

# MAPEAMENTO E ANÁLISE DE GEOCOBERTURAS NO CHAPADÃO DO DIAMANTE – MG - BRASIL

<https://doi.org/10.4215/rm2019.e18010>

Nazar, T I S M <sup>a\*</sup> - Rodrigues, S C <sup>b</sup>

(a) Dra. pela Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG (Brasil)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0257-1451>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/746428421118706>.

(b) Prof. Dr. da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG (Brasil)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5376-1773>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/0563872406702918>.

## Article history:

Received 12 February, 2019

Accepted 04 April, 2019

Published 15 May, 2019

## (\*) CORRESPONDING AUTHOR

**Address:** Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de Ávila 2121 - Progresso, Uberlândia - MG (Brasil) - Telefone: (34) 32394169 - Ramal: 19

**E-mail:** [silviogeografo@gmail.com](mailto:silviogeografo@gmail.com)

## RESUMO

O mapeamento e a compreensão das interações entre as geocoberturas do Chapadão do Diamante com os aspectos morfométricos e estruturais do relevo a partir da aplicação de rotinas de análise espacial e geoestatística são os principais objetivos desta pesquisa, realizada na porção extremo leste da Serra da Canastra (Minas Gerais, Brasil). O estudo das geocoberturas é importante para a pesquisa geomorfológica por permitir o entendimento da gênese, evolução e comportamento do relevo terrestre. Assim, ao considerar as especificidades geológico-geomorfológicas da área de estudo, constituída por um pacote de rochas quartzíticas com intercalações de filitos, que apresentam variações perceptíveis na distribuição das coberturas superficiais, entende-se que os elementos superficiais interferem e respondem de diferentes maneiras em relação à dinâmica e evolução da área.

**Palavras-chave:** Materiais superficiais. Relevos quartzíticos. Geocartografia. Dados aerogamaespectrométricos.

## ABSTRACT / RESUMEN

### MAPPING AND ANALYSIS OF SURFACE GEOCOVER IN THE CHAPADÃO DO DIAMANTE – MG - BRAZIL

The mapping of the surface geocovers and their association with lithological, structural and topographic aspects is the main objective of this research, carried out in Chapadão do Diamante (Chd), the extreme eastern portion of Serra da Canastra. With this purpose, aerogamaespectrometric data obtained from sub-orbital flights, high-resolution Google <sup>TM</sup> images and fieldwork with superficial material collection was used to create a Surface Geocover Map. The result show a correlation between these variables, either in their cartographic aspect, or through quantitative data. The structural aspects obtained through the delineation of linear features observable in shaded relief images, were analyzed from the overlapping to the Map of Surface Geocover and from a qualitative point of view indicated a distribution throughout the ChD area, demonstrating the main material differentiation in relation to the areas with the highest intensity of rocky outcrops and those with flat tops and hill slopes. In addition, the spatial and descriptive statistics analysis was preponderant for a better understanding of the distribution of the surface geocover data in relation to the aspects of the mapped relief units and the specific topographic aspects, such as slope and curvature of the relief.

**Keywords:** Surface materials. Quartzite reliefs. Geocartography. Air-gama spectrometry data

### MAPA Y ANÁLISIS DE GEOCOBERTURAS EN LA CHAPADÃO DEL DIAMANTE – MG - BRASIL

El mapeo y la comprensión de las interacciones entre las geocoberturas del Chapadão del Diamante con los aspectos morfométricos y estructurales del relieve a partir de la aplicación de rutinas de análisis espacial y geoestadístico son los principales objetivos de esta investigación, realizada en la porción extremo este de la Serra da Canastra Minas Gerais, Brasil). El estudio de las geocoberturas es importante para la investigación geomorfológica por permitir el entendimiento de la génesis, evolución y comportamiento del relieve terrestre. Así, al considerar las especificidades geológico-geomorfológicas del área de estudio, constituída por un paquete de rocas quartzíticas con intercalaciones de filitos, que presentan variaciones perceptibles en la distribución de las cubiertas superficiales, se entiende que los elementos superficiales interfieren y responden de diferentes maneras en relación a la dinámica y evolución del área.

**Palabras-clave:** Materiales superficiales. Relevos en quartzito. Geocartografia. Datos aerogamaespectrométricos

## INTRODUÇÃO

Dentre os conceitos que denominam a camada superficial da Terra, está o de “solo”, cujo significado é amplo e utilizado por grande parte das ciências que se interessam pelo estudo da superfície, sobremaneira, em estudos pedológicos, edafológicos, de engenharia, e em parte das pesquisas geomorfológicas, por exemplo em Tricart (1977); Brady (1983); Caputo (1988); Daniels e Hammer (1992); Dobos e Hengl (2009); Lepsch (2010); Guerra e Cunha (2013); Resende et al., (2014), entre outros. Há também a denominação de “materiais superficiais” ou “formações superficiais” cujos registros se encontram especialmente em estudos de cunho geológico e geomorfológico, podendo-se citar Trescases (1973); Carvalho e Rotta (1974); Campy e Macaire (1989); Lebret et al. (1993); Rodrigues (1998); Champagnac (2005); Soller et al. (2009); Simões et al. (2014); Simões et al. (2016); Guerra e Paisani (2013).

Atualmente, depara-se na literatura com o termo “geocoberturas”, com alguns trabalhos científicos realizados na região da Serra do Espinhaço e Norte de Minas Gerais, com ênfase na Geomorfologia e evolução da paisagem, realizados por Amorim, Augustin e Messias (2014) e Neves et al. (2015); e também o termo “regolito”, abordado por Scott e Pain (2009).

De acordo com Suguio (2010), independentemente das denominações adotadas para os materiais componentes da superfície terrestre, pode-se afirmar que resultam de processos pedogenéticos, refletindo condições paleoclimáticas e comportamentos de uma neotectônica regional relativamente calma. Morhange (2009) ressalta que, na visão dos geomorfólogos, as formações superficiais em conjunto com os processos de erosão, compreendem o elemento essencial da geomorfologia dinâmica.

De acordo com Trescases (1973), a expressão “formações superficiais” aplica-se aos materiais oriundos de rochas sãs, susceptíveis à ação de processos geodinâmicos, sendo que em regiões quentes, o processo essencial é a meteorização, cujo perfil de alteração torna-se um registro das condições climáticas e morfológicas prevalentes em épocas sucessivas de sua elaboração. Para Carvalho e Rotta (1974), as rochas recebem incessantemente a ação dos processos intempéricos, químicos e físicos, que desencadeiam a sua alteração, transformação e remanejamento, dando origem a formações secundárias, que caracterizam as formações superficiais.

Champagnac (2005) considera que as formações superficiais são assimiladas aos solos no sentido pedológico do termo, mas o seu conceito ainda é uma noção relativamente vaga na literatura disponível, possibilitando várias aplicações em virtude do intuito da pesquisa. A autora afirma ainda que representam formações continentais inconsolidadas ou móveis, ou secundariamente consolidadas. Quando é resultado de alterações químicas ou bioquímicas, a composição dos materiais pode ser muito diferente da rocha original, e se corresponde ao produto da desintegração mecânica das rochas pré-existentes, a composição mineralógica e química será a mesma da rocha-mãe.

A importância dos estudos acerca das formações superficiais, principalmente na análise geomorfológica, conforme Bigarella, Mousinho e Silva (1965), se reflete na capacidade desses materiais de apresentar indícios a respeito da gênese, evolução e comportamento do relevo terrestre. Tais estudos concentram-se, sobretudo, no entendimento do Quaternário, período no qual as oscilações climáticas cíclicas foram fatores controladores da evolução da paisagem.

Diante do apresentado, para o presente trabalho, julga-se adequado a utilização do termo “geocoberturas” ou “materiais superficiais”, em função das perspectivas da pesquisa geomorfológica em acordo com os objetivos propostos, uma vez que “formações superficiais” pode se referir à categoria de classificação geológica ou litoestratigráfica, e levar a interpretações inadequadas. Assim, busca-se definir um conceito sobre as geocoberturas, que melhor se adeque à pesquisa aqui realizada, tendo como base os conceitos de Campy e Macaire (1989) e Scott e Pain (2009).

