensas áreas com solos profundos, bem drenados, ácidos, e de baixa fertilidade natural. No entanto, esses solos possuem alto potencial, e podem ser melhorados, com aplicação de calcário moído e outros fertilizantes químicos e orgânicos. Uma vez que esses tratamentos tenham sido adequadamente feitos, a região possui, de forma geral, um relevo que favorece a agricultura mecanizada. Mas, mesmo assim, processos erosivos acelerados têm ocorrido, quando o manejo do solo não é adequado (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2018).

A região Sudeste é caracterizada por planaltos e cadeias montanhosas, que chegam a mais de 2.000 m de altitude. O clima dominante é o tropical, com alguns verões quentes, nas áreas mais baixas, e mais amenas, nas mais elevadas. Os solos são geralmente profundos, tendo fertilidade natural baixa (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2014; Guerra et al., 2018).

A região Sul possui muitos tipos de solos, desenvolvidos em materiais parentais variados, incluindo rochas básicas, metamórficas e uma grande variedade de rochas sedimentares. Dessa forma, as paisagens são bem diversas. O principal tipo de clima é o sub-tropical, com estações bem definidas. Os solos, predominantemente férteis, possuem alto potencial para uso agro-pastoril (EMBRAPA, 2002; Guerra et al., 2014).

Ao longo desses 25 anos de existência, o LAGESOLOS vem estudando degradação dos solos, dentre outros temas, no território nacional, sendo mais acentuado em algumas áreas, como veremos a seguir.

### MONITORAMENTO DE VOÇOROCAS

No Centro Oeste, onde tivemos oportunidade de analisar voçorocas em Cáceres e Sorriso (Figueiredo, 1996; Almeida, 1997) ambas no estado de Mato Grosso, os solos com alto teor de areia, chuvas concentradas em poucos meses, durante o verão, bem como uso e manejo da terra, em especial onde a soja é cultivada, em grandes áreas, nem sempre com plantio direto, essas feições (Figura 3) surgem e se espalham pelas chapadas. No caso de Cáceres, os solos possuem textura muito semelhante aos de Sorriso, com duas estações bem definidas, uma úmida e outra seca, mas o principal uso da terra é a pecuária extensiva, que auxilia na compactação dos solos, provocando o surgimento de ravinas e voçorocas.

Figura 3. Monitoramento de voçoroca no município de Sorriso.



Fonte: Antonio Jose Texeira Guerra

Na região Sudeste, nossos trabalhos se iniciaram no município de Petrópolis, onde diversas dissertações, artigos e capítulos de livro foram desenvolvidos (Silva e

Botelho, 2014). Além de Petrópolis, temos trabalhado também nos municípios de Macaé, Rio Claro, Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba, com a perspectiva de compreender os processos geomorfológicos relacionados à erosão dos solos e movimentos de massa, que vêm ocorrendo há décadas. O monitoramento dos processos erosivos, principalmente das voçorocas, tem sido desenvolvido pelo LAGESOLOS, tendo se iniciado desde a década de 1990, com uso de estações experimentais, bem como de estacas para determinar o avanço dessas feições erosivas, como é o caso do trabalho desenvolvido por Loureiro (2013) (Figuras 4a e b), no município de Macaé (RJ). Mais recentemente temos utilizado drones (Garritano et al., 2019ab), para monitorar voçorocas, no município de Rio Claro (RJ), onde a precisão é maior, e o tempo de monitoramento é bem menor (Figura 5). Encostas inclinadas, contato solo-rocha abrupto, chuvas intensas, em especial nos meses de verão, bem como uso e ocupação desordenada do solo, em áreas urbanas e rurais, tem sido os principais causadores desses danos ambientais, muitas vezes, com perdas de vidas humanas (Botelho, 1996; Soares da Silva, 1997; Garcia, 2005; Silva, 2005a; Silva, 2005b; Santos Filho, 2007; Loureiro, 2013; Rangel, 2014; Pereira, 2015 e 2019; Rodrigues, 2016; Santos, 2017). Em áreas urbanas montanhosas, da região Sudeste, a ocupação desordenada tem causado movimentos de massa (Figura 6), com a morte de milhares de pessoas, nas últimas três décadas, bem como perdas de bens materiais (Botelho, 1996; Santos Filho, 2007; Graeff et al., 2012).

Figura 4a. Colocação de estaca para monitoramento do recuo da voçoroca.



Fonte: Maria do Carmo Oliveira Jorge (2011).

Figura 4b. Monitoramento da distância, entre a estaca e a borda voçoroca.



Fonte: Hugo Alves S. Loureiro (2011).

Figura 5. Voçoroca, em área de pasto, no município de Rio Claro (RJ). Pode-se notar semelhança de forma, entre a cicatriz da voçoroca e o material depositado à jusante.



Fonte: Fabrizio Garritano (capturada com VANT)

Figura 6. Cicatriz de movimento de massa, abaixo de uma casa condenada pela Defesa Civil, no bairro do Quitandinha, Petrópolis, Rio de Janeiro.



Fonte: Antonio José Teixeira Guerra.

Ainda na região Sudeste, no município de Ubatuba (São Paulo), na costa norte, também tem ocorrido movimentos de massa e erosão de solos (Figura 7). Isso se deve, principalmente, ao uso da terra, bem como ao desmatamento, ao longo da sua história (Jorge, 2014 e 2017). O ambiente natural é muito frágil e, dessa forma, a ocupação das encostas possui restrições, que nem sempre são seguidas, resultando nesses danos ambientais.

Figura 7. Erosão por voçoroca, em solo franco-arenoso, no município de Ubatuba.



Fonte: Maria do Carmo Oliveira Jorge

Na região Nordeste, problemas relacionados à degradação dos solos ocorrem nos seus diversos ambientes, quer seja nas áreas costeiras, como no interior, em situações de clima tropical úmido, como no semiárido. Nessas áreas Correa *et al.* (2014) têm estudado há muitos anos, destacando os riscos da ocorrência de processos erosivos, onde as voçorocas, geralmente não atingem grandes profundidades, devido aos solos rasos. Como em outros trechos do território brasileiro, os referidos autores chamam atenção que os solos com alto teor de areia fina e silte, somado ao desmatamento e mau uso da terra, tem causado o desenvolvimento de processos erosivos, como ravinas e voçorocas.

Além de parceiros que têm colaborado conosco, como Correa *et al.*, (2014), o LAGESOLOS vem desenvolvendo pesquisas em diversos estados do Nordeste, no

sentido de compreender os processos erosivos acelerados, que ocorrem em diversos locais, quase sempre associados ao uso e manejo inadequados do solo (Marçal, 2000; Ribeiro 2004; Girão 2007; Bezerra, 2011). Em São Luís, o LAGESOLOS vem monitorando voçorocas, desde 1999, tendo continuado esses estudos, com o Projeto Borassus (2005-2008), onde diversos artigos, duas teses de doutorado e uma dissertação de mestrado foram concluídas (Mendonça, 2006; Sathler, 2010; Bezerra, 2011; Guerra *et al.*, 2010; Guerra *et al.*, 2015).

Em São Luís, onde o LAGESOLOS vem atuando, desde o final de década de 1990, os solos resultantes do intemperismo da Formação Barreiras, possuem alta erodibilidade, principalmente em função dos elevados teores de silte e areia fina (Bezerra, 2011). Foram monitoradas, durante vários anos, nove voçorocas (Figura 8), todas com textura semelhante, qual seja, que favorecem processos erosivos acelerados (Bezerra e Guerra, 2007; Bezerra, 2011).

Figura 8. Paredes da voçoroca na bacia do rio Bacanga, dentro do sítio urbano de São Luís. A textura predominante é a franco-arenosa



Fonte: José Fernando Rodrigues Bezerra.

Esses solos são bastante friáveis, sendo facilmente erodidos, durante a estação chuvosa, que é concentrada, nos meses de verão. A atuação da erosão por salpicamento (*splash*) rompe os agregados, provocando formação de crostas, que dificultam o escoamento superficial, explicando o recuo das cabeceiras, das voçorocas (Bezerra, 2011; Guerra *et al.*, 2018). O desmatamento indiscriminado, em conjunto com

urbanização, sem levar em conta obras de saneamento, galerias pluviais e, muitas vezes, ruas sem calçamento, provocam danos difíceis de serem revertidos, chegando a erodir completamente algumas vias de acesso a certos bairros periféricos, no município de São Luís (Bezerra e Guerra, 2007; Bezerra, 2011; Guerra *et al.*, 2018). O que piora ainda mais essa situação, é a exploração de forma indiscriminada de areia, silte e argila, das paredes de algumas voçorocas. Esse material é explorado de forma incipiente, provocando colapso de algumas paredes de voçorocas, tendo já causado morte de pessoas, que trabalham com esse tipo de atividade (Bezerra, 2011).

Outra região em que temos trabalhado, ao longo desses 25 anos é a Região Norte, tanto no estado do Amazonas, como no Pará. Em ambos os casos, a fragilidade dos solos, com alto teor de areia fina e silte, aliado às chuvas concentradas e abundantes, além do desmatamento e da urbanização desordenada, têm sido os responsáveis, pelo surgimento de ravinas e grandes voçorocas, em diversos pontos da região (Figura 9). Existe necessidade urgente de melhoria das práticas de uso e manejo dos solos, para manutenção dos mecanismos hidrogeomorfológicos, através das intervenções humanas. Essas práticas incluem: tipo de corte em tálus, para construção de casas, ruas e estradas; áreas de extração de material de empréstimo, como as saibreiras; bem como necessidade de se encontrar áreas seguras, do ponto de vista geomorfológico, para expansão urbana.

Figura 9. Erosão por voçoroca, em área de sítio arqueológico, no bairro Nova Cidade, no município de Manaus.



Fonte: Fábio Sabbá Guimarães Vieira.



## ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS

Estações experimentais vêm sendo monitoradas há várias décadas, em diversas partes do mundo. Elas foram fundamentais na determinação da Equação Universal de Perda de Solos, nos Estados Unidos. Centenas de estações foram criadas, para esse fim, com milhares de dados, ao longo de décadas. A propósito disso, Mutchler e Young (1975) mostraram que em parcelas de 4,5 metros de comprimento, mais de 80% dos sedimentos são transportados em ravinas.

Estudos realizados em estações experimentais, em vários países, têm demonstrado a importância de se conhecer a dinâmica da formação de ravinas e sua capacidade de transporte de material (Guerra, 2017). Parte desses sedimentos deriva-se de áreas situadas entre as ravinas (*interrill areas*), e é transportada dentro das ravinas, pelo escoamento superficial e pelo *splash*.

Nesse sentido, o LAGESOLOS vem dando sua contribuição teórica, metodológica e aplicada, através do monitoramento de estações experimentais, em alguns estados brasileiros. Mas o começo da adoção dessa metodologia, se deu no final da década de 1980 e início da década de 1990, durante a tese de doutorado desenvolvida por Guerra (1991), na Inglaterra.

No Brasil, o LAGESOLOS iniciou a aplicação dessa metodologia, no município de Petrópolis (RJ), onde uma estação experimental foi montada, em 1992, na localidade de Corrêas (Figura 10), tendo sido monitorada por toda a década de 1990, tendo resultado em alguns trabalhos acadêmicos, como Dios (1999) e Garcia (2001). Esses foram os primeiros, que nos estimularam a seguir em frente, em outras partes do território nacional.

Figura 10. Estação experimental montada na Fazenda Marambaia, Petrópolis (RJ), para monitorar perda de solo e água.



Fonte: Simone Garcia.

Na década de 2000, mais precisamente entre os anos 2009 e 2011, Bezerra (2011 e 2013) montou e monitorou estação experimental (Figura 11), no campus da Universidade Federal do Maranhão, na bacia do rio Bacanga (São Luís), com quatro parcelas, de 1 m x 10 m (10 m<sup>2</sup>), contendo duas parcelas com solo exposto e duas parcelas com cobertura de geotêxteis, produzidos com fibra de buriti (*Mauritia Flexuosa*). Os resultados obtidos com essa estação foram fundamentais, para o desenvolvimento do Projeto Borassus, apoiado pela União Europeia, onde foi monitorada uma voçoroca urbana, em São Luís, e recuperada com geotêxteis produzidos a partir de fibra de buriti, que é abundante na região.

Figura 11. Estação experimental situada na bacia do rio Bacanga, no campus da Universidade Federal do Maranhão.



Fonte: Fernando Bezerra.

Entre os anos de 2013 e 2018 Pereira (2019) monitorou estação experimental (Figura 12) na bacia do rio Maranduba, onde foram estabelecidas três parcelas, sem cobertura vegetal, para monitorar escoamento superficial e perda de solo. Além disso, foi monitorado, nesse período, o teor de umidade no solo, através do uso de tensiômetros. Com os resultados obtidos, foi possível aprofundarmos na compreensão dos processos erosivos, em encostas de área tropicais, como o exemplo obtido no município de Ubatuba (SP). Esse é mais um estudo de caso, onde as estações experimentais têm papel fundamental na compreensão dos processos erosivos.

Figura 12. Estação experimental, situada na bacia do rio Maranduba, Ubatuba (SP).



Fonte: Leonardo dos Santos Pereira.

## TENDÊNCIAS ATUAIS DO LAGESOLOS: GEOTURISMO, GEODIVERSIDADE E GEOCONSERVAÇÃO

A partir de 2013, o LAGESOLOS passou a trabalhar, além de projetos relacionados à erosão dos solos, que vem desenvolvendo, desde a sua criação, agora também, com geoturismo, geodiversidade e geoconservação. Quatro teses de doutorado foram desenvolvidas, nesse período (Jorge, 2017; Espírito Santo, 2018; Rangel, 2018; Pereira, 2019), além de diversos capítulos de livros (Guerra, 2018; Jorge, 2018) e artigos, em periódicos nacionais e internacionais (Jorge e Guerra, 2016; Jorge *et al.*, 2016; Rangel *et al.*, 2019). Essa é uma linha de pesquisa relativamente recente no país e, para segui-la, os membros do LAGESOLOS, além da sua produção própria, têm contado com a colaboração de autores como: Mansur (2010 e 2018); Hose (2012); Gray (2013); Brilha (2016), Costa e Oliveira (2018), dentre outros.

Quando falamos em geoturismo, geodiversidade e geoconservação, um ponto comum entre essas três áreas de conhecimento, é a erosão que é causada em diversas trilhas, e esse tema de pesquisa tem aparecido em diversos trabalhos desenvolvidos pelo LAGESOLOS, nesses últimos anos (Jorge *et al.*, 2016; Jorge e Guerra, 2016; Jorge, 2017; Espírito Santo, 2018; Guerra, 2018; Rangel, 2018; Pereira, 2019; Rangel *et al.*,

2019). Essas feições aparecem com frequência, em diversas trilhas que temos estudado, tanto em Ubatuba – SP (Figura 13), como em Paraty-RJ (Figura 14), e no Amapá.

Sob essa perspectiva, são inúmeros os aspectos que temos abordado, levando em conta essa nova linha de pesquisa adotada no LAGESOLOS, como o patrimônio geológico e geomorfológico, a importância das comunidades locais, bem como os desafios para a sustentabilidade ambiental, os impactos causados nas trilhas e, em especial, o que faz uma ligação com a essência do LAGEOLOS, desde a sua criação, que é o estudo da erosão dos solos e dos movimentos de massa, presentes nos estudos que temos desenvolvido sobre geoturismo, geodiversidade e geoconservação (Jorge *et al.*, 2016; Jorge, 2017; Espírito Santo, 2018; Guerra, 2018; Rangel, 2018; Pereira, 2019; Rangel *et al.*, 2019).

Figura 13. Ravina situada em trecho da Trilha Sete Praias, Ubatuba-SP.



Foto. Maria do Carmo Oliveira Jorge.

Figura 14. Ravina no leito da trilha até a Praia do Sono na Reserva Ecológica da Juatinga, município de Paraty. É possível observar o processo de bifurcação, típico da evolução de ravinas.



Fonte: Luana de Almeida Rangel.

## CONCLUSÕES

Com esse artigo, procuramos abordar uma parte do que o LAGESOLOS vem desenvolvendo ao longo dos últimos 25 anos, desde sua criação em 1994. O leitor pode ter acesso a muito mais, através do site: [www.lagesolos.ufrj.br](http://www.lagesolos.ufrj.br), onde poderá encontrar todas as dissertações e teses defendidas, nesse período, bem como artigos publicados, projetos desenvolvidos, estações experimentais monitoradas, fotos de várias áreas do país, onde o Laboratório vem atuando.

Apesar de continuarmos investigando degradação dos solos, que envolve processos erosivos e movimentos de massa, nos últimos anos temos também atuado em projetos de recuperação de áreas degradadas, como pode ser visto por nossas publicações, bem como por obras que fomos chamados a colaborar, para que fossem recuperadas áreas degradadas, devido ao mau uso do solo. Nossa experiência com projetos acadêmicos tem sido fundamental, para o sucesso desse novo tipo de atuação.

Mais recentemente, além de todas as atividades, que temos desenvolvido, ao longo de 25 anos, temos também trabalhado com geoturismo, geodiversidade e geoconservação, temas que possuem um caráter altamente geográfico, e que o LAGESOLOS vem abraçando, em conjunto com parceiros da própria UFRJ, bem como de outras universidades brasileiras, e internacionais. Mais uma vez, além dos aspectos importantes, relacionados a esses três temas, levamos em conta a degradação dos solos, que acontece, em especial nas trilhas, por onde turistas e moradores passam, nos geoparques e áreas onde o geoturismo é explorado.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq, bem como a bolsa Cientista do Nosso Estado da FAPERJ e a bolsa Pós-doutorado Nota 10 da FAPERJ.

### **REFERÊNCIAS**

- ALBUQUERQUE, A.R.C. Impactos ambientais na bacia do Igarapé do Leão/Manaus – AM: tendências à arenização. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 120p, 1999.
- ALBUQUERQUE, A.R.C. Aplicação de técnicas geoambientais para reabilitar áreas degradadas na base geólogo Pedro de Moura: bacia do rio Urucu (Coari – AM). Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 282p, 2007.
- ALMEIDA, F.G. A estrutura fundiária como mais uma variável a ser considerada no processo de erosão dos solos – Sorriso – MT. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 222p, 1997.
- BEZERRA, J.F.R. Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís – MA. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 248p, 2011.
- BEZERRA, J.F.R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luis – MA. In: Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. Organizadores: Antonio José Teixeira Guerra e Maria do Carmo Oliveira Jorge. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 31-65, 2013.
- BEZERRA, J F R. e GUERRA, A J T. Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal. 09-13 julho, 2007.
- BOARDMAN, J. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches. *Catena*, 68: 73-86, 2006.



- BOTELHO, R.G.M. Delimitação de unidades ambientais na bacia do rio Cuiabá (Petrópolis – RJ), visando o planejamento do uso do solo. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 148p, 1996.
- BOTELHO, R.G.M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A.J.T. (Org.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 71-115, 2011.
- BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.
- CASTILLO, C E GÓMES, J A. A century of gully erosion research: Urgency, complexity and study approaches. *Earth-Science Reviews* 160: 300-319, 2016.
- CORREA, A. C. B., SOUZA, J. O. P., CAVALCANTI L. C. S. Solos do ambiente semiárido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica. In: *Degradação dos Solos no Brasil*. Orgs: A.J.T. Guerra and M.C.O. Jorge. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, Brasil, p. 127-169, 2014.
- COSTA, N.M.C. e OLIVEIRA, F.L. Trilhas: “caminhos” para o geoturismo, a geodiversidade e a geoconservação. In: *Geoturismo, geodiversidade e geoconservação – abordagens geográficas e geológicas*. Organizadores: A.J.T. Guerra e M.C.O. Jorge. Editora Oficina de Textos, São Paulo, p. 201-227, 2018.
- DIOS, C.B. Estudo comparativo entre os resultados obtidos em duas estações experimentais na Fazenda Marambaia – Corrêas, Petrópolis (RJ). Monografia de conclusão de curso, Departamento de Geografia, UFRJ, 1999.
- EMBRAPA. *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Brazil, 2002.
- ESPÍRITO SANTO, C.M. Geoconservação no estado do Amapá: uma contribuição metodológica do “valor de conservação do solo” para a avaliação da geodiversidade no médio curso do rio Araguari. Tese de doutorado, do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ, Rio de Janeiro, 190p, 2018.
- EVANS, R. Sensitivity of the British landscape to erosion. In Thomas D S G, Allison, R J (eds) *Landscape Sensitivity*. John Wiley, New York. p. 189-210, 1993.
- FULLEN, M. A. e CATT, J. A. *Soil Management: Problems and Solutions*. Edward Arnold, Londres, 2004.
- GARCIA, S.F. O papel da umidade antecedente do solo no desencadeamento de processos erosivos em estação experimental (Petrópolis – RJ). Monografia de conclusão de curso, Departamento de Geografia, UFRJ, 2001.
- GARCIA, S.F. Erosão dos solos e alteração da microestrutura de um Latossolo Vermelho-Amarelo, submetido a diferentes tratamentos em uma estação experimental (Petrópolis – RJ). Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 157p, 2005.
- 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. In: *IV Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, 2018, Seropédica*. IV Jornada de

- Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Geopartners. v. 1. p. 83-93, 2018.
- GARRITANO, F. N.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Unmanned aerial vehicle for monitoring gully erosion in Rio de Janeiro State. Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU2019-11416-1, Viena, 2019a.
- GARRITANO, F. N.; LOUREIRO, H. A. S.; SANTOS, D. S.; GUERRA, A.J.T.. Mapeamento da erosão: análise e caracterização de uma voçoroca através do uso de imagens aéreas, obtidas com drone. In: Antonio Jose Teixeira Guerra; Raphael David dos Santos Filho. Carlos Gonçalves Terra. (Orgs.). Arte e Ciência: História e Resiliência da Paisagem. 1ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 445-456, 2019b.
- GERRARD, J. Soil Geomorphology: An Integration of Pedology and Geomorphology. Chapman and Hall, London, 235p, 1992.
- GIRÃO, O. Análise de processos erosivos em encostas na Zona Sudoeste da cidade do Recife – Pernambuco. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 306p, 2007.
- GONÇALVES, L.F.H. Avaliação e diagnóstico da distribuição espacial e temporal dos movimentos de massa com a expansão da área urbana em Petrópolis - RJ. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 169p, 1998.
- GONÇALVES, L.F.H. e GUERRA, A.J.T. Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: Antonio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 189-252, 2001.
- GOUDIE, A. The human impact in Geomorphology – 50 years of change. Geomorphology, 13, 1, 1-17, 2019.
- GOUDIE, A. e VILES, H. The Earth Transformed: An Introduction to Human Impacts on the Environment. Blackwell, Oxford, 1997.
- GOUDIE A. S. e BOARDMAN, J. Soil erosion. In Alcántara-Ayala I, Goudie A. (eds) Geomorphological Hazards and Disaster Prevention. Cambridge University Press, Cambridge. p. 177-188, 2010.
- GRAY, M. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. 2a edição, John Wiley & Sons, Chichester, 495p., 2013.
- GUERRA, A. J. T. O papel da matéria orgânica e dos agregados na erodibilidade dos solos. Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, v. 13, 43-52, 1990.
- GUERRA, A.J.T. Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 441p, 1991.
- GUERRA, A. J. T.. The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, U.K. Soil Use and Management. Harpenden, Inglaterra, 10, 60-64, 1994.
- GUERRA, A.J.T.. Erosão dos Solos e Movimentos de Massa - Abordagens Geográficas. 1a. ed. Curitiba: CRV Editora, 222p., 2016.

- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos. Orgs: Antonio Jose Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha, 15ª edição, Editora Bertrand Brasil, 149-209, 2017.
- GUERRA, A.J.T. Geomorfologia e planejamento ambiental – conceitos e aplicações. Revista de Geografia (Recife), 35, 4, 269-287, 2018.
- GUERRA, A.J.T., BEZERRA, J.F.R., LIMA, L.D.M., MENDONÇA, J.K.S., GUERRA, T.T. Land rehabilitation with the use of biological geotextiles in two different countries. Sociedade & Natureza, 22, 431-446, 2010.
- GUERRA, A.J.T., FULLEN, M.A., JORGE, M.C.O. e ALEXANDRE, S.T. Soil erosion and conservation in Brazil. Anuário do Instituto de Geociências. UFRJ 37: 81-91, 2014.
- GUERRA, A J T, BEZERRA, J F R, FULLEN, M A, MENDONÇA, J K S, JORGE, M C O. The effects of biological geotextiles on gully stabilization in São Luís, Brazil. Natural Hazards 75: 2625-2636, 2015.
- GUERRA, A. J. T., FULLEN, M. A., JORGE, M. C. O., BEZERRA, J. F. R., SHOKR, S M. Slope Processes, Mass Movements and Soil Erosion: A Review. Pedosphere 27(1): 27-41, 2017.
- GUERRA, A.J.T., FULLEN, M.A., BEZERRA, J.F.R., JORGE, M. C.O. Gully Erosion and Land Degradation in Brazil: A Case Study from São Luís Municipality, Maranhão State. In: Dagar, Jagdish Chander, Singh, Anil Kumar. (Organizadores). Ravine Lands: Greening for Livelihood and Environmental Security. 1ed.Cingapura: Springer Singapore, v. 1, p. 195-216, 2018.
- GUERRA, A.J.T. O papel dos solos sob a ótica do geoturismo, da geodiversidade e da geoconservação. In: Geoturismo, geodiversidade e geoconservação – abordagens geográficas e geológicas. Organizadores: A.J.T. Guerra e M.C.O. Jorge. Editora Oficina de Textos, São Paulo, p. 111-136, 2018
- HOSE, T.A. 3G's for modern geotourism. Geoheritage, v. 4, p1-2, 2012.
- IBGE. Manual Técnico de Geomorfologia. Manuais Técnicos em Geociências, 2ª edição, IBGE, Rio de Janeiro, 178p, 2009.
- IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Manuais Técnicos em Geociências, 2ª edição, revista e ampliada, IBGE, Rio de Janeiro, 275p, 2012.
- IBGE. Manual Técnico de Pedologia. Manuais Técnicos em Geociências, 3ª edição, IBGE, Rio de Janeiro, 428p, 2015.
- JORGE, M C O. Degradação dos Solos no Litoral Norte Paulista. In: Degradação dos Solos no Brasil. Organizadores: A J T Guerra and M C O Jorge. Bertrand Brasil Press, Rio de Janeiro, Brazil, p. 171-221, 2014.
- JORGE, M.C.O. e GUERRA, A.J.T. Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos. Espaço Aberto, v. 6, 151-174, 2016.
- JORGE, M.C.O., GUERRA, A.J.T. e FULLEN, M.A. Geotourism, geodiversity and geoconservation in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil. Geography Review, v. 29, 23-29, 2016.

- JORGE, M.C.O. Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba – SP. Tese de doutorado, do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ, Rio de Janeiro, 223p., 2017.
- JORGE, M.C.O. O papel das comunidades locais, sua importância e os novos desafios acerca da sustentabilidade ambiental. In: Geoturismo, geodiversidade e geoconservação – abordagens geográficas e geológicas. Organizadores: A.J.T. Guerra e M.C.O. Jorge. Editora Oficina de Textos, São Paulo, p. 51-80, 2018.
- JORGE, M.C.O. e GUERRA, A.J.T. A bacia hidrográfica: compreendendo o rio para entender a dinâmica das enchentes e inundações. In: Geografia e os Riscos Socioambientais. Organizadores: Cristiane Cardoso, Michele Souza da Silva e Antonio Jose Teixeira Guerra. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 25-43, 2020.
- LOUREIRO, H.A.S. Monitoramento e diagnóstico de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio São Pedro (RJ)- estudos experimentais em voçoroca e utilização de geotêxteis de fibra de bananeira. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 216p., 2013.
- MANSUR, K.L. Ordenamento territorial e geoconservação: análise das normas legais aplicáveis no Brasil e um caso de estudo no estado do Rio de Janeiro. *Geociências*, v.29, p. 237-249, 2010.
- MANSUR, K.L. Patrimônio geológico, geoturismo e geoconservação: uma abordagem da geodiversidade pela vertente geológica. In: Geoturismo, geodiversidade e geoconservação – abordagens geográficas e geológicas. Organizadores: A.J.T. Guerra e M.C.O. Jorge. Editora Oficina de Textos, São Paulo, p. 1-49, 2018.
- MARÇAL, M.S. Suscetibilidade à erosão dos solos no alto curso da bacia do rio Açailândia – Maranhão. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 208p., 2000.
- MENDONÇA, J K S. Uso sustentável de espécies de palmeiras da APA da Baixada Maranhense para controle e recuperação de áreas degradadas por erosão. Dissertação de Mestrado. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas. São Luís, 120p., 2006.
- MORGAN, R. P. C. Soil Erosion and Conservation. Blackwell, Oxford, 2005.
- MUTCHLER, C.K. e YOUNG, R.A. Soil detachment by raindrops. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources, USDA Agr. Res. Serv. Pub. ARS-S-40, 113-117, 1975.
- PEREIRA, L.S. Análise hidroerosiva de trilha turística em encosta: métodos e técnicas de monitoramentos geomorfológicos para a geoconservação. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 171p., 2019.
- POESEN, J., VANWALLEGHEM, T., De VENTE, J., KNAPEN, A., VERSTRAETEN, G., MARTINEZ-CASANOVAS, J. A. Gully erosion in Europe. In Boardman J, Poesen J. (eds.) Soil Erosion in Europe. John Wiley, Chichester. p. 515-536, 2006.

- RANGEL, L.A. Geoturismo em Unidades de Conservação: a utilização de trilhas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina. Tese de doutorado, do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ, Rio de Janeiro, 286p, 2018.
- RANGEL, L.A., JORGE, M.C.O., GUERRA, A.J.T., FULLEN, M.A. Geotourism and soil quality on trails within conservation units in South-east Brazil. *Geoheritage*, v.11, 1-11, 2019.
- RIBEIRO, S.C. Susceptibilidade aos processos erosivos superficiais, com base na dinâmica geomorfológica na microbacia do rio Grangeiro, Crato – CE. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 121p., 2004.
- RODRIGUES, A. M. Diagnóstico ambiental de áreas degradadas na bacia do rio Maranduba – Ubatuba/SP. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 131p, 2016.
- SANTOS, R.C. Avaliação da erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Pequeno, Paraty – RJ. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 112p., 2017.
- SANTOS FILHO, R.D. Antropogeomorfologia do povoamento de áreas de risco em Petrópolis (RJ): análise ambiental urbana. Tese de doutorado, do Programa de Pós-graduação em Geografia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 228p., 2007.
- SATHLER, R. Evolução das voçorocas na Ilha do Maranhão – uma abordagem pedogenética para recuperação de áreas degradadas. Tese do Programa de Pós-graduação em Geologia, da UFRJ, Rio de Janeiro, 559p., 2010.
- SELBY, M. J. *Hillslope Materials and Processes*. 2a edição, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- SILVA, A.S. e BOTELHO, R.G.M. Degradação dos solos no estado do Rio de Janeiro. In: *Degradação dos Solos no Brasil*. Organizadores: A.J.T. Guerra e M.C.O. Jorge, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 261-292, 2014.
- VARNES. D. J. Slope movements: types and processes. In Schuster R L, Krizek R J. (eds.) *Landslide Analysis and Control*. Transportation Research Board Special Report, National Academy of Sciences, Washington DC 176: 11-33, 1978.