

ANÁLISE DO RELEVO E SUA RELAÇÃO COM OS LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

MIRALDA MYRTHO CALIXTE

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Email: miraldamythocalixte@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5601-4157>

LUIS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

Universidade Federal de Santa Maria/Depto de Geociências/LAGEOLAM

Email: lesrobaina@yahoo.com.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-6417>

ROMARIO TRENTIN

Professor titular do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria/LAGEOLAM

Email: romario.trentin@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0615-2801>

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o relevo e sua relação com os lineamentos estruturais no Haiti. A base metodológica utilizada integrou a classificação automática do relevo por meio de geomorphons, que foram agrupados em cinco compartimentos, e o método proposto por Radaideh et al. (2016) para a extração manual de lineamentos, utilizando ferramentas de edição do software ArcGIS 10.8.1, disponibilizado pela ESRI®, aplicado sobre um Modelo Digital de Elevação (MDE) com diferentes iluminações artificiais, a partir das quais foram geradas rosetas de orientação. Com base nos mapas de lineamentos elaborados, foi possível apresentar oito orientações definidas como: N, NNE, NE, ENE, E, ONO, NO e NNO, com a predominância das orientações E, NNO e ONO. Essas estruturas refletem uma forte concentração de lineamentos ao longo das principais falhas ativas do país. Essas estruturas seguem predominantemente direções leste-oeste (E-W), compatíveis com o regime de cisalhamento entre as placas tectônicas do Caribe e da América do Norte, enquanto falhas secundárias apresentam orientação noroeste/sudeste (NW-SE). A estrutura geológica do Haiti, caracterizada por lineamentos estruturais e falhas ativas, combinada a uma topografia acidentada e a uma alta densidade de lineamentos evidencia um contexto tectônico complexo e ativo.

Palavras-chave: Geomorphons; Lineamentos Estruturais; Compartimentos; SIG.

ANALYSIS OF THE RELIEF AND ITS RELATIONSHIP WITH STRUCTURAL LINEAMENTS

ABSTRACT

This study aims to analyze the relief and its relationship with structural lineaments in Haiti. The methodological approach integrates the automatic classification of landforms using geomorphons, which were grouped into five compartments, and the method proposed by Radaideh et al. (2016) for the manual extraction of lineaments, using the editing tools of ArcGIS 10.8.1 software, provided by ESRI®, applied to a Digital Elevation Model (DEM) with different artificial illuminations, from which orientation rose diagrams were generated. Based on the lineament maps produced, it was possible to identify eight orientations defined as N, NNE, NE, ENE, E, WNW, NW, and NNW, with E, NNW, and WNW orientations being predominant. These structures reflect a strong concentration of lineaments along the country's main active faults. They predominantly follow east-west (E-W) directions, consistent with the shear regime between the Caribbean and North American tectonic plates, while secondary faults exhibit northwest-southeast (NW-SE) orientations. The geological structure of Haiti, characterized by structural lineaments and active faults, combined with rugged topography and a high density of lineaments, highlights a complex and active tectonic setting.

Keywords: Geomorphons; Structural Lineaments; Compartments; GIS.

ANÁLISIS DEL RELIEVE Y SU RELACIÓN CON LOS LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo analizar el relieve y su relación con los lineamientos estructurales en Haití. El enfoque metodológico integra la clasificación automática de formas del relieve mediante geomorphons, que fueron agrupadas en cinco compartimentos, y el método propuesto por Radaideh et al. (2016) para la extracción manual de lineamientos, utilizando las herramientas de edición del software ArcGIS 10.8.1, proporcionado por ESRI®, aplicado sobre un Modelo

Digital de Elevación (MDE) con diferentes iluminaciones artificiales, a partir de las cuales se generaron diagramas de rosas de orientación. Con base en los mapas de lineamientos elaborados, fue posible identificar ocho orientaciones definidas como N, NNE, NE, ENE, E, ONO, NO y NNO, siendo predominantes las orientaciones E, NNO y ONO. Estas estructuras reflejan una fuerte concentración de lineamientos a lo largo de las principales fallas activas del país. Predominantemente siguen direcciones este-oeste (E-O), compatibles con el régimen de cizallamiento entre las placas tectónicas del Caribe y América del Norte, mientras que las fallas secundarias presentan orientaciones noroeste-sureste (NO-SE). La estructura geológica de Haití, caracterizada por lineamientos estructurales y fallas activas, combinada con una topografía accidentada y una alta densidad de lineamientos, evidencia un contexto tectónico complejo y activo.

Palabras clave: Geomorphons; Lineamientos Estructurales; Compartimentos; SIG.

ANALYSE DU RELIEF ET DE SA RELATION AVEC LES LINÉAMENTS STRUCTURAUX

RÉSUMÉ

Cette étude vise à analyser le relief et sa relation avec les linéaments structuraux en Haïti. L'approche méthodologique intègre la classification automatique des formes du relief à l'aide des geomorphons, regroupés en cinq compartiments, ainsi que la méthode proposée par Radaideh et al. (2016) pour l'extraction manuelle des linéaments, en utilisant les outils d'édition du logiciel ArcGIS 10.8.1, fourni par ESRI®, appliquée à un Modèle Numérique d'Élévation (MNE) avec différentes illuminations artificielles, à partir desquelles des diagrammes en roses d'orientation ont été générés. À partir des cartes de linéaments produites, huit orientations ont pu être identifiées : N, NNE, NE, ENE, E, ONO, NO et NNO, les orientations E, NNO et ONO étant les plus prédominantes. Ces structures reflètent une forte concentration de linéaments le long des principales failles actives du pays. Elles suivent principalement des directions est-ouest (E-O), compatibles avec le régime de cisaillement entre les plaques tectoniques des Caraïbes et de l'Amérique du Nord, tandis que les failles secondaires présentent des orientations nord-ouest/sud-est (NO-SE). La structure géologique d'Haïti, caractérisée par des linéaments structuraux et des failles actives, combinée à une topographie accidentée et à une forte densité de linéaments, met en évidence un contexte tectonique complexe et actif.

Mots-clés : Geomorphons ; Linéaments structuraux ; Compartiments ; SIG.

INTRODUÇÃO

As formas de relevo são definidas pelo arranjo espacial de superfícies homogêneas resultantes da ação de forças tectônicas e a dinâmica dos processos superficiais. Da Rosa (2019) destaca que a geomorfologia e as geotecnologias podem ser combinadas para recolher dados detalhados sobre aspectos do relevo.

Atualmente, com o desenvolvimento de métodos de geoprocessamento e SIG, a representação da superfície terrestre através de modelos digitais (MDE) permite a análise topográfica de uma área de interesse, bem como o cálculo automático de uma série de variáveis relacionadas (IWAHASHI e PIKE, 2007, 2009; SENA-SOUZA et al., 2015; MUÑOZ, 2009; ARGENTO, 1994; BOTELHO, 1999; XAVIER DA SILVA, 2005; ROSA, 2019; MENDES, 2015; BATES e JACKSON, 2005; MACMILLAN e SHARY, 2009; SILVEIRA et al., 2014; TRENTIN et al., 2015, 2016; GOMES et al., 2016 e ROBAINA et al., 2016; ATKINSON, CLERCQ e ROZANOV, 2020; SCCOTI, DOTTO e ROBAINA, 2022; THEUREAUX et al., 2023).

Jasiewicz e Stępiński (2013b) estabeleceram uma classificação de elementos de relevo usando ferramentas de visão computacional. Os autores usaram o conceito de "Padrões Ternários Locais" (LTP) (LIAO, 2010) para identificar os elementos do relevo, chamados *geomorphons* por analogia aos *textons* (JULESZ, 1981). Os *textons* referem-se às microestruturas básicas de uma imagem e, assim, constituem os elementos básicos da percepção visual (JULESZ, 1984) e, da mesma forma, os *geomorphons* são microestruturas fundamentais do relevo. Essa metodologia foi aplicada por (ROBAINA, TRENTIN e LAURENT, 2016; ROBAINA et al., 2017; PETSCH et al., 2020; SILVEIRA et al., 2018 e Robaina et al., 2023).

Estruturas lineares visíveis no relevo podem representar características estruturais, como falhas, fraturas, eixos de dobras e contatos litológicos (RAMLI, et al., 2010; PAL et al., 2006; AKAME et al., 2013). Dessa forma, são importantes para a interpretação do contexto tectônico de uma região e sua relação com as estruturas geológicas. A combinação de imagens do sistema óptico e de radar para a identificação de estruturas geológicas tem

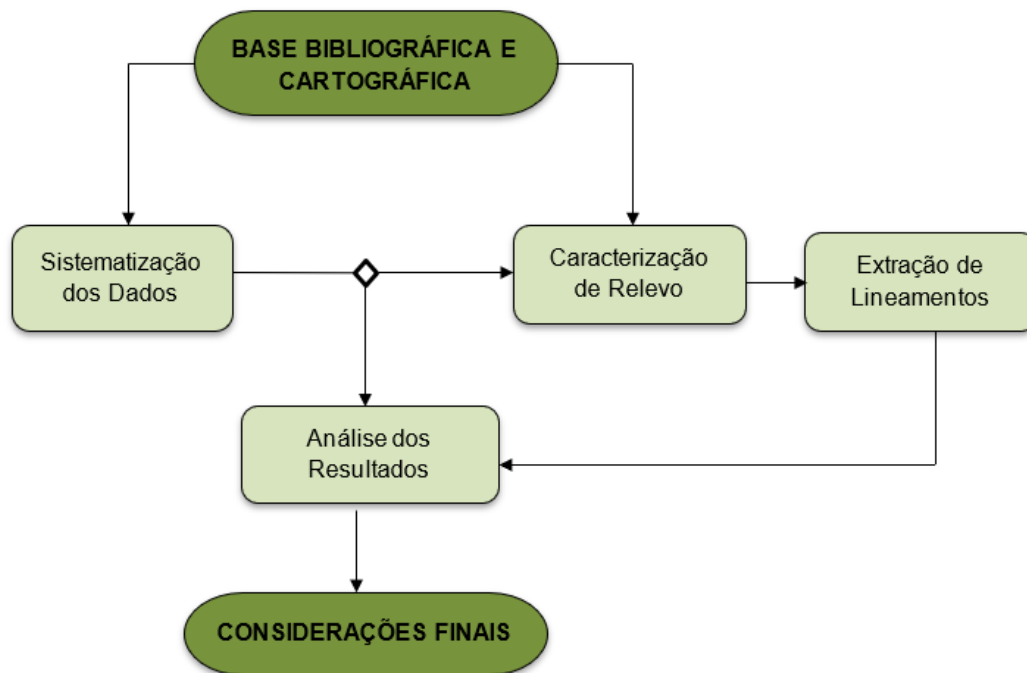
sido empregada por vários autores (ALVARENGA *et al.*, 2005; FREITAS, 2005; SOUZA & EBERT, 2005; JUSTO, 2006; ROLDAN, 2007; SILVA *et al.*; SOARES *et al.*, 2007; STRUGALE *et al.*, 2007; MISSURI *et al.*, 2022; DA SILVA e BRICALLI, 2023). Nesse sentido, as novas técnicas de cartografia digital, principalmente, aquelas voltadas à modelagem numérica do terreno, contribuiu de forma expressiva para as pesquisas no âmbito da geomorfologia estrutural e da análise do relevo (VITEK, *et al.*, 1996; FERNANDES *et al.*, 2001; DOTTO *et al.*, 2023).

A pesquisa foi desenvolvida na República do Haiti, localizado na parte ocidental da ilha de Hispaniola, no nordeste do Caribe, entre Porto Rico a leste e Jamaica e Cuba a oeste, entre latitudes 18°02' e 20°06'N e longitudes 71°41' e 74°29'W. A extensão é de aproximadamente 230 km de norte a sul e 290 km de leste a oeste (FIGURA 01). A área é de 27.750 km² e seu litoral estende-se por 1771 km, com uma plataforma continental de 5000 km² ao longo do Oceano Atlântico e do Mar do Caribe (EMMANUEL e LINDSKOG, 2000). Tem uma população total estimada em 11.905.897 e uma densidade populacional de 428,68 hab./km² (Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI), 2021, 2021). A República do Haiti, devido à sua posição tectônica, associada ao sistema de falhas geológicas na fronteira das placas do Caribe e da América do Norte, que forma uma zona de subducção predominante a leste e uma zona transformante dominante a oeste (MANN *et al.*, 1998). Desse modo, enfrenta os efeitos dos movimentos tectônicos, os quais provocam terremotos significativos e alteram o seu relevo. Segundo Calais (1990), o país está localizado em uma zona tectonicamente muito ativa, dentro de uma faixa de deformação de 250 km de largura, conhecida como Northern Caribbean Plate Boundary Zone (NCPBZ).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO

O desenvolvimento da pesquisa segue as etapas que estão apresentadas na Figura 01. Para a análise do relevo, utilizou-se a proposta de Jasiewicz e Stepinski (2013), que se baseia nos elementos de relevo denominados Geomorphons. Os lineamentos estruturais foram extraídos pelo método proposto por Radaideh *et al.* (2016), que se fundamenta na combinação de diferentes azimutes de iluminação solar para o mapeamento automático de lineamentos.

Figura 01: Fluxograma dos procedimentos para a realização desta pesquisa



Fonte: Autores (2025)

A base cartográfica foi processada e organizada em ambiente de Sistema de informação Geográfica (SIG), fazendo uso do software ArcGIS® 10.8.1 desenvolvido e disponibilizado pela ESRI® e do QGIS 3.32.11, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 18N tendo como Datum World Geodetic System (WGS) 1984.

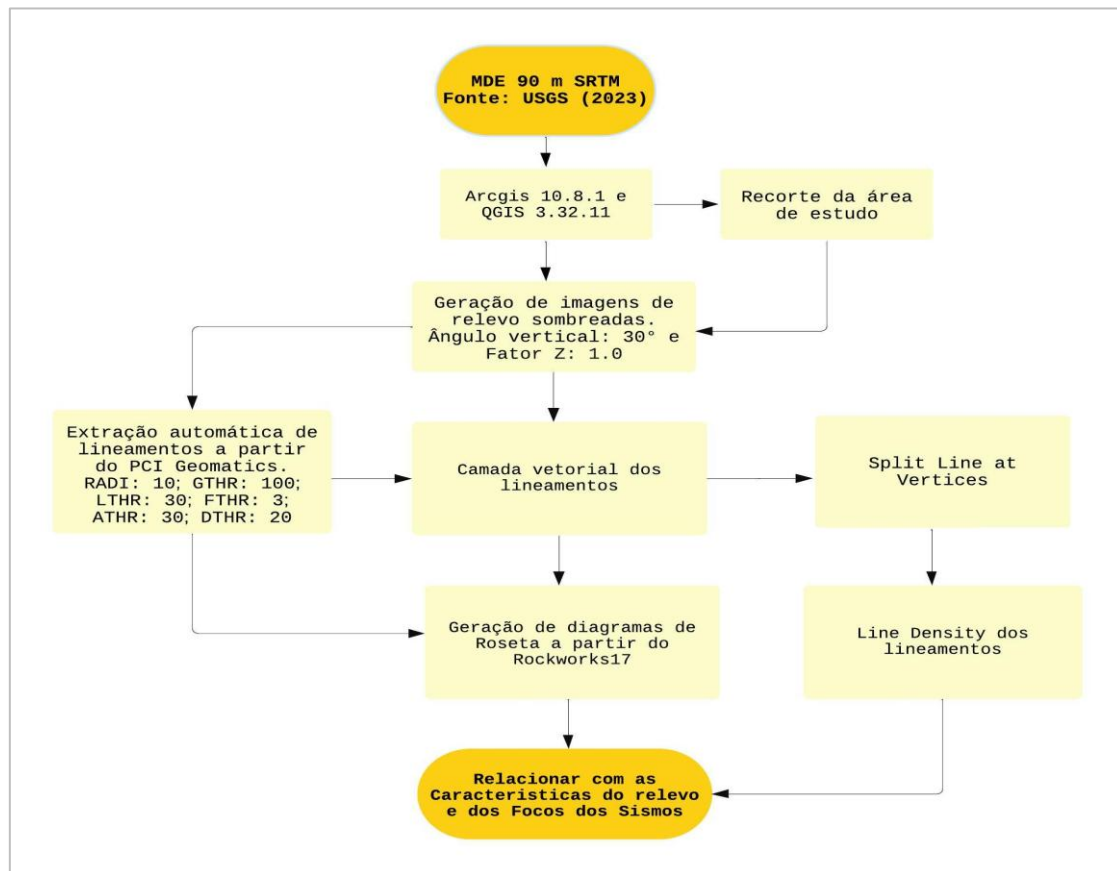
Para obter as formas do relevo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir dos dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizado pelo United States Geological Survey (USGS), com resolução espacial de 3 arc-second (90 metros).

Os elementos de relevo foram obtidos pela função *r.geomorphon* no Grass do software Qgis na versão 3.22.11 e Arcgis 10.8.1 gerando a classificação de forma automática. A aplicação requer dois parâmetros escalares livres: o raio de busca *lookup L* (distância em metros ou unidades de célula) e o limiar *threshold t* (nivelamento em graus). Para este estudo, foram utilizados os valores *L* igual a 20 pixels (1800 metros) e graus *t* igual a 2°. Nessa função, os elementos de relevo foram definidos tendo, como base, do modelo criado por os autores, identificando 10 classes (Figura 13): 1 - Áreas planas (flat), 2 - Pico (peak), 3 - Crista (ridge), 4 - Ressalto (shoulder), 5 - Crista Secundária (spur), 6 - Encosta (slope), 7 - Escavado (hollow), 8 - Base de Encosta (footslope), 9 - Vale (valley) e 10 - Fosso (pit).

A determinação da detecção de feições linear através do módulo Line no software PCI /Geomatica versão 2019. Quanto à extração dos lineamentos estruturais esta pesquisa seguiu os critérios de Radaideh et al. (2016) que se baseiam na combinação de diferentes azimutes de iluminação solar (FIGURA 02). No âmbito desse trabalho, foram escolhidos especificamente os ângulos azimutais 0° e 90°. Os lineamentos extraídos foram vetorizados manualmente no *ArcGIS 10.8.1* e, depois, usou a ferramenta de desenho vetorial *Split Line at Vertices*, o recurso tem como objetivo segmentar ou quebrar uma linha (ou polilinha) em múltiplas linhas individuais em cada ponto dos seus vértices. Foram exportados para o

Rockworks 17, onde foram calculadas as direções azimutais e elaborados os diagramas de roseta.

Figura 02: Fluxograma dos procedimentos para a extração dos lineamentos



Fonte: Autores (2025).

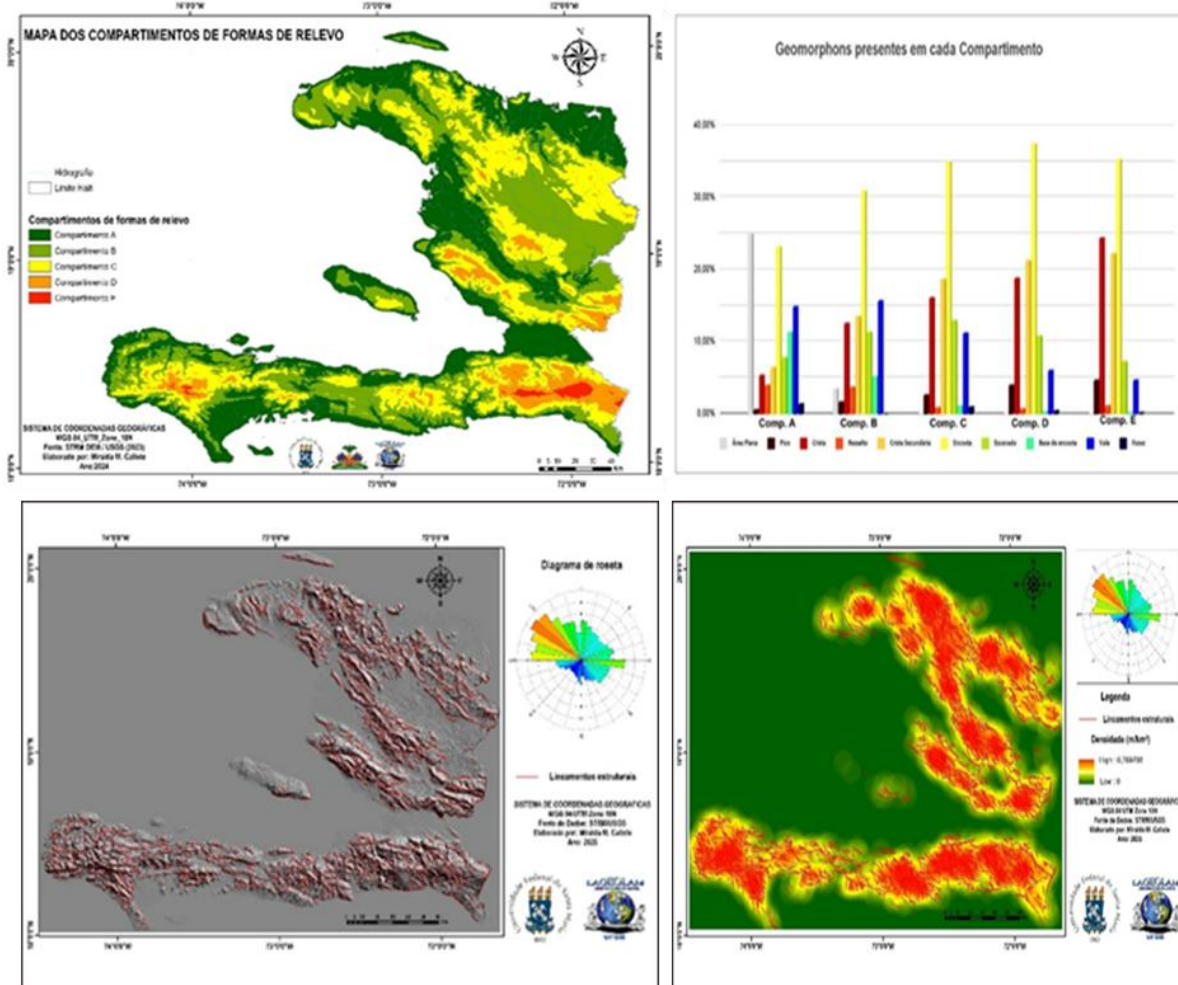
RESULTADOS

A análise do relevo do Haiti por meio da classificação dos elementos do relevo em *geomorphons* (FIGURA 04) confirma a complexidade geomorfológica do país, influenciada por processos tectônicos e climáticos (MANN e CALAIS, 2008; PRENTICE e MANN, 2005, FRELAT et al., 2012). Esta complexidade se reflete em uma grande variedade de formas de relevo, desde as zonas costeiras, com suas planícies até as principais cadeias montanhosas, como a Cordilheira de la Selle, que abriga o ponto mais alto do país, o Pico da Selle. A presença de falhas ativas, particularmente na zona de falha de Enriquillo-Plantain Garden (CALAIS et al., 2010), e essa atividade tectônica frequente moldam a paisagem, contribuindo para a formação de vales e outras feições geomorfológicas (BUTTERLIN, 1960, MANN et al., 1995 apud SAINT FLEUR et al., 2020).

Essas feições são marcadas por lineamentos estruturais (FIGURA 07) onde os orientados para o Oeste-Noroeste e Noroeste foram os mais frequentes com 595 casos (16,97%) e 592 casos, respectivamente. A orientação Este, segue como a mais frequente, com 565 casos (16,11%) e Norte-Noroeste com 428 casos (12,20%). Para a direção Norte ocorrem 364 casos (10,38%). Para o quadrante E, ocorrem na direção Norte-Nordeste, com 358 casos (10,21%), Nordeste, com 265 casos (7,56%), e Este-Nordeste, com 340 casos (9,69%). Refletem uma forte concentração de lineamentos ao longo das principais falhas ativas do país. Essas estruturas seguem predominantemente direções leste-oeste (E-W),

compatíveis com o regime de cisalhamento entre as placas tectônicas do Caribe e da América do Norte, enquanto falhas secundárias apresentam orientação noroeste/sudeste (NW–SE).

Figura 03: Compartimentos de formas de relevo do Haiti e os lineamentos extraídos



Fonte: Autores (2025)

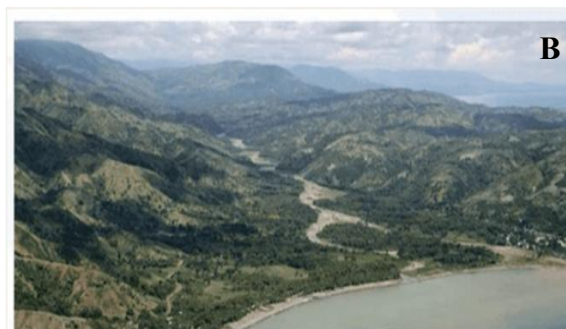
O compartimento A ocupa 34,26 % da área total do Haiti. O compartimento é caracterizado por vastas extensões de elementos do tipo plano, associados a encostas suaves com uma base e vales mais amplos como a Serra Bossa (Figura 04 A). Constitui áreas de planícies e vales amplos que correspondem aos sinclinais deslocados pelas falhas da orogenia do Plioceno (ROBART, 1984) como as planícies do Norte, do Artibonite, de Les Cayes, de Léogâne e do Cul-de-Sac que possuem uma baixa densidade de lineamentos. Este último constitui a maior depressão geológica do país, cujo eixo apresenta uma orientação oeste-leste (W–E), com inflexão para noroeste (NW) em sua borda ocidental, formando o canal de Saint-Marc.

O compartimento B é caracterizado por encostas curtas moderadas a acentuadas com ressaltos na meia encosta e uma associação de cristas e vales estreitos conforme representado na bacia hidrográfica de Tiburon (FIGURA 04 B). Representa o maior compartimento, ocupando 34,45 % da área total. Esse compartimento caracteriza a região do Planalto Central, com baixa densidade de lineamentos. O Planalto Central corresponde a um sinclínório, cujos dobramentos apresentam direção predominante oeste-noroeste/leste-sudeste (ONO–LSE), com variações locais para noroeste/sudeste (NO–SE). Esta estrutura é

limitada por falhas geológicas em suas bordas norte e sul, refletindo um regime compressivo de larga escala.

O compartimento C, que ocupa 23,90 % do território do Haiti, é caracterizado pela ausência do elemento plano, maior representatividade dos elementos picos e cristas, em relação aos anteriores e o elemento escavado é mais comum em relação aos demais compartimentos (FIGURA 04 C). Constituem as porções laterais das cadeias de montanha que formam o relevo do Haiti onde os processos erosivos são muito significativos. No Haiti, a erosão é um problema significativo exacerbado pela combinação de vários fatores, incluindo as chuvas intensas, a topografia montanhosa e o desmatamento, que, ao reduzir a cobertura vegetal que protege o solo, intensifica drasticamente esse fenômeno (LE TEMOIN, 2023). Isso, tem consequências graves, incluindo a perda de terras agrícolas, a sedimentação dos cursos de água e reservatórios e o aumento dos riscos de desastres naturais para as populações que vivem nos vales e ao longo das costas.

Os compartimentos D e E são constituídos por elementos do relevo que marcam o topo das cadeias montanhosas. Concentram-se algumas das principais estruturas geológicas e as formas de relevo mais acidentadas do país, apresentam maior fragmentação tectônica e complexidade estrutural, se caracterizando como alta densidade de lineamentos. O compartimento D, em relação aos compartimentos anteriores, apresenta uma maior representação do elemento encosta. Os elementos crista, crista secundária e picos são muito importantes. Os vales são estreitos e encaixados, por isso passam a ser menos representativos. Representam o topo das Cadeias das Montanhas Pretas e de Matheux e a Montanha do Furo de Água. Segundo Butterlin (1960) a parte NW do maciço, as Montanhas Negras apresentam uma superposição de séries calcárias do Eoceno médio e séries mais antigas de andesitos e dacitos. Este fenômeno cria uma típica inversão de relevo com sinclinais empoleirados correspondentes a calcários (serra Bazile, Chapelet etc.) e vales anticlinais constituídos por rochas ígneas mais antigas, formando savanas baixas. O Compartimento E é o compartimento com maior representação dos elementos de crista, crista secundária e picos. Formam as áreas de maior altitude do país. Representam o topo do Maciço Selle e do Maciço Hotte (FIGURA 04 D). O maciço de Hotte, separado do maciço de Selle pela depressão Carrefour Fauché-Jacmel, atinge uma altitude de 2.405 m em seu ponto mais alto, Pic Macaya (Woodring et al., 1924) (FIGURA 05 D). O Maciço da Selle é a maior cadeia de montanhas do Haiti, atinge uma altitude de 2.680 m em Pic la Selle (BUTTERLIN, 1960).



Fonte: BME (2018) e Patrick Georges (2012). **Fonte:** Antonio Perera (PNUD, 2021).
Fonte: Claude Preptit (BME, 2018). **Fonte:** GEO-HAITI (2010)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de trabalhos relacionados ao morfotectônico é essencial para a análise de impactos socioambientais decorrentes de atividades tectônicas e das consequentes alterações no relevo. Dessa forma, a análise do relevo e a sua relação com os lineamentos estruturais e os focos de terremotos desempenham um papel fundamental, que podendo oferecer contribuições para a prevenção do risco sísmico e na reconstrução do país, a fim de evitar danos materiais e humanos.

A estrutura geológica do Haiti, caracterizada por lineamentos estruturais e falhas ativas, combinada a uma topografia acidentada e a uma alta densidade de lineamentos. A densidade de lineamentos ao longo dessas zonas de falha reforça a importância tectônica regional e sua influência na compartimentação do relevo haitiano e cria um contexto geodinâmico propício à ocorrência de terremotos devastadores, contribuindo para a configuração de seu relevo e a ocorrência da atividade sísmica.

As formas do relevo no Haiti evidenciam a presença de falhas geológicas ativas, principalmente no sul e no norte do país, com orientações E-O e NO-SE, ou seja, as falhas Enriquillo-Plantain Garden, Septentrional, Léogâne e falhas paralelas à direção da dobra no setor central da ilha. Além dessas, existem outras falhas ativas com diferentes orientações no território haitiano. Embora algumas ainda não tenham causado danos significativos, é crucial avaliá-las e considerá-las, pois a experiência do terremoto de 2010 ressalta a importância de medidas preventivas para evitar a repetição de tragédias semelhantes.

Dessa forma, o conhecimento gerado na área de estudo é uma contribuição para o uso de novas tecnologias. Permite um melhor conhecimento da República do Haiti, que apresenta grandes dificuldades na obtenção de dados e informações sobre seu território, podendo ser utilizada como orientação ao planejamento, assim como nos setores educacionais, pois auxilia na formação de profissionais mais capacitados para lidar com questões relacionadas à geologia e aos riscos naturais. Ademais, fornece informações

cruciais na identificação de áreas de maior risco sísmico e tsunامي, orientando a construção de infraestruturas mais seguras.

REFERÊNCIAS

ARGENTO, M. S. F. **Mapeamento Geomorfológico**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

AKAME J. M.; MVONDO O. J.; OLINGA J. B.; ESSONO J.; MBIH P. K. **Application of (MNT) SRTM numeric field models for mapping structural lineaments: application to the Mezesse Archean, East of Sangmélima (South Cameroon), Geo-Eco-Trop.** 2013, 37, 1 : 71-80.

ALVARENGA, R. S.; SALDANHA, D. L.; SOMMER, C. A.; SOMMER, J. A.; LIMA, E. F.; PIEROSAN, R. **Aplicação comparativa dos produtos dos sensores TM - LANDSAT 5, CCD - CBERS2 e ASTER - TERRA no mapeamento geológico na região do Platô da Ramada, RS.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 205 Goiânia, Anais..., INPE, 4537-4544.

ATKINSON, J.; CLERCQ, W.; ROZANOV, A. **Multi-resolution soillandscape characterisation in KwaZulu Natal: Using geomorphons to classify local soils for improved digital geomorphological modelling.** Geoderma Regional, [s.l.], v. 22, p. 1-17, 2020.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento ambiental em Microbacias hidrográficas.** In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. d.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRICALLI, L. L.; DA SILVA, M. C. L. **Padrões de Lineamentos e Controle Estrutural, Tectônico e Neotectônico no relevo da Região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).** 2023. 20 p. Revista Sociedade & Natureza <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67047>

BUTTERLIN, J. **Géologie générale et régionale de la République d’Haïti.** 1960. Thèse (Doctorat en Géologie) – Université de Paris. Paris, 1960, 234 p. DOI: [10.4000/books.iheal.5606](https://doi.org/10.4000/books.iheal.5606)

CALAIS, E. ; FREED, A. ; MATTIOLI, G.; AMELUNG, F.; JÓNSSON, S.; JANSMA, P.; HONG, S.-H.; DIXON, T.; PRÉPETIT, C.; MOMPLAISIR, R. 2010. **Transpressional rupture of an unmapped fault during the 2010 Haiti earthquake.** Nat. Geosci. 3, 794–799.

CHIANG, L. C. **Análise estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: Aplicação ao estado do rio de janeiro.** 1984. 183 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade de São Paulo, 1984.

DA ROSA, E. P. **Geotecnologias aplicadas à compartimentação geomorfológica do município de São Sepé - RS.** 2019. 115 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2019.

DOTTO, V. E. A.; RADEMANN, K. L.; TRENTIN, R. ROBAINA, S. L. E. **Extração automatizada de lineamentos morfoestruturais relacionados a ocorrência de Voçorocas em sub-bacias no município de Cacequi - RS.** 2023. 8 p. 14º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2023 Corumbá / MS.

EMMANUEL, E.; LINDSKOG, P. **Regards sur la situation actuelle des ressources en eau de la République d'Haïti.** 2000.

FERNANDES, N. F.; GUIMRÃES, R. F.; GOMES, A. T.; VIEIRA B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. **Condicionantes geomorfológicas dos deslizamentos nas encostas:** Avaliação de metodologias e aplicação dos modelos de áreas susceptíveis. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.2, n.1, p.51-71, 2001.

Hobbs, W.H. (1904) **Lineaments of the Atlantic Border Region.** Geological Society of America Bulletin, 15, 483-506.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. **Automated Classifications of Topography from DEMs by an Unsupervised Nested Means Algorithm and a Three-part Geometric Signature.** Geomorphology, 2007. vol. 86. Pag. 409–440.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.012>

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. **Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms.** Geomorphology, 182. 2013. Pag. 147–156.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>

JULESZ, B. **A Brief Outline of the Texton Theory of Human Vision.** Trends in Neuroscience, 1984, vol. 7, pag. 41–45. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(84\)80275-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(84)80275-1)

JUSTO, A.P. **Sistemas orbitais e aéreos aplicados à ESTUDOS TECTÔNICOS, 10, e INTER-NATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS, 4,** Curitiba, PR. Boletim de Resumos Expandidos, Curitiba, 2006, p. 18-20.

LIAO, W. H. **Region Description Using Extended Local Ternary Patterns.** 20th International Conference on Pattern Recognition, 2010. pag. 1003–1006.
<http://dx.doi.org/10.1109/ICPR.2010.251>

MACMILLAN, R. A.; SHARY, P. A., **Landforms and landform elements in geomorphometry.** In: HENGL, T. e REUTER, H.I. (eds), Geomorphometry-Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science, Amsterdam Elsevier, 2009. vol. 33. pag. 227-254. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00009-](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00009-)

MANN, P.; TAYLOR, F. W.; EDWARDS, R. L.; KU, T.L. **Formation de microplaques en évolution active par collision oblique et mouvement latéral le long de failles décrochantes:** un exemple de la marge de plaque nordest des Caraïbes. Tectonophysique, 246 : 1–69, 1995.

MUNÔZ, V. A. **Análise geomorfométrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo.** 2009. 112 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

THEUREAUX, O.; PASSY, P.; FEUILLET, T.; BIRRE, D. **Caractérisation des formes du relief à l'échelle de bassins-versants.** RZINE, 2023. <https://dx.doi.org/10.48645/s8je-kz92>

PETSCH, C.; de SOUZA ROBAINA, L. E.; TRENTIN, R.; ROSA, K. K. da; FIGUEIREDO, A. R. de; SIMÕES, J. C. **O uso de métodos de mapeamento automático de relevo para análise de formas glaciais.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, n. 21(2), 2020. DOI: [10.20502/rbg.v21i2.1771](https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1771).

RADAIDEH, O.M. A. et al. **Detection and analysis of morphotectonic features utilizing satellite remote sensing and GIS: An example in SW Jordan.** *Geomorphology*, v. 275, p. 58-79, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.033>

RAMLI, M. F.; YUSOUF, N.; YUSOUFF, M. K.; JUAYIR, M. K. **Lineament mapping and its application in landslide hazard assessment: A review.** *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v. 69, n. 2, p. 215–233, 2010.

ROBAINA, L. E. DE S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. **Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de Geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada.** *Revista brasileira de geomorfologia*. [s.l.] União da Geomorfologia Brasileira, 2016. v. 17. <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1>

ROBAINA, L. E.; TRENTIN, R.; BORRAS, M. A. **Compartimentação do Relevo do Uruguai com Uso de Geomorphons Obtidos em Classificação Automática.** *Geografia (Londrina)*, 2023. v. 32 n. 1. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2023v32n1p9>

ROBART, G. **Végétation de la République d’Haïti: Région tropicale dégradée en voie d’aménagement.** 1984. Thèse (Doctorat en Sciences) - Université Scientifique et Médicale de Grenoble. 195 p.

ROLDAN, L.F. **Tectônica Rúptil Meso-Cenozóica na região do Domo de Lagens, SC.** São Paulo. 2007. 121p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2007.

SAINT FLEUR, N.; KLINGER, Y.; FEUILLET, N.: **Detailed map, displacement, paleoseismology, and segmentation of the Enriquillo-Plantain Garden Fault in Haiti, Tectonophysics**, 778, 228368, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.228368>, 2020.

SAINT FLEUR, S. **Estimation des mouvements sismiques - à Port-au-Prince (Haïti): mesures des amplifications locales et simulations numériques.** 2016. 234 p. Thèse (Docteur en Sciences) - Université Côte D’azur - Ufr Sciences, Nice, 2016.

SCHMIDT, J.; HEWITT, A. **Fuzzy Land Element Classification from DTMs Based on Geometry and Terrain Position.** *Geoderma*, 2004, vol. 121. Pag. 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.10.008>

SCHMIDT, J.; DIKAU, R. **Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models — semantics, methods, future needs.** In: DIKAU, R.; SAURE, H. (Eds.). *GIS for Earth Surface Systems - Analysis and Modelling of the Natural Environment*. 1. ed. 48 Berlim: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1999. p. 153–173.

SCCOTI, A. A. V.; DOTTO, A. V. E.; ROBAINA, L. E. S. **Análise geomorfológica com apoio de técnicas digitais: município de São Martinho da Serra – RS.** Boletim de Geografia, v. 40, p. 68-83, e61650, 2022. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e61650>

SENA-SOUZA; J; NEVES, G.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E.; JUNIOR, A. **Mapeamento das Formas de Terreno por meio de Assinatura Geomorfométrica como Subsídio para a Descrição da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Preto.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, pag. 1617-1624.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. **Classificação geomorfométrica de unidades morfológicas do relevo no Estado do Paraná obtida de atributos topográficos e árvore de decisão.** In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2013, Vitória/ES. Anais...Vitória/ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM). U.S. **Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data.** Disponível em:<<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em 2023.

SILVA, D.R.V.; AMARO, E.; SOUTO, M.V.S.; PEREIRA, B.R.B.; SOUZA, D.S.; SOUZA, A.S. 2007. **Imagens SRTM aplicadas á análise do comportamento morfotectônico da paisagem, como auxílio ao monitoramento ambiental no litoral setentrional do Rio Grande do Norte.** In: PDPETRO, 4, 2007, Campinas, p. 21-24.

SILVEIRA, C. T. et al. **Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos geomorphons.** Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.19, n.1, (Jan-Mar) p.33-57, 2018.

SOARES, A.P.; SOARES, P.C.; BETTÚ, D.F.; HOLZ, M. 2007. **Compartimentação estrutural da Bacia do Paraná: a questão dos lineamentos e sua influência na distribuição** International Gondwana Symposium, 30, Proceedo Sistema Aquífero Guarani. Geociências UNESP, 26 (4): 297-311.

SOUZA, I.A. & EBERT, H.D. 2005. **Lineamentos tectônicos do embasamento adjacente às bacias de Espírito Santo, Campos e Santos interpretados a partir de imagens LANDSAT 7 TM.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, 1 CD-ROM. Salvador.

Strugale, M., Rostirolla, S.P., Mancini, F., Portela Filho, C.V., Ferreira, F.J.F. & Freitas, R.C. 2007. **Structural framework and Mesozoic-Cenozoic evolution of Ponta Grossa Arch, Paraná Basin, southern Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, 24: 203-227.

TRENTIN, R. **Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu - Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil.** 2011. 215 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TRENTIN, R; ROBAINA, LE de S. **Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos.** Mercator, c. 15, não. 3, pag. 53-66, 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, LES; SILVEIRA, CT **Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú/RS**. Revista Brasileira de Geomorfologia, c. 16, não. 2, pág. 219-237, 2015.

VITEK, J. D.; GIARDINO, J. R.; FITZGERALD, J. W. **Mapping Geomorphology: A journey from paper maps, through computer mapping to GIS and virtual reality**. Geomorphology, v.16, p.233-249, 1996.

WOODRING, W.P; BROWN, J.S; BURBANK, W.S. **Géologie de la République d'Haiti**. Département des travaux publics, Port-au-Prince, Haiti, 710 p, 1924.

XAVIER DA SILVA, J. **Geomorfologia e Geoprocessamento**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.