Campy e Macaire (1989) consideraram as **formações superficiais** como uma camada superficial ou subsuperficial, de espessura variável sobre a rocha sã, móvel ou fracamente consolidada, composta tanto por materiais física e quimicamente alterados *in situ* ou resultantes de transporte e deposição. Já Scott e Pain (2009) referem-se ao termo “regolito”, como sendo o manto que recobre o relevo de toda a superfície terrestre, sendo originário *in situ* ou transportado a partir dos materiais intemperizados das rochas. Tais definições sintetizam o significado das geocoberturas, enquanto resultantes da dinâmica geomorfológica.

Assim, entende-se que as **geocoberturas** são todos os materiais que constituem o manto de alteração superficial que recobre o relevo da Terra, originados por processos físicos ou químicos, *in situ* ou por transporte e deposição, incluindo os materiais inconsolidados e móveis, bem como os consolidados, por exemplo, os afloramentos rochosos, já expostos aos processos de intemperismo. Neste sentido, os objetivos deste trabalho contemplam: compreender as interações entre as geocoberturas do Chapadão do Diamante com os aspectos morfométricos e estruturais do relevo a partir da aplicação de rotinas de análise espacial e geostatística descritiva; espacializar e caracterizar as geocoberturas por meio de dados de sensoriamento remoto.

A proposta principal para o levantamento das geocoberturas foi contribuir para a análise geomorfológica, com base no entendimento de que todos os elementos superficiais interferem e respondem de diferentes maneiras em relação à dinâmica e evolução do relevo. Foi realizada a caracterização das geocoberturas para subsidiar o melhor entendimento a respeito da gênese dos materiais, bem como o estudo da relação materiais superficiais-paisagem, tendo como enfoque principal o papel do relevo (topografia) e dos aspectos litoestruturais na distribuição espacial dos diferentes tipos de geocoberturas. Acredita-se que este tipo de abordagem se faz necessária no Chapadão do Diamante, considerando-se suas especificidades geológico-geomorfológicas largamente influenciadas pela existência de um pacote de rochas quartzíticas com intercalações de filitos, que implicam em variações perceptíveis na distribuição das coberturas superficiais, por vezes, com perfis e manto de intemperismo pouco desenvolvidos.

## ÁREA DE ESTUDO

O Chapadão do Diamante (ChD) constitui parte da Serra da Canastra e está localizado no município de São Roque de Minas, cerca de 320 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, e aproximadamente 300 km de Uberlândia, no Triângulo Mineiro. Seguindo o aplicado por Nazar e Rodrigues (2019), a delimitação da área começa pela cota altimétrica de 1080 m, altitude a partir da qual se iniciam as escarpas que circundam o ChD, totalizando 333 km<sup>2</sup> de extensão (FIGURA 1). Os pontos cotados de maior destaque na área são aqueles que variam de 1400 a 1500 m de altitude.

Do ponto de vista geológico-geomorfológico regional, destaca-se que a Serra da Canastra, conforme classificação de Ab'Sáber (2003), faz parte da área de transição do Domínio das Áreas Mamelonares Tropical-atlânticas Florestadas para o Domínio Morfoclimático dos Chapadões Tropicais Interiores com Cerrados e Florestas-galeria. Na concepção de Ross (2006), a região pertence ao compartimento de relevo dos Planaltos e Serras de Goiás-Minas, no contexto da Faixa Brasília e, de acordo com Saadi (1991), está incluída no compartimento de Planaltos Marginais Elevados, considerados em função de sua localização adjacente ao Cráton do São Francisco.

Em classificação mais recente, Souza e Rodrigues (2014), representam a Serra da Canastra e conseqüentemente, o Chapadão do Diamante, como pertencente ao compartimento morfoestrutural da Faixa Canastra, compreendida pela Unidade Morfoescultural de Superfície Cimeira. Este conjunto, associado à Serra da Babilônia, está sob demarcação territorial referente à unidade de conservação de proteção integral do Parque Nacional da Serra da Canastra (PARNA Canastra), criado em 1972 (MMA/IBAMA, 2005).

De outro lado, em escala de maior detalhe, Nazar e Rodrigues (2019) realizaram a compartimentação do relevo do ChD, tendo reconhecido seis classes de padrões de relevo. De acordo com estes autores, a distribuição das unidades geomorfológicas na área resulta da interação de um complexo sistema que integra os aspectos litoestruturais e fatores climáticos, bem como, levantam a hipótese sobre as características dos materiais superficiais, por exemplo, as camadas concrecionárias ferruginosas, que podem suportar e preservar os topos aplainados devido à sua maior resistência aos processos erosivos. Assim, são apresentadas as classes de relevo suavemente dissecado a fortemente dissecado, relevo aplainado, relevo em cristas quartzíticas e escarpas estruturais.

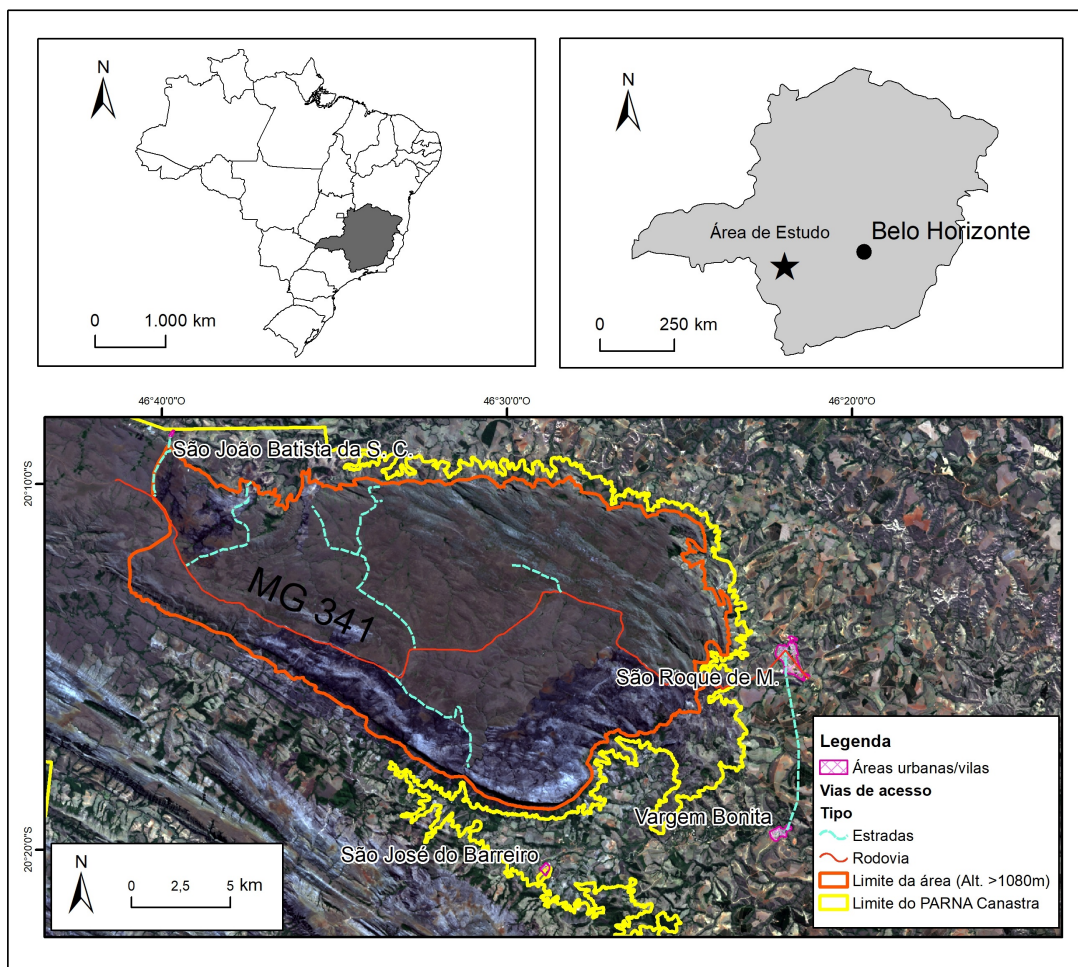


Figura 1 - Localização da área de estudo.

## PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Para a espacialização das diferentes unidades de geocoberturas, visando analisar a inter-relação com os padrões de relevo e aspectos litoestruturais, que possivelmente influenciam na distribuição e desenvolvimento das mesmas, buscou-se a aplicação de técnicas de mapeamento com base na análise cartográfica associada aos levantamentos de campo, fotointerpretação de imagens, dados aerogamaespectrométricos e coleta de pontos de controle, além da utilização de mapas pré-existentes. Assim, foram utilizados os seguintes materiais:

- a) Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático Brasileiro, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1970) – Escala 1:50.000.
- b) Modelo Digital do Terreno hidrologicamente consistente (MDT-HC) – Elaborado pelo autor com base nas Folhas Topográficas IBGE (1970) - Escala 1:50.000.
- c) Arquivos vetoriais e raster:
  - i. Arquivo vetorial da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - Folha SF-23 (Serviço Geológico do Brasil -CPRM, 2003).
  - ii. Arquivo vetorial da Geologia de Minas Gerais (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG, 2014).
  - iii. Arquivo vetorial da Geologia da Folha Vargem Bonita (CODEMIG, 2015) – Escala 1:100.000.



- iv. Arquivo vetorial dos Padrões de Relevô (NAZAR; RODRIGUES, 2019) – Escala 1:50.000.
  - v. Imagens do Google Maps/Earth.
  - vi. Imagens de dados do levantamento aerogamaespectrométrico de Minas Gerais (CODEMIG, 2005-2006)
  - vii. Imagens de VANT – Veículo Aéreo Não-Tripulado (Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos, UFU, 2017).
- d) Aplicativos ArcGIS 10.2 e QGIS.

Muitos autores indicam os mapeamentos digitais semi-automatizados para estudo dos solos ou materiais superficiais, como Scull et al. (2003); Bishop; Minasny (2006); Dobos; Hengl (2009); Hengl; Macmillan (2009), e outros. Para este trabalho, optou-se pelo mapeamento manual das classes de geocoberturas do Chapadão do Diamante por dois motivos principais: a ausência de imagens de satélites de alta resolução com as bandas do espectro eletromagnético disponíveis gratuitamente, que permitiriam classificações supervisionadas e não-supervisionadas; e a opção exclusivamente de visualização das imagens do Google Maps/Earth em plataformas próprias gratuitas, o que também impossibilita uma classificação semi-automatizada ou totalmente automatizada.

Desta forma, o método escolhido para o mapeamento das geocoberturas foi a interpretação visual das classes, a partir das imagens de alta resolução do Google Maps/Earth, com digitalização manual por meio do aplicativo QGIS, respaldado nos métodos de interpretação visual e digitalização manual utilizados por Vink (1968); Hengl e Rossiter (2003); Diniz, Oliveira e Augustin (2004; 2005); Simões et al. (2016); e Jacobson et al. (2015). Aliado a isto, utilizou-se as imagens de dados aerogamaespectrométricos, cujos testes, embasamento teórico e comparações em campo mostraram sua grande capacidade na identificação qualitativa de materiais superficiais, especialmente relacionados às geocoberturas detrítico-ferruginosas. Como complemento à interpretação, utilizou-se também os dados topográficos disponíveis, de acordo com o apresentado na Figura 2.

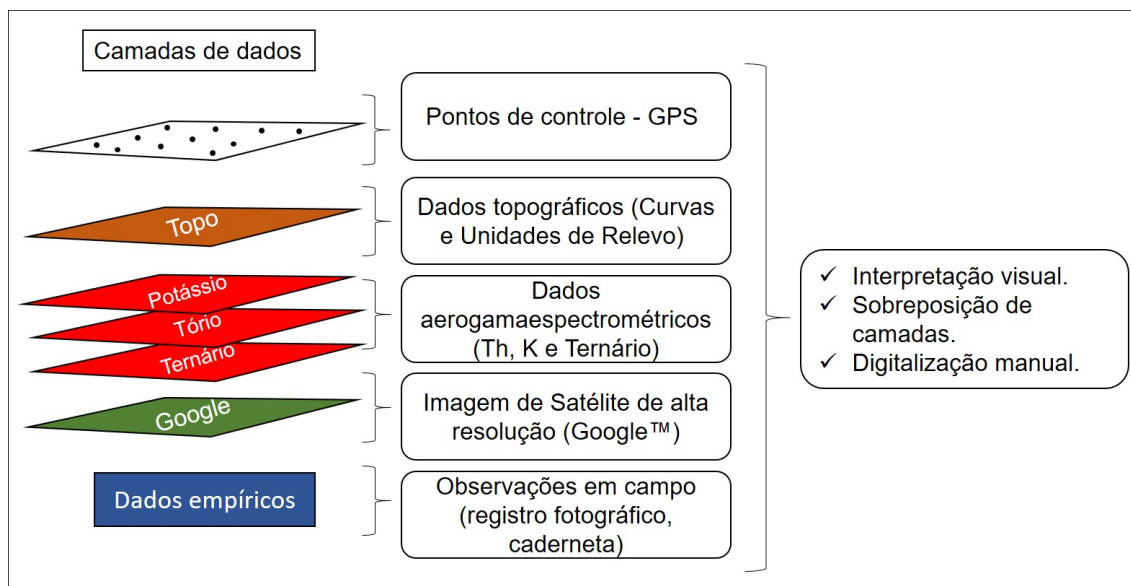


Figura 2 - Camadas de dados utilizadas para a espacialização e digitalização manual das geocoberturas.

Pondera-se que esta seja uma solução alternativa para a espacialização das geocoberturas, cujo resultado deve passar pela verificação de campo (trabalho de campo pós-mapeamento) e também, pela análise espacial para subsidiar a correlação com os parâmetros da superfície terrestre (PSTs), como altitude, declividade e curvatura, fornecidos pelo MDT; além da correlação com os padrões de relevô existentes.

Portanto, os parâmetros utilizados para a classificação e reconhecimento das classes de geocoberturas, foram aplicados tendo em vista não apenas aqueles originados pela atividade pedogenética, mas qualquer tipo de material sobreposto à superfície, alterados por processos físicos ou

químicos *in situ*, ou resultantes de transporte e deposição. A nomenclatura aplicada às classes de geocoberturas buscou contemplar aspectos observáveis da granulometria (avaliada em campo), bem como após a sobreposição das unidades previamente classificadas às informações de curvaturas, foi possível inferir a gênese predominante.

Criou-se uma chave de interpretação para as Imagens Google Maps/Earth, com base em aspectos da rugosidade, sombreamento, coloração e textura. Tais parâmetros permitem as diferenciações dos padrões de forma e padrões de geocoberturas semelhantes, sendo que as combinações destes padrões refletem a unicidade de cada forma de relevo ou de geocobertura. As observações em campo se pautaram na coleta de pontos de controle com GPS, fotografias e descrição da posição topográfica, características visíveis dos materiais e conjuntura paisagística.

Por sua vez, os parâmetros de análise qualitativa dos dados aerogamaespectrométricos abarcaram a avaliação dos dados referentes aos radioelementos Tório (Th) e Potássio (K), bem como ao mapa Ternário, conforme descrito abaixo. As taxas de Urânio (U) não foram analisadas individualmente como as de K e Th, pois considerou-se o mesmo pouco representativo, já tendo sido indicado por Herrmann et al (2010) como tendo seu comportamento ainda pouco compreendido na literatura.

Neste sentido, os parâmetros qualitativos utilizados foram:

- A concentração de K diminui com o aumento da meteorização. Isto se dá devido ao K ser altamente solúvel na maioria dos ambientes de intemperismo, sendo rapidamente lixiviado do perfil (WILFORD, 2014; WILFORD; MINTY, 2007).

- Quantidades elevadas de Th indicam presença de concreções lateríticas (SIMÕES et al., 2015). Segundo Herrera (2016), as áreas lateríticas tendem a ter baixas concentrações de K e altas de Th e U, sendo as taxas deste último, comumente, menores que a do Th.

- U e Th estão associados a minerais resistentes e quando são liberados durante o intemperismo, são facilmente absorvidos em minerais de argila, óxidos (Fe e Al) e matéria orgânica (WILFORD, 2014; WILFORD; MINTY, 2007).

- Baixas quantidades dos elementos radioativos indicam predominância de quartzitos, já que estes têm caracteristicamente baixos teores de tais elementos em sua composição (SIMÕES et al., 2015).

- Baixos teores de K também indicam presença do mineral quartzo (SIMÕES et al., 2015).

- Coberturas coluvionares apresentam valores baixos a médios acerca do percentual de K (SIMÕES et al., 2015).

Após tais etapas realizadas, secundariamente, buscou-se a análise das geocoberturas em função de sua relação com a litoestrutura, unidades de relevo e parâmetros da superfície terrestre (PSTs). Os aspectos estruturais, entendidos aqui como resultantes de uma neotectônica Quaternária, conforme indica Saadi (1991), imprimiram na paisagem do Chapadão do Diamante lineamentos que fornecem indícios de controle estrutural. Estes foram analisados a partir da elaboração de um mapa de lineamentos para sobreposição às classes de geocoberturas previamente identificadas. Levou-se em consideração, além disso, o fato de a área se assentar sobre um material parental relativamente uniforme, formado por quartzitos puros a micáceos e intercalações de filitos.

O mapa de lineamentos baseou-se nos métodos propostos por Corrêa e Fonsêca (2010), Oliveira et al. (2009) e Hiruma e Roccomini (1999). De tal modo, os procedimentos consideraram:

- Lineamentos como as tipologias lineares da topografia, observáveis nas imagens aéreas ou de satélite, podendo representar alterações e rupturas estruturais (CORRÊA; FONSCA, 2010). Sua análise deve ser realizada com base na extração de informações a partir de um MDE / MDT, tendo sido, portanto, necessário confeccionar vários produtos derivados realizados a partir do aplicativo ArcMAP (ArcGIS).

- Imagens de sombreamento de relevo geradas com iluminações de azimutes em oito direções (N, S, E, W, NE, SE, NW, SW), a partir das quais selecionou-se as imagens que forneceram os melhores resultados. Para o ChD os melhores azimutes, que valorizaram os lineamentos, foram o N, NW, NE e SW. O valor padrão utilizado para a altitude do Sol em relação ao horizonte foi medido em graus e equivalente a 45°.

- Extração de lineamentos conforme cristas alinhadas, fundos de vale e tonalidades de acordo com interpretação visual dos mapas de sombreamento, com vetorização manual, sendo que, para a análise

dos lineamentos incluíram-se apenas aqueles maiores que 1000 m, devido à escala de mapeamento. A rede de drenagem vetorial foi sobreposta às imagens, para auxiliar no delineamento.

- Extração de azimutes dos lineamentos indicam as direções preferenciais; classificação e análise estatística. Foram criados, a partir do aplicativo Rockworks 17, os diagramas de rosetas, que indicam as direções preferenciais dos lineamentos.

A análise espacial com aplicação de geoestatística permitiu a associação e complementação do método manual com parâmetros topográficos extraídos automaticamente (PSTs), indicando a inter-relação relevo-geocoberturas, cuja dependência entre estes fatores é demonstrada por Scull et al. (2003); McBratney; Mendonça Santos e Minasny (2003); Bishop e Minasny (2006); Dobos e Hengl (2009), Hengl e Macmillan (2009), Florinsky (2012).

Neste sentido, a análise espacial, de acordo com Câmara et al. (2004), enfatiza a mensuração de propriedades e relacionamentos acerca da localização espacial do fenômeno estudado, o qual pode ser chamado de fenômeno geográfico. Assim, o entendimento da relação espacial entre os dados é capaz de fornecer maior compreensão dos processos e fenômenos que ocorrem na superfície terrestre. Portanto, a etapa de análise espacial e aplicação de geoestatística descritiva consistiu na análise dos dados de geocoberturas em relação às unidades de padrões de relevo e aspectos topográficos, a partir do MDT e seus derivados como a declividade e a curvatura. Estes relacionamentos foram selecionados tendo em vista a aplicação de testes, através das ferramentas “Estatística Zonal como Tabela” e “Histograma Zonal”, do conjunto de Análise Espacial do ArcMAP, com intuito de calcular a média e o desvio padrão (erro padrão) para cada classe de geocoberturas, buscando indicar as relações espaciais entre as geocoberturas e as unidades de relevo.

## RESULTADOS

Os aspectos mineralógicos indicados pelas imagens aerogamaespectrométricas evidenciaram, sobretudo, a diferenciação das áreas com presença de geocoberturas ferruginosas, e por vezes, materiais concrecionários, geralmente associadas aos topos planos, bem como as áreas com predominância de afloramentos quartzíticos. Tais observações foram possíveis tendo como base o apresentado por Wilford (2014) e Wilford e Minty (2007), que afirmam que os radioelementos presentes nos materiais superficiais e rochas, representados pelo K, Th e U, respondem de maneiras distintas em relação às taxas de intemperismo e pedogênese.

As imagens analisadas englobam a distribuição do K e Th, este último, em especial, por sua tendência a acumular-se em áreas intensamente intemperizadas, ocorrendo associado aos óxidos de Fe e argilas, enquanto o K tende a ser removido, caracterizando-se com baixas concentrações em áreas de elevada ação intempérica. Além disso, o fato do K e Th estarem ausentes dos materiais quartzíticos contribuiu para a distinção dos materiais sobrepostos a tais áreas no Chapadão do Diamante.

Neste sentido, conforme se observa na Figura 3-A, os tons de azul e violeta indicam as maiores concentrações de Th, enquanto os tons que variam do amarelo ao vermelho remetem às áreas com menores taxas deste elemento. Ao sobrepor tal camada de dados às informações topográficas ou ao mapa de unidades de relevo, é bastante notória a relação entre os topos planos e colinas suaves à maior concentração do Th, que ocorre na parte central do ChD. O padrão de relevo em cristas quartzíticas, referente ao quartzito puro existente na área e que persiste aos processos de intemperismo por sua maior resistência; por conseguinte, remetem aos tons avermelhados, indicando a diminuição do radioelemento. Em algumas áreas na porção NW do mapa, entremeio às cristas quartzíticas bem demarcadas, ocorrem porções aplainadas, reconhecidas no mapa de relevo, e que apresentam concentrações maiores de Th, indicando a presença de um material com um grau mais elevado de intemperismo.

Do mesmo modo, a Figura 3-B, referente à distribuição do K na área, indica as posições das classes de relevo associadas aos afloramentos quartzíticos com as menores taxas deste radioelemento. Por outro lado, as maiores proporções de K, embora menores que as taxas de Th, ocorrem na parte central do Chapadão do Diamante, em posições topográficas inferiores aos topos ocupados pelo Th. Assim, o K aparece principalmente nas áreas de meias vertentes e fundos de vale, indicando o seu movimento conforme os fluxos do topo ao talvegue, tendo em vista a sua maior facilidade em ser lixiviado.

Por sua vez, o mapa Ternário na Figura 3-C, que integra as proporções de Th, K e U, na representação CMY, apresenta os tons azul-arroxeados indicando maior presença de K, os esverdeados de Th e os avermelhados de U, sendo que tons bastante escuros remetem a baixos teores de todos os elementos. Assim, foi possível complementar a análise qualitativa da distribuição de tais radioelementos em relação aos materiais superficiais no Chapadão do Diamante. Portanto, nas áreas onde predominam os topos planos, evidencia-se a presença de Th, e nas áreas com presença marcante de quartzo e afloramentos quartzíticos, os tons escuros indicam a diminuição dos três elementos radioativos. Em geral, o Th ocorre associado ao U, por isto, os tons aparecem verde-amarelados na imagem ternária.

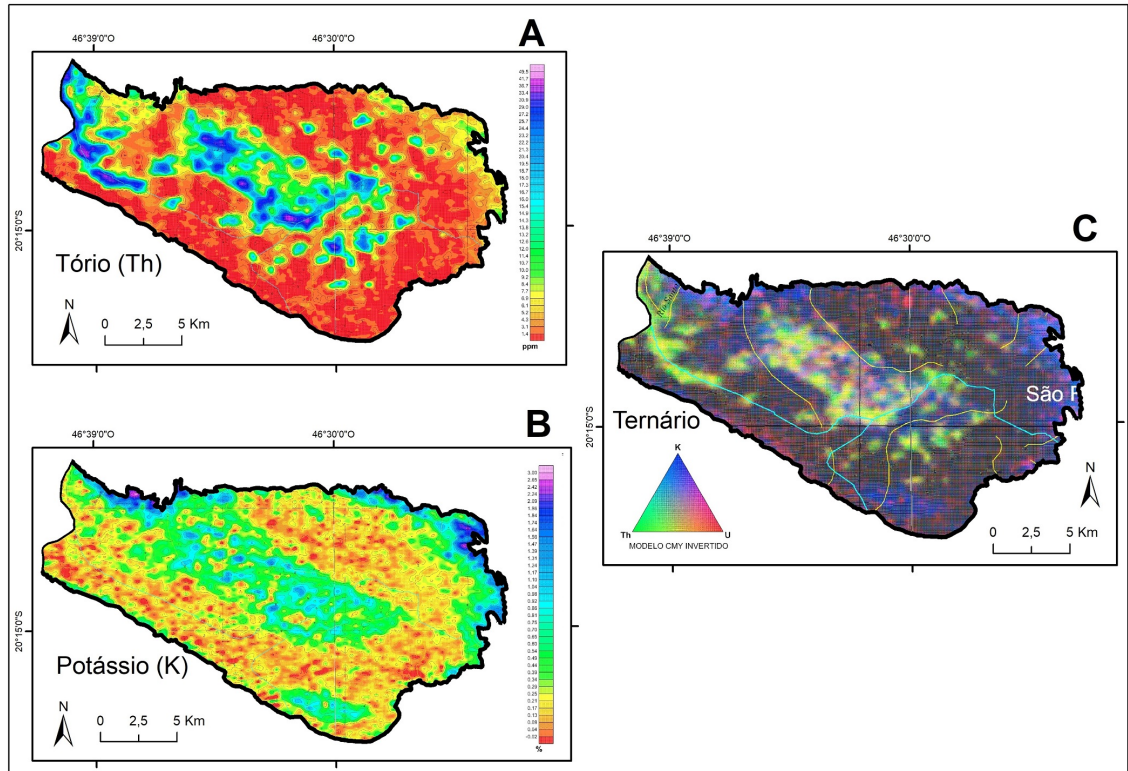


Figura 3 - Mapas de concentrações de radioelementos no Chapadão do Diamante. A) Tório; B) Potássio; C) Ternário.

As evidências observadas a partir da análise dos três mapas aerogamaespectrométricos, podem ser visualizadas na Figura 4, correspondente a uma área amostral selecionada que permeia as áreas de topos planos, fundos de vale e cristas quartzíticas.



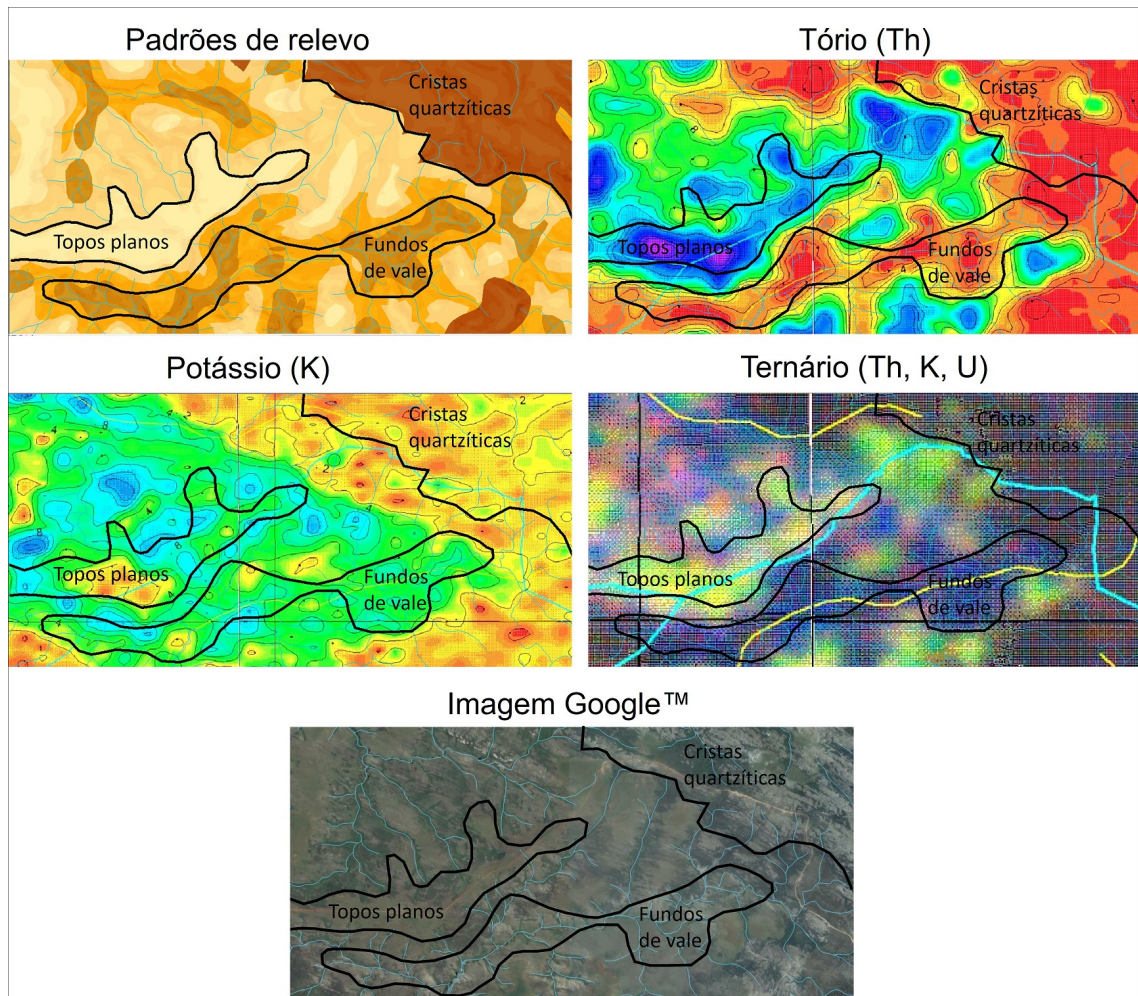


Figura 4 :Representação da sobreposição dos mapas de Padrões de relevo, Th, K e Ternário.

Sob a perspectiva estrutural, a análise dos lineamentos identificados por meio dos modelos de relevo sombreados do MDT-HC, em consonância ao mapa de geocoberturas, possibilitou a observação de três grandes eixos estruturais no Chapadão do Diamante. O primeiro eixo (setor N-NE) condiz com a ocorrência de cristas alongadas quartzíticas, sobrepostas por materiais cascalho-arenosos e afloramentos rochosos abundantes (ora com caos de blocos), bem como de nítido controle estrutural da rede de drenagem, cujos cursos d'água se encaixam em vales retilíneos de sentido NW-SE. O segundo eixo, que contempla a parte central do ChD, também recorrente no sentido NW-SE, caracteriza-se pela distribuição dos materiais de topos planos a relevo suavemente dissecado, como as geocoberturas areno-argilo-ferruginosas e cascalho-arenosas, com presença marcante de óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Por fim, o terceiro eixo, correspondente ao setor S-SW, sendo marcado por cristas quartzíticas alongadas e presença de materiais cascalho-arenosos com ou sem caos de blocos.

Tais evidências podem fornecer indicações de mudanças no tipo litológico existente na área central do ChD, cujas características levam à maior incidência dos processos intempéricos para a evolução pedogenética dos materiais jacentes na superfície. Esta situação pode ser atribuída também às proporções dos radioelementos ali presentes, uma vez que as taxas de Th e K são elevadas no eixo central em comparação com os outros dois eixos estruturais. Geralmente, de acordo com Ribeiro, Mantovani e Louro (2013), o K está associado a rochas metamórficas micáceas, feldspáticas e quartzo-feldspáticas, como filitos, xistos e gnaisses, entre outras rochas ígneas e sedimentares; sendo os filitos e os quartzitos micáceos os representantes na área de estudo. E o Th, por sua vez, permanece no ambiente devido à sua menor mobilidade geoquímica, e quando em estado livre, em função da quebra mineral pelo intemperismo, ele é facilmente retido nos óxidos e hidróxidos de Fe e nas argilas coloidais.

A Figura 5 ilustra a relação dos lineamentos e direcionamentos das feições no sentido NW-SE,

conforme o diagrama de rosetas apresentado. Os eixos estruturados citados acima também são representados, os quais foram identificados a partir da junção de vários lineamentos em mesma sequência direcional e do ordenamento da rede de drenagem sob esta mesma linearidade. É notória a pouca diferenciação altimétrica de um eixo ao outro, conforme se observa no perfil topográfico SW-NE na figura, ou seja, as linearidades parecem representar fraturas, ou deformações por ruptura, que podem estar separando o bloco ou as camadas rochosas, ao longo das quais não ocorreu deslocamento.

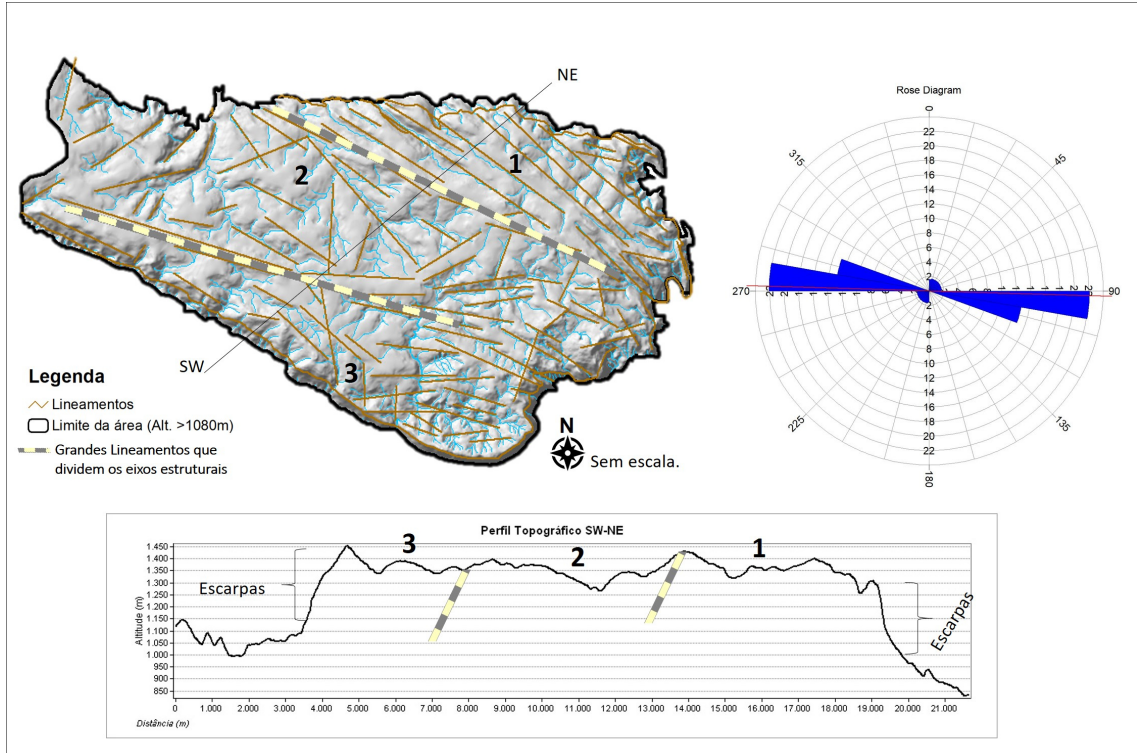


Figura 5 - Caracterização dos Lineamentos do Chapadão do Diamante.

O mapa de geocoberturas foi confeccionado a partir da identificação de 11 (onze) classes de materiais superficiais, por meio da aplicação dos métodos e técnicas descritos. A variabilidade destes materiais foi caracterizada pelas definições relativas do tipo granulométrico, processo de intemperismo e mineralogia predominantes, dependendo da possibilidade. Houve classes que foram classificadas como indiferenciadas, devido à ausência de parâmetros para definir seus aspectos predominantes. Contudo, a espacialização das geocoberturas reflete a resposta do substrato aos padrões de relevo e tipo climático da região em que se insere.

O Quadro 1 sintetiza as classes de geocoberturas e as suas áreas correspondentes, dentro do limite das altitudes maiores que 1080 m. Observa-se que mais da metade das coberturas do ChD são compostas por materiais arenosos, cascalhentos e com afloramentos rochosos, indicando o papel de destaque do tipo litológico ali presente, o quartzito, além disso, cerca de 20% da área foi reconhecida com a presença de materiais ferruginosos, com ocorrências até significativas de concreções lateríticas.

<b>Classes</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Padrões de relevo associados, de acordo com a classificação de Nazar e Rodrigues (2019)</b>	<b>Aspectos gamaespectrométricos associados</b>
<i>Materiais cascalho-arenosos com caos de blocos</i>	23,07	Predominam nas áreas com relevo dissecado em colinas onduladas e também no conjunto de cristas quartzíticas.	Baixas concentrações ou nenhuma dos três radioelementos Th, K e U.
<i>Materiais cascalho-arenosos indiferenciados</i>	20,09	Ocupam boa parte da área, cobrindo relevos dissecados que formam colinas onduladas a fortemente onduladas.	Baixas concentrações de Th e variações de baixas a médias concentrações de K.
<i>Afloramentos rochosos</i>	16,24	Ocorrem, sobremaneira, no padrão de Cristas alongadas quartzíticas.	Baixas concentrações ou nenhuma dos três radioelementos Th, K e U.
<i>Materiais orgânicos(turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas</i>	8,97	Predominam nos relevos fortemente dissecados, associados aos fundos de vale.	Médias a baixas concentrações de Th e altas, médias e baixas de K, em todo o Chapadão.
<i>Materiais de bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas</i>	8,87	Cobrem, principalmente, as áreas de relevo dissecado suave ondulado, adjacentes aos topos planos do setor central. Podem ocorrer também nos próprios topos planos e nos setores de fundos de vale, antecedendo às turfeiras.	Médias concentrações de Th e altas de K.
<i>Materiais colúviais indiferenciados</i>	5,90	Ocorrem no sopé das escarpas.	Baixas concentrações de Th e médias a baixas de K.
<i>Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas</i>	5,52	Ocupam os topos planos, especialmente aqueles dos setores central e oeste da área.	Muito altas a altas concentrações de Th e baixas de K.
<i>Materiais cascalho-arenosos com concreções ferruginosas</i>	3,75	Estão presentes nos topos planos mais a leste, adjacentes às cristas alongadas deste setor.	Média a alta concentração de Th, e média de K.
<i>Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica</i>	3,40	Ocorrem em topos planos e relevo dissecado em forma de colinas suaves, na porção sul-sudoeste da área.	Baixas concentrações de Th e K.
<i>Materiais areno-argilosos indiferenciados</i>	3,28	Prevalecem nas áreas de relevo dissecado em colinas suave a onduladas, sobretudo, nas meias vertentes dos setores central e oeste.	Altas a médias concentrações de K e medianas de Th.
<i>Materiais de bioturbação (campos de murunduns) indiferenciados</i>	0,91	Ocorrem em áreas, geralmente não associadas às adjacências de topos planos ferruginosos, porém, ocupam áreas que antecedem às turfeiras nas baixas vertentes.	Médias a baixas concentrações de Th e médias de K.

Quadro 1 - Classes de materiais superficiais ou geocoberturas e aspectos predominantes na área

Por conseguinte, apresenta-se a Figura 6 referente ao Mapa de Geocoberturas do Chapadão, a partir do qual é possível observar a espacialização das diferentes classes, bem como as tendências observadas. Além disso, mais adiante serão colocadas as análises geoestatísticas descritivas, que darão suporte para o melhor entendimento das relações espaciais entre as unidades de geocoberturas e os aspectos topográficos da área.



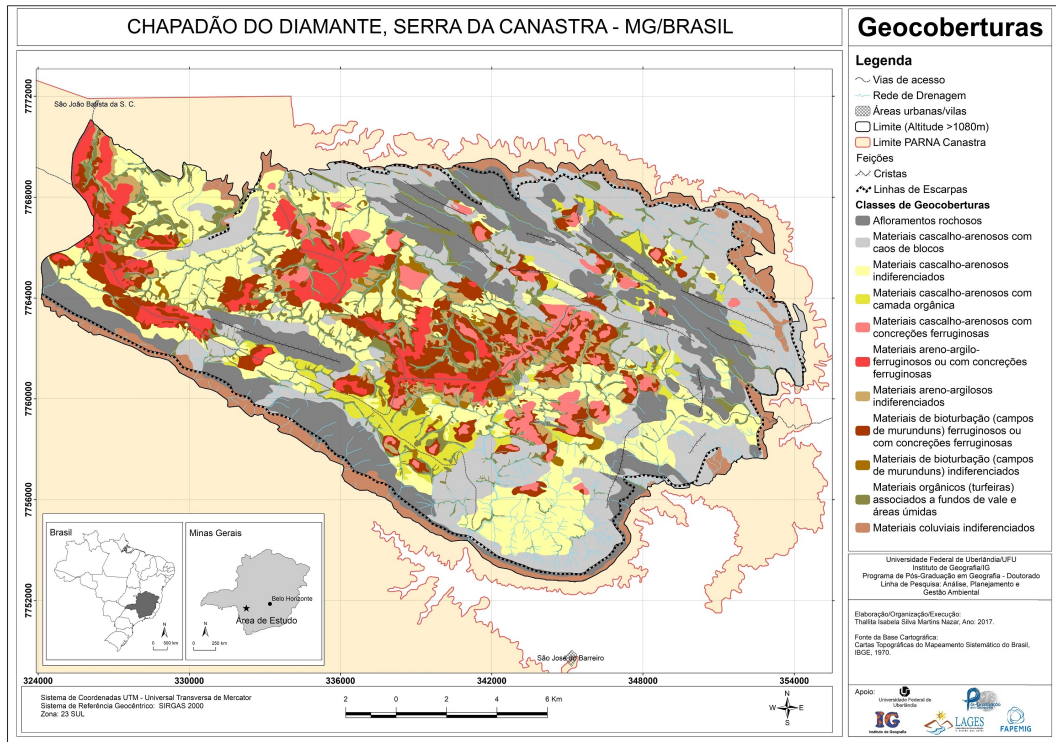


Figura 6 – Mapa de Geocoberturas do Chapadão do Diamante.

Partindo para a análise de estatística zonal, os dados do meio físico do Chapadão do Diamante apresentam tendências que indicam uma inter-relação importante entre eles. Especificamente, no que se refere à distribuição das geocoberturas sobre as unidades de relevo, foi possível ilustrar os padrões predominantes na área, sendo que a base utilizada para esta análise está no mapeamento geomorfológico realizado por Nazar e Rodrigues (2019), que pode ser observado na Figura 7.

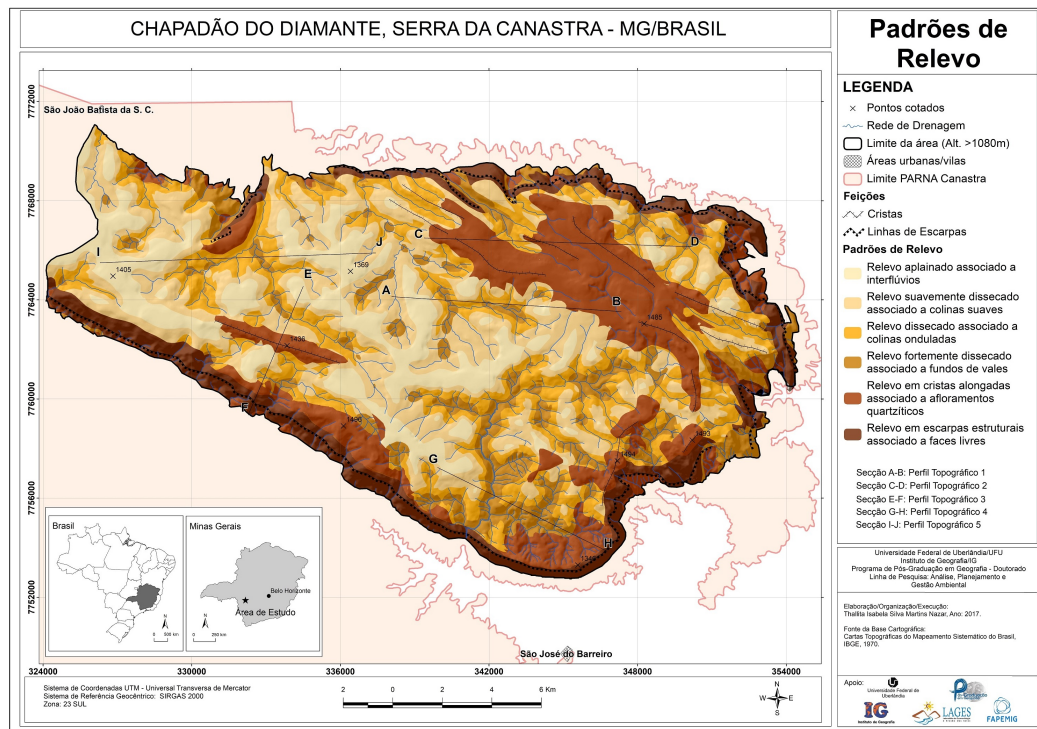


Figura 7 - Mapa de Unidades de Relevo do Chapadão do Diamante.



Fonte: NAZAR; RODRIGUES, 2019.

No que se refere à unidade de **Relevo aplainado associado a interflúvios**, nota-se que mais de 70% das geocoberturas areno-argilo-ferruginosas com concreções ferruginosas ocupam tais áreas, enquanto que, aproximadamente, 40% dos campos de murunduns ou materiais de bioturbação ferruginosa se encontram nesses locais. Em terceiro lugar, estão os materiais cascalho arenosos com concreções ferruginosas, com cerca de 30% de seu total distribuídos em topos planos.

Para a classe de **Relevo suavemente dissecado**, as geocoberturas com as maiores áreas distribuídas são os campos de murunduns indiferenciados (>50%); os materiais cascalho-arenosos com concreções ferruginosas (~45%); os materiais areno-argilosos indiferenciados (~45%), os campos de murunduns ferruginosos (40%), e por último, os materiais cascalho-arenosos com camada orgânica (~35%). Na unidade de **Relevo dissecado em colinas onduladas**, os materiais se distribuem de forma mais uniforme, com destaque para as geocoberturas orgânicas, os materiais areno-argilosos indiferenciados e os materiais cascalho-arenosos indiferenciados, ambos com aproximadamente 30% de suas áreas destinadas a este tipo de relevo. Já em relação ao padrão em **Relevo fortemente dissecado**, destacam-se os materiais orgânicos e os cascalho-arenosos indiferenciados, que fornecem cerca de 20% de suas áreas.

As geocoberturas de afloramentos rochosos e materiais cascalho-arenosos com caos de blocos têm a maior parte de suas áreas, cerca de 40% e 30%, respectivamente, destinadas ao padrão de **Relevo em cristas alongadas quartzíticas**. Os materiais coluviais indiferenciados, por sua vez, ocorrem em sua maioria (>60%), associados ao **Relevo em escarpas estruturais**. Este último também recebe cerca de 20% do total dos afloramentos quartzíticos. Estas duas últimas classes de relevo tendem a uma menor variação dos tipos de geocoberturas existentes no ChD, tendo em vista a sua estruturação em rochas quartzíticas, bastante resistentes aos processos de intemperismo.

As tabelas de estatísticas zonais geradas para comparar as diferenças entre as classes de geocoberturas pautaram-se na avaliação dos PSTs, tais como a altitude (MDT-HC), declividade e curvatura vertical (FIGURA 8). A variação da altimetria pode ser verificada na Tabela 1, sendo as altitudes variam de forma suave entre as classes e os desvios padrão também são pequenos em relação à média, reiterando a ideia da baixa variação altimétrica no ChD. Destaca-se, entretanto, a maior variação devido aos materiais coluviais aparecerem no sopé das escarpas, com grande desnível altimétrico.

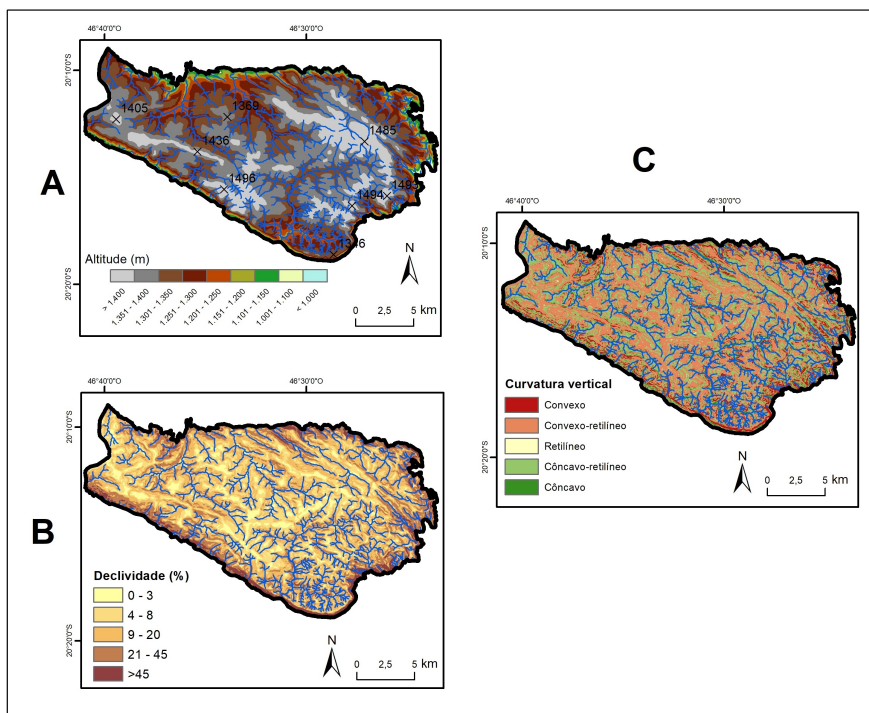


Figura 8 – Parâmetros da superfície terrestre (PSTs) utilizados. A) Altitude; B) Declividade; C) Curvatura Vertical

Classes	MIN	MAX	Range	Média (Altitude)	Desvio Padrão
1. Materiais cascalho-arenosos com concreções ferruginosas	1189,83	1465,68	275,85	1371,90	42,34
2. Materiais de bioturbação (campos de murunduns) indiferenciados	1209,55	1425,50	215,95	1336,64	43,83
3. Materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas	1024,98	1453,80	428,82	1311,06	66,82
4. Materiais areno-argilosos indiferenciados	1199,67	1443,89	244,22	1342,95	37,02
5. Afloramentos rochosos	1060,41	1495,15	434,74	1346,83	70,19
6. Materiais cascalho-arenosos indiferenciados	1056,53	1469,23	412,69	1310,15	61,21
7. Materiais de bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas	1230,05	1460,02	229,97	1369,28	32,75
8. Materiais cascalho-arenosos com caos de blocos	904,85	1493,84	589,00	1303,06	89,53
9. Materiais coluviais indiferenciados	1045,49	1435,57	390,08	1136,11	57,89
10. Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas	1231,62	1429,88	198,25	1365,19	36,44
11. Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica	1251,29	1453,74	202,45	1369,57	38,04

Tabela 1: Estatística Zonal aplicada para os valores de altitude em cada classe de geocoberturas.

No que se refere à distribuição da declividade, a variação entre as classes é maior, inclusive os desvios padrão em cada uma delas (TABELA 2). Entretanto, é possível observar que as maiores médias de gradientes estão relacionadas às geocoberturas de afloramentos rochosos e cascalho-arenosas com caos de blocos, situados nas áreas mais elevadas e representativas de quartzito puro. Enquanto que os menores graus de declives estão associados às geocoberturas ferruginosas e lateríticas.

Classes	MIN	MAX	Range	Média	Desvio Padrão
1. Materiais cascalho-arenosos com concreções ferruginosas	0,03	23,75	23,72	4,08	3,02
2. Materiais de bioturbação (campos de murunduns) indiferenciados	0,02	20,82	20,79	5,33	3,57
3. Materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas	0,01	53,16	53,15	6,77	5,17
4. Materiais areno-argilosos indiferenciados	0,02	24,33	24,31	6,91	3,94
5. Afloramentos rochosos	0,03	58,32	58,28	12,60	8,81
6. Materiais cascalho-arenosos indiferenciados	0,01	41,78	41,77	8,28	5,28
7. Materiais de bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas	0,00	24,31	24,30	4,72	3,15
8. Materiais cascalho-arenosos com caos de blocos	0,00	51,79	51,79	10,42	7,39
9. Materiais coluviais indiferenciados	0,53	56,73	56,20	22,19	8,96
10. Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas	0,02	21,44	21,42	3,37	2,54
11. Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica	0,04	28,78	28,74	5,70	3,85

Tabela 2: Estatística Zonal aplicada para os valores de declividade em cada classe de geocoberturas

A respeito da variação dos índices de curvatura vertical em relação à cada classe de geocoberturas, a Tabela 3 demonstra que as médias apresentam variação significativa, permitindo caracterizar cada tipo de geocoberturas, bem como associar grupos de predominância, por exemplo, os

materiais ferruginosos e com concreções, os materiais cascalho-arenosos indiferenciados ou com caos de blocos e os afloramentos rochosos prevalecem em vertentes convexas e/ou convexo-retilíneas. Já os materiais orgânicos e os coluviais ocorrem nas áreas de vertentes côncavas e/ou côncavo-retilíneas.

Classes	MIN	MAX	Range	Média	Desvio Padrão
(1) Materiais cascalho-arenosos com concreções ferruginosas	-0,87	1,30	2,16	-0,02	0,09
(2) Materiais de bioturbação (campos de murunduns) indiferenