

Movimentos naturais de massa na Serra do Divisor no extremo oeste da Amazônia Ocidental

Natural mass movements in Serra do Divisor in the far west of the Western Amazon

Movimientos naturales de masas en la Serra do Divisor en el extremo occidental de la Amazonía occidental

Recebido: 14/12/2021 | Revisado: 22/12/2021 | Aceito: 06/01/2022 | Publicado: 09/01/2022

Sonaira Souza da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2177-4577>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: sonaira.silva@ufac.br

Eric de Souza Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9478-478X>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: eric.nascimento@sou.ufac.br

Marllus Rafael Negreiros de Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-9401>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: marllus.almeida@sou.ufac.br

Diogo Mitsuru Koga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1792-5416>
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasil
E-mail: diogo.koga@icmbio.gov.br

Antonio Willian Flores de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0893-8602>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: willian.flores@ufac.br

Edson Alves de Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2211-5146>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: edson.araujo@ufac.br

Irving Foster Brown

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1877-0866>
Universidade Federal do Acre, Brasil
Woodwell Climate Research Center, Estados Unidos
E-mail: fbrown@woodwellclimate.org

Eufra Ferreira do Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9745-2104>
Embrapa Acre, Brasil
E-mail: eufra.amaral@embrapa.br

Jéssica Gomes da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2309-0366>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: gomes.jessica@sou.ufac.br

Geane da Conceição Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3124-2048>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: souzageanebio@gmail.com

Resumo

Os movimentos de massa, também conhecidos como deslizamento, escorregamentos e erosões, que causam a desagregação e transporte do solo, ocasionado por fatores naturais como precipitação, terremotos ou ventos. Estes eventos têm impactos ambientais e/ou sociais, dependendo do contexto geográfico que estão inseridos. O presente trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal do movimento natural no Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor e sua modificação da paisagem. Para tanto fez-se um resgate de imagens Landsat e avaliou-se a extensão das alterações ao longo de 18 anos e sua correlação com precipitação e eventos tectônicos. Os resultados revelaram que houve incremento de até oito vezes na perda de solo após o ano de 2010. Este fato está associado as condições íngremes do relevo, precipitação mensal acima de 300 mm (milímetros) e eventos tectônicos de magnitude superior a 6 mb (magnitude de ondas primárias). Os movimentos naturais de massa na região norte do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor fazem parte da dinâmica natural de evolução da paisagem da região, entretanto

quando eventos de precipitação e terremotos de alta magnitude mesmo que em altas profundidades, tiveram resultados no desencadeamento de processos movimento de massa de mais de 3.000 ha. A região de estudo, formado por rochas de arenito, solos rasos e pedogeniticamente jovens, mesmo que sob a cobertura florestal nativa, é vulnerável a processo erosivos do solo por movimentos de massa.

Palavras-chave: Erosão; Eventos tectônicos; Precipitação; Relevô; Evolução da paisagem.

Abstract

Mass movements, also known as landslides, landslides and erosions, cause the soil to break down and transport, caused by natural factors such as precipitation, earthquakes or winds. These events have environmental and/or social impacts, depending on the geographic context in which they are inserted. The present work aimed to analyze the spatiotemporal dynamics of natural movement in the Serra do Divisor Physiographic Complex and its modification of the landscape. For this purpose, Landsat images were retrieved and the extent of changes over 18 years and their correlation with precipitation and tectonic events were evaluated. The results revealed that there was an increase of up to eight times in soil loss after the year 2010. This fact is associated with steep relief conditions, monthly precipitation above 300 mm (millimeters) and tectonic events of magnitude greater than 6 mb (magnitude of primary waves). The natural mass movements in the northern region of the Serra do Divisor Physiographic Complex are part of the natural dynamics of landscape evolution in the region, however when precipitation events and high magnitude earthquakes, even at high depths, had results in triggering movement processes of mass of more than 3,000 ha. The study region, formed by sandstone rocks, shallow and pedogenically young soils, even under native forest cover, is vulnerable to soil erosion by mass movements.

Keywords: Erosion; Tectonic events; Precipitation; Relief; Landscape evolution.

Resumen

Los movimientos masivos, también conocidos como deslizamientos de tierra, deslizamientos de tierra y erosiones, hacen que el suelo se rompa y se transporte, causado por factores naturales como precipitaciones, terremotos o vientos. Estos eventos tienen impactos ambientales y / o sociales, dependiendo del contexto geográfico en el que se insertan. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la dinámica espacio-temporal del movimiento natural en el Complejo Fisiográfico Serra do Divisor y su modificación del paisaje. Para ello, se recuperaron imágenes Landsat y se evaluó la extensión de los cambios a lo largo de 18 años y su correlación con la precipitación y los eventos tectónicos. Los resultados revelaron que hubo un aumento de hasta ocho veces en la pérdida de suelo después del año 2010. Este hecho está asociado con condiciones de relieve abrupto, precipitación mensual superior a 300 mm (milímetros) y eventos tectónicos de magnitud superior a 6 mb (magnitud de ondas primarias). Los movimientos naturales de masas en la región norte del Complejo Fisiográfico Serra do Divisor son parte de la dinámica natural de la evolución del paisaje en la región, sin embargo, cuando los eventos de precipitación y los terremotos de gran magnitud, incluso a grandes profundidades, tuvieron como resultado el desencadenamiento de procesos de movimiento de masas. de más de 3.000 ha. La región de estudio, formada por rocas areniscas, suelos poco profundos y pedogénicamente jóvenes, incluso bajo la cubierta forestal nativa, es vulnerable a la erosión del suelo por movimientos masivos.

Palabras clave: Erosión; Eventos tectónicos; Precipitación; Relieve; Evolución del paisaje.

1. Introdução

Os movimentos de massa, também conhecidos como deslizamento, escorregamentos e erosões, é definido como o movimento de descida do solo e rochas, sob influência da gravidade (Wincander & Monroe, 2009; Dias et al., 2017). A desagregação e transporte das partículas que constituem o solo, está ligada diretamente a questões sócio-econômicas e ambientais. O agente causador desta desagregação pode ser a água, vento e gelo. Estes eventos podem ser desencadeados através do processo dinâmico pela interação de diferentes fatores endógenos tais como solo e a inclinação de vertentes e fatores exógenos como variáveis climáticas e fatores antrópicos (Bispo et al., 2009). Na Amazônia o agente mais comum é a água (Roraima, 2000; Wincander & Monroe, 2009).

Diversos impactos negativos podem ser ocasionados pelos movimentos de massa e erosões do solo, quais sejam: redução da fertilidade do solo, qualidade da água, longevidade de sistemas hidrelétricos e o transporte de carbono para reservatórios globais marinhos (Moran, 1987; Lal, 1998). Estes processos têm sido, por vezes, omissos das discussões sobre os modelos de desenvolvimento regional, quase que exclusivamente pela completa falta de dados territoriais que quantifiquem e/ou permitam uma análise planejada do uso da terra na Amazônia (Roraima, 2000).

O risco à erosão e movimentação de massa incluem fatores como: declividade, elevação, precipitação e a natureza e

propriedades do solo (textura, matéria orgânica, estrutura e permeabilidade, dentre outras) (Lu et al., 2004; Wincander & Monroe, 2009). O fator terremoto não é inserido em equações de erosão do solo (Wincander & Monroe, 2009). O Acre é o estado do Brasil que apresenta o maior nível de atividade sísmica, tanto em número quanto na magnitude dos sismos, devido a sua localização periférica com a cadeia Andina e sua aproximação a Placa de Nazca com a Sul Americana (Pereira et al., 2008; Santos et al., 2019). As atividades sísmicas no Acre estão concentradas na região do Juruá (região oeste do Estado) e na região central (município de Tarauacá) (Acre, 2010; Amaral et al., 2010; Santos et al., 2019).

Em 2012 os gestores do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) destacaram em relatório técnico sobre a ocorrência de processos erosivos de grande extensão no Parque Nacional da Serra do Divisor no estado do Acre (Icambio, 2012). Este parque é constituído por uma cadeia de serras na fronteira entre o Brasil (Estado do Acre) e Peru (Departamento de Ucayali e Loreto) com sua cobertura florestal nativa. Entretanto, há um acordo internacional firmado para construção de ferrovia para integração transfronteiriça, que cruzaria esta região (Agência do Senado, 2017). Se as erosões ocorrem mesmo em ambiente natural, uma intervenção com estradas ou ferrovias e a ocupação antrópica subsequente pode acelerar esta dinâmica de processo erosivo, causando modificações na paisagem local.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica espaço-temporal dos movimentos naturais de massa da erosão em duas serras do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor entre os anos de 2000 a 2017.

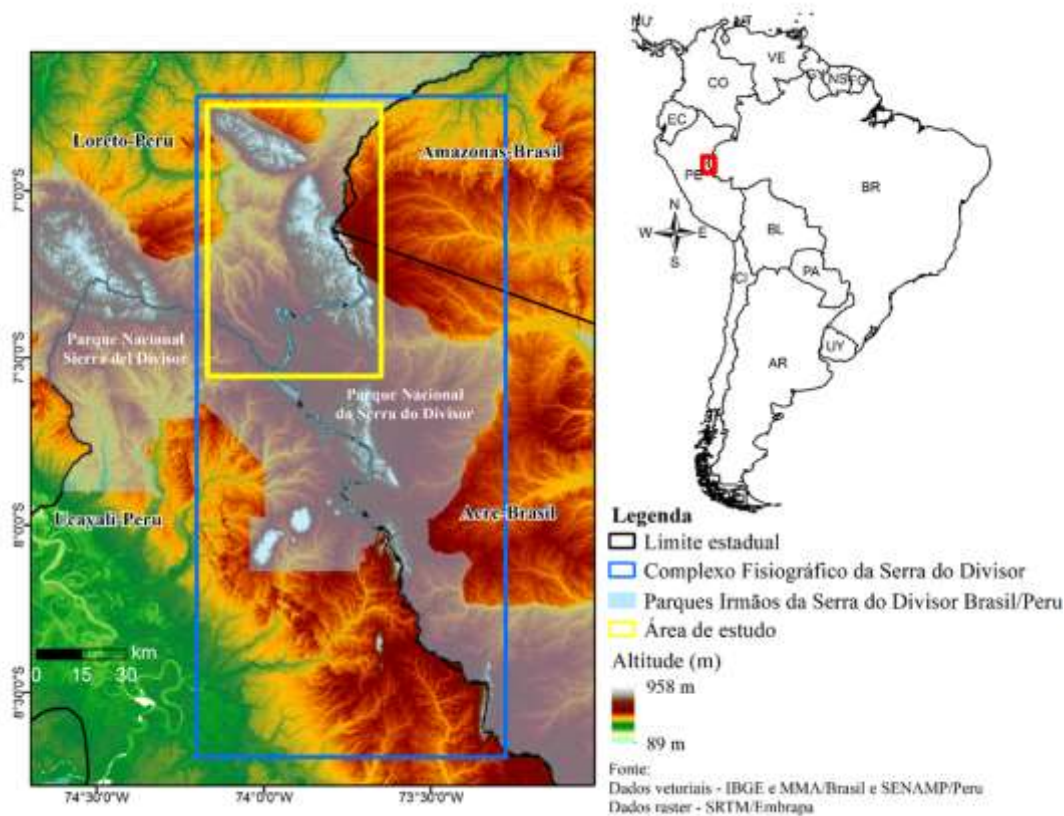
2. Metodologia

Área de estudo

O complexo fisiográfico da Serra do Divisor compreende a divisa entre o Brasil (estado do Acre) e Peru (Departamento de Loreto e Ucayali), distribuídas em 12 serras, sendo quatro no lado brasileiro e oito no lado peruano. Este Complexo de Serras está localizada nos Parque Irmãos da Serra do Divisor (no Brasil, se chama Parque Nacional da Serra do Divisor, e no Peru, se chama Parque Nacional Sierra del Divisor). Este estudo está focado nas duas serras na parte norte do Complexo na fronteira entre o Estado do Acre-Brasil e Departamento de Loreto-Peru (Figura 1).

A região de estudo possui uma variedade de solos e fitofisionomias florestais. Entre as classes de destacam-se o Argissolo Amarelo, Cambissolo Háptico, Neossolo Litólico e Vertissolo Crômico, solos jovens pedogenicamente, e, entre os tipos de floresta estão submontana, floresta aberta com palmeira e floresta densa (Acre, 2010). A geologia estima que ao material de origem foi formado no Cretáceo Superior, com litotipos predominantes de arenitos, com intercalações de camadas de argilitos e siltitos (Amaral et al., 2010). A altitude na região do complexo fisiográfico da Serra do Divisor varia entre 200 m a 958 m, e na região de estudo varia de 220 a 680 m (Nima & Nasa, 2000). A precipitação anual pode variar de 2500-2800 mm e clima do tipo Af – clima tropical equatorial (Alvares et al., 2013). O Estado do Acre é o estado brasileira com maior número de sismos com magnitude maior ou igual a 5 graus na escala Richter, entretanto ocorrem em profundidade, concentradas na região de estudo, Complexo da Serra do Divisor (Lopes & Nunes, 2011; Miranda et al., 2019).

Figura 1. Localização da área de estudo, região norte do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor e altimetria associada.



Fonte: Autores.

Dados e métodos

Para analisar o processo erosivo ao longo do tempo foi construído banco de imagens de 2000 a 2017 com imagens Landsat 5, 7 e 8 utilizando a banda 3 para o Landsat 5 e 7 e banda 4 para o Landsat 8. Esta banda permite a distinção da vegetação verde e densa que contrasta com áreas sem vegetação. A classificação supervisionada foi feita no Google Earth Engine usando o algoritmo máquina de vetores de suporte - SVM, do inglês: support vector machine. Este algoritmo é uma técnica de aprendizado de máquina, não paramétrico, que usa para treinamento do classificador pares de classes (Huang, Davis, & Townshend, 2002), utilizada principalmente para classificação de imagens hiperespectrais (Melgani & Bruzzone, 2004; Waske et al., 2010), mas também imagens órbitas como o Landsat (Garofalo et al., 2015).

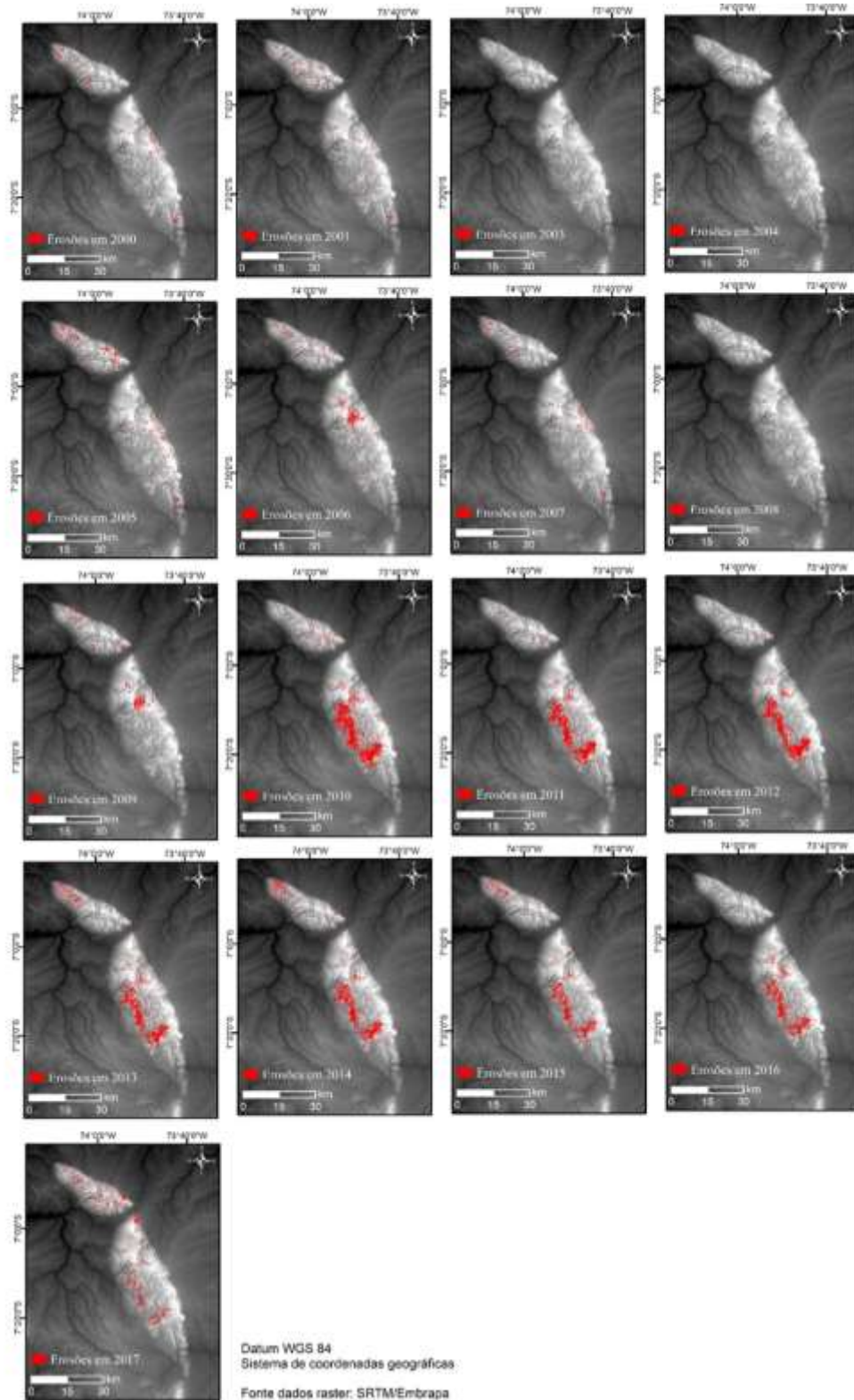
Para testar as hipóteses sobre o desencadeamento da erosão, foi utilizado dados de ocorrência de terremotos e precipitação. Os dados de terremotos foram adquiridos do site USGS pelo Programa Earthquake Hazards (<https://earthquake.usgs.gov/>), no qual foram coletadas informações anuais da quantidade de ocorrências, magnitude e profundidade dos eventos sísmicos. A unidade da magnitude dos terremotos foi medida em mb (magnitude de ondas volume) que permite estimar a magnitude de terremotos a diferentes profundidades e é utilizada para alertas sísmicos rápidos (Woo, 2012). Os dados de precipitação foram adquiridos das imagens do Tropical Rainfall Measurement Mission Project (TRMM) com resolução espacial de 0,25° (aproximadamente 25 km). As informações coletadas foram de precipitação acumulada para os meses de janeiro a maio de cada ano, acessadas no site da NASA (<https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>).

3. Resultados e Discussão

A análise das imagens ao longo de 18 anos permitiu mostrar que o deslizamento de massa na Serra do Divisor é uma

dinâmica natural da região. Entretanto, a partir de 2010 tomou grandes proporções (Figura 2). Entre os anos de 2000 a 2009, a média anual foi 179 ha, entre 2010 e 2017 a média de área impactada pela erosão aumentou em 8x (1.425 ha).

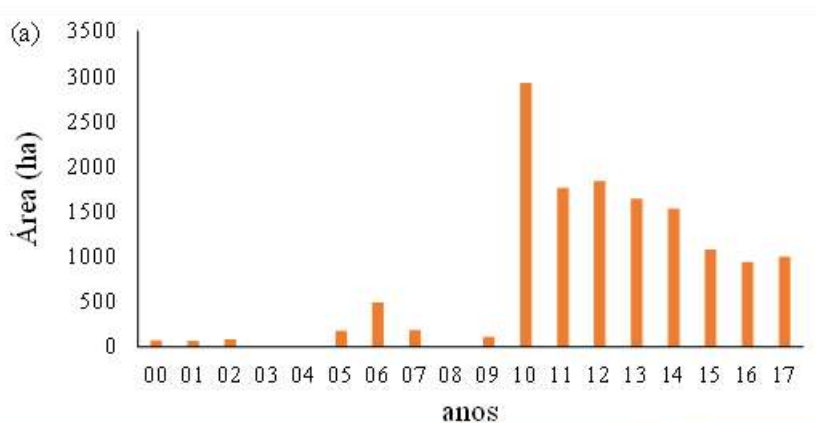
Figura 2. Cicatrizes dos deslizamentos de massa mapeados entre 2000 a 2017 na área de estudo.



Fonte: Autores.

A série histórica mostra que os processos erosivos são frequentes, entretanto de forma localizada e em pequenas áreas. Em 2010, ocorreu um grande evento de movimentos de massa, erodindo mais de 3.000 ha (Figura 3a), visualizado em sobrevoo feito em 2012 (Figura 3b), entretanto nos anos posteriores a detecção por sensoriamento remoto das erosões foi menor, indicando a regeneração da vegetação, como visto no sobrevoo em 2018 (Figura 3c).

Figura 3. Área afetada pelos deslizamentos de massa na área de estudo de 2000 a 2017 (a) e visualização de cicatrizes dos deslizamentos registrados em sobrevoo feito em 2012 cedidas pelo ICMBio mostrando as erosões (b) e sobrevoo feito em 2018 cedidas por Sonaira Silva (Ufac) mostrando as erosões com regeneração vegetal (c).

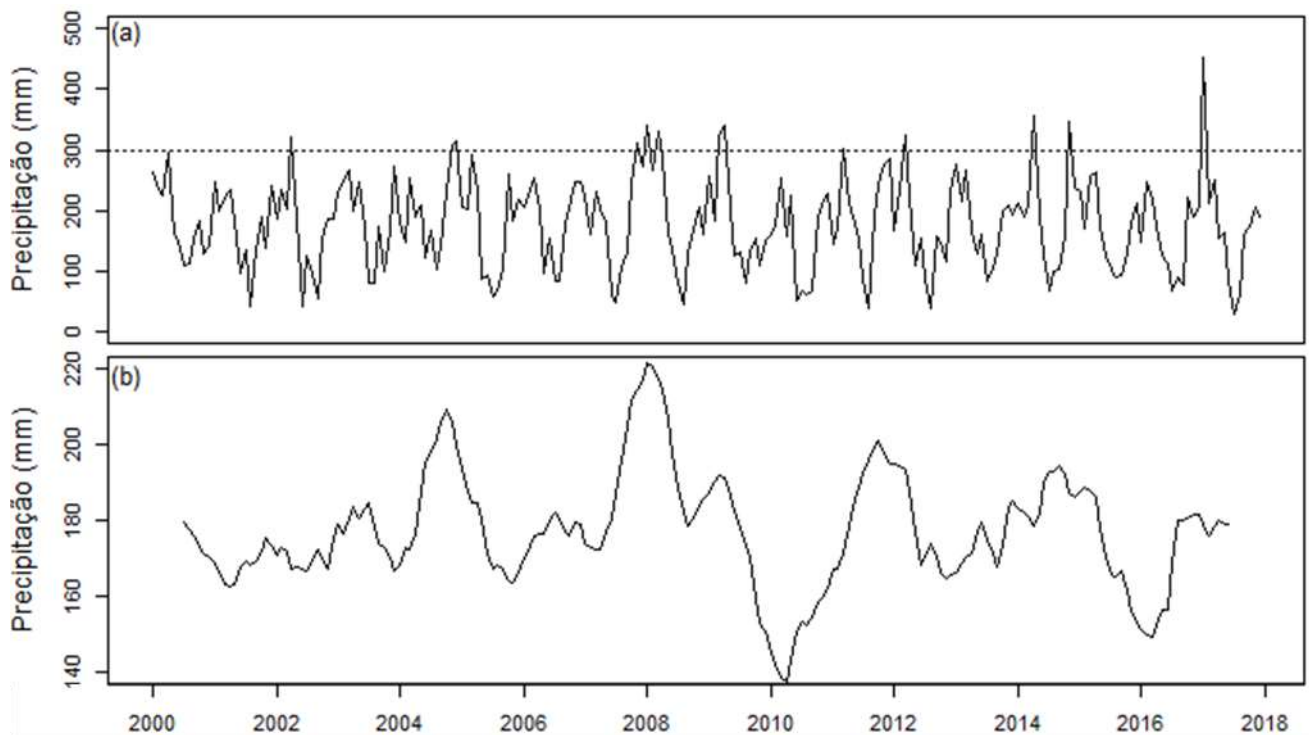


Fonte: Autores.

A análise da precipitação na região de estudo apresentou padrões que permitem compreender os processos erosivos. Foi observado a relação entre o número de meses com chuva mensal acima de 300 mm com os processos. Nos 18 anos avaliados, ocorreram 12 meses com precipitação mensal acima de 300 mm, demonstrando a grande intensidade de chuvas por mês (2002 - 1 mês, 2005 - 1 mês, 2008 - 3 meses, 2009 - 1 mês, 2011 - 1 mês, 2012 - 2 meses, 2014 - 1 mês, 2015 - 1 mês e 2017 - 1 mês) (Figura 4a). A tendência de grandes volumes de chuva em 2008 (Figura 4b), que podem ter ocasionado saturação do solo pela água, que combinado a alta declividade do terreno e solos rasos e pedogenicamente jovens, culminando nos processos erosivos maiores identificados por sensoriamento remoto em 2010. A tendência de anos com chuvas mensais acima de 300 mm também foi observada por Moreira et al. (2016)

Precipitações pluviométricas de maior intensidade e com grande frequência elevam o risco de ocorrência da erosão (Santos et al., 2010). A correlação entre precipitação e movimentos de massa de solo tem sido identificado em várias regiões urbanas e rurais, gerando eventos de grande impacto socioeconômicos e ambientais, como a Região Serrana do Rio de Janeiro e em algumas localidades nos estados de, Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Alagoas e Pernambuco (Parizzi et al., 2010; Freitas et al., 2012; Santos et al., 2019).

Figura 4. Padrões da precipitação na região norte do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor. Precipitação mensal (a), tendência (b) e chuva na região de estudo.



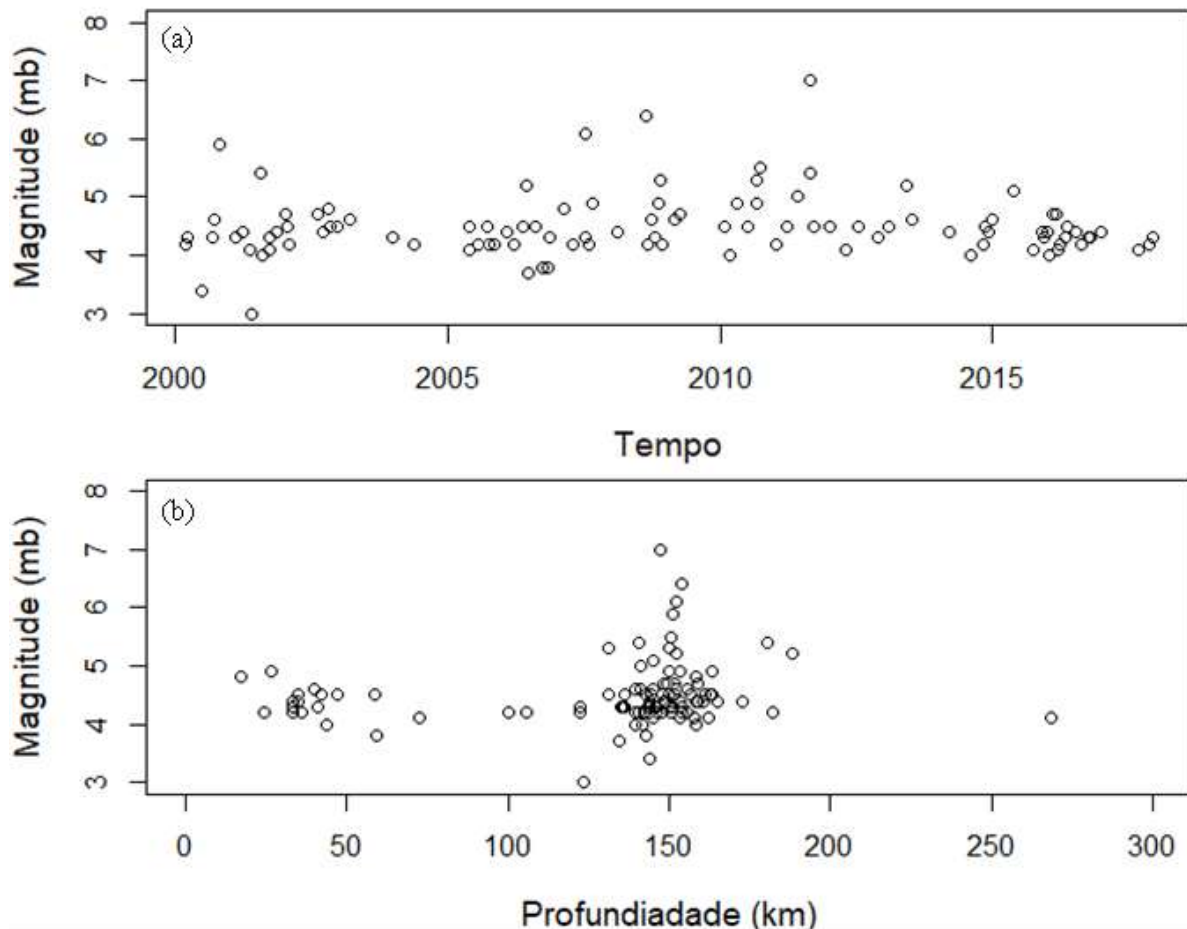
Fonte: Autores.

A unidade geomorfológica que concentra estes eventos naturais na região de estudo são formadas por encostas, vales profundos e solos pouco desenvolvidos da Serra do Divisor. Este geoambiente se constitui num extenso conjunto de serras, de alinhamento no sentido Norte-Sul com forte controle estrutural e com drenagem ocorrendo em vales profundos. Os deslizamentos naturais formam extensos depósitos de colúvios arenosos e afloramentos rochosos nas encostas (Mendonça, 2007).

Predominam nesta unidade os Cambissolos Háplicos distróficos e eutróficos, Argissolos Amarelos distróficos e Neossolos Litólicos hísticos e distróficos, normalmente de textura arenosa e acúmulo de material orgânico em superfície (Acre, 2010; Cavalcante, 2006; Mendonça, 2007). Os Neossolos Litólicos normalmente são constituídos por horizonte A, seguida pela rocha. O Cambissolo apresenta um horizonte B, mas é incipiente (Bi) e na maioria das vezes com a presença de fragmentos de rocha do material de origem. Nesta situação, a atuação de processos erosivos e dos movimentos de massa são mais relevantes. A saturação do solo por água pode ter causado o deslizamento sob a rocha. Este mesmo processo erosivo ocorre nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, entretanto com impactos socioeconômicos sérios (morte de pessoas, desaparecidos, desabrigados, dentre outros) (Busch & Amorim, 2011; Freitas et al., 2012; Koga, 2019).

Outro fator que potencializa os movimentos de massa de solo são abalos sísmicos, movimentos que podem ser lentos, sutil, ou indetectável no dia a dia, porém cumulativamente grande ao longo de dias ou anos (Montoya & Gutiérrez, 2014). Foram registrados 104 abalos sísmicos na região de inserção da Serra do Divisor, com magnitude superior a 6 mb, a partir do ano de 2008 (Figura 5). Estes eventos de grande magnitude ocorreram em profundidade de 100 a 200 km de profundidade. Segundo Lopes e Nunes (2011) abalos sísmicos acima de 6 mb no Brasil podem ocorrer em média a cada 45 anos, mostrando que região de estudo tem padrão elevado de intensidade e número de abalos sísmicos. Mesmo que os terremotos na região da Serra do Divisor sejam profundos, estes sismos podem favorecer a desagregação do solo, causando os movimentos de massa ao longo da drenagem.

Figura 5. Eventos tectônicos na região da Serra do Divisor. (a) magnitude dos terremotos por ano. (b) correlação da magnitude com profundidade do terremoto.



Fonte: Autores.

Movimentos de massa causados por terremotos são observados em todo o mundo, e em casos como no Chile em 2010 e Haiti em 2011 acarretou perdas de vidas humanas e danos econômicos sem precedentes (Freitas et al., 2012). Na área de estudo, os locais com identificação de movimentos de massa não possuem ocupações humanas, com cobertura florestal ainda preservada (Inpe, 2021), que reduz os riscos de danos econômicos e a vida. Os terremotos identificados na Região Norte do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor foram de alta magnitude e em profundidades maiores de 100 km (Figura 4b), entretanto combinados a forte intensidade de chuvas, rochas formadas por arenitos e solos rasos e pedogeneticamente jovens (Acre, 2010; Amaral et al., 2010), resultaram em mais de 3000 ha de erosões do solo.

4. Considerações Finais

Considerando o mapeamento de 18 anos dos movimentos de massa na região norte do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor entre o Estado do Acre-Brasil e Departamento de Loreto-Peru, chegamos as conclusões:

- Os movimentos naturais de massa na Região Norte do Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor fazem parte da dinâmica natural de evolução da paisagem da região;
- A média anual de área com erosões do solo ocasionados por movimentos de massa entre 2010 e 2017 foram oito vezes maiores que no período de 2000 a 2009;
- Foi contato que eventos de precipitação acima de 300 mm mês⁻¹ e terremotos de magnitude acima de 6 mb,

mesmo que em altas profundidades, tiveram resultados no desencadeamento de processos movimento de massa de mais de 3.000 há;

- A fragilidade natural da região de estudo, formado por rochas de arenito, solos rasos e pedogeniticamente jovens, mesmo que sob a cobertura florestal nativa, são vulneráveis a processo erosivos do solo por movimentos de massa.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Acre – FAPAC edital 03/2013, ao CNPq/IBAMA Prevfogo Edital 33/2018 e a Universidade Federal do Acre.

Referências

- Acre. (2010). *Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre: fase II (escala 1:250.000)* (2nd ed). SEMA. http://www.amazonia.cnpia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase%202/Documento_Sintese.pdf
- Agência do Senado. (2017). Ferrovia bioceânica é viável. *Senado Notícias*. <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/04/18/ferrovia-bioceanica-e-viavel-dizem-chineses-em-audiencia-publica>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Amaral, E. F., Schaefer, C. E., Cavalcante, L. M., Rezende, S. B., & Lani, J. L. (2010). Bases geológicas e geomorfológicas da formação e distribuição dos solos no Estado do Acre. In *Recursos naturais: Geologia, geomorfologia e solos do Acre* (vol 2, pp. 44–62). SEMA. https://www.amazonia.cnpia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase%202/Livro_Tematico_ZEE_Recursos_Naturais_Volume_2.pdf
- Bispo, P. C., Almeida, C. M., Valeriano, M. M., Medeiros, J. S., & Crepani, E. (2009). Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa na região de São Sebastião-SP com o uso de técnicas de geoprocessamento. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14*, 3583–3590. São José dos Campos: INPE. <http://mar.tecnico.ipe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.07.45/doc/3583-3590.pdf>
- Busch, A., & Amorim, S. (2011). A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: Procurando respostas. *Casoteca de Gestão Pública, 1*, 1–20.
- Cavalcante, L. M. (2006). *Aspectos geológicos do Estado do Acre e implicações na evolução da paisagem* (Embrapa Ac). Rio Branco. <https://www.infoteca.cnpia.embrapa.br/bitstream/doc/511250/1/doc104.pdf>
- Dias, H. C., Dias, V. C., & Vieira, B. C. (2017). Condicionantes morfológicos e geológicos dos escorregamentos rasos na bacia do Rio Santo Antônio, Caraguatutuba/SP. *Geography Department University of Sao Paulo*, (spe), 157. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132714>
- Freitas, C. M., Carvalho, M. L., Ximenes, E. F., Arraes, E. F., & Gomes, J. O. (2012). Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: Lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva, 17*, 1577–1586. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600021>
- Garofalo, D. F. T., Messias, C. G., Liesenberg, V., Bolfe, É. L., & Ferreira, M. C. (2015). Análise comparativa de classificadores digitais em imagens do Landsat-8 aplicados ao mapeamento temático. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 50*, 593–604. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000700009>
- Hidalgo Montoya, C. A., & Vega Gutiérrez, J. A. (2014). Estimación da ameaça de deslizamentos causados por terremotos e pela chuva (Valle de Aburrá Colômbia). *Revista EIA*, (22), 103–117.
- Huang, C., Davis, L. S., & Townshend, J. R. G. (2002). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing, 23*(4), 725–749. <https://doi.org/10.1080/01431160110040323>
- Icmbio. (2012). *Vistoria de deslizamentos no Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre* (ICMBio). Cruzeiro do Sul.
- Inpe. (2021). *Mapa de desmatamento PRODES*. Inpe. <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>
- Koga, D. M. (2019). *Monitoramento do uso e cobertura da terra no interior e entorno do Parque Nacional da Serra do Divisor/AC entre 1988 e 2018* (Mestrado no Programa de Pós Graduação em Gestão de Áreas Protegidas da Amazônia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. https://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/2984/2/TCC_Diogo_Koga_PNSD_30-07-2019-versao%20final.pdf
- Lal, R. (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Reviews in Plant Sciences, 17*(4), 319–464. [https://doi.org/10.1016/S0735-2689\(98\)00363-3](https://doi.org/10.1016/S0735-2689(98)00363-3)
- Lopes, A. E. D. V., & Nunes, L. C. (2011). Intensidades sísmicas de terremotos: Formulação de cenário sísmico no Brasil. *Revista USP*, (91), 90–103. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i91p90-103>
- Lu, D., Li, G., Valladares, G. S., & Batistella, M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation and Development, 15*(5), 499–512. <https://doi.org/10.1002/ldr.634>

- Melgani, F., & Bruzzone, L. (2004). Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(8), 1778–1790. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.831865>
- Mendonça, B. A. F. (2007). *Geoambientes, pedogênese e uso da terra no setor norte do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre*. Universidade Federal de Viçosa. <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/5392>
- Miranda, P. S. T., Varum, H. S. A., & Pouca, N. S. V. (2019). Reflexões sobre o risco sísmico no Brasil. *Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica, 11*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/133985/2/422679.pdf>
- Moran, E. (1987). Human carrying capacity of the Brazilian rainforest. Philip M. Fearnside. In *American Anthropologist* (vol 89). Columbia University Press. <https://doi.org/10.1525/aa.1987.89.3.02a00690>
- Moreira, J. G. do V., Craveiro, R. L., Serrano, R. O. P., & Formolo, A. K. (2016). Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. *Nativa*, 4(2), 97–102. <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i2.3204>
- Nima, & Nasa. (2000). *SRTM - Shuttle Radar Topography Mission*. National Imagery and Mapping Agency and National Aeronautics and Space Administration. <https://www.embrapa.br/en/satelites-de-monitoramento/missoes/srtm>
- Parizzi, M. G., Sebastião, C. S., Viana, C. S., Pflueger, M. C., Campos, L. C., Cajazeiro, J. M. D., Tomich, R. S., Guimarães, R. N., Abreu, M. L., Sobreira, F. G., & Reis, R. (2010). Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. *Revista Geografias*, 49–68. <https://doi.org/10.35699/2237-549X>
- Pereira, R. A., Graça, F. W., & Bezerra, A. D. S. (2008). *Abalos sísmicos no Brasil e no mundo*. Vitória: CREA-ES. http://www.creaes.org.br/downloads/abalos_sismicos_no_brasil_e_no_mundo.pdf
- Roraima, E. (2000). Erosão do solo na Amazonia: estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. *Acta Amazonica*, 30(4), 601–613. <https://doi.org/10.1590/1809-43922000304613>
- Santos, D. L., Fragoso Jr, C. R., & Souza, V. C. B. (2019). Limiar de precipitação com potencial de gerar deslizamentos nos complexos de risco em uma zona urbana. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 16(2019). <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/335>
- Santos, G. G., Griebeler, N. P., & Oliveira, L. F. C. (2010). Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 115–123. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>
- Santos, W. L., Crisóstomo, C. A., Barbosa, A. R. F., Silva, P. M., & Nascimento, F. I. C. (2019). Atividades sísmicas na Amazônia: Levantamento e caracterização de terremotos na Amazônia Sul-Occidental – Acre – Brasil. *Revista GeoUECE*, 8(15), 66–77. <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2164>
- Waske, B., Van Der Linden, S., Benediktsson, J. A., Rabe, A., & Hostert, P. (2010). Sensitivity of Support Vector Machines to Random Feature Selection in Classification of Hyperspectral Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(7), 2880–2889. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2010.2041784>
- Wincander, R., & Monroe, J. S. (2009). *Fundamentos de geologia*. Cengage Learning, 508p
- Woo, W. (2012). *On Earthquake Magnetudes*. Hong Kong Observatory. <http://www.weather.gov.hk/en/education/edu02rga/article/ele-EarthquakeMagnetude.htm#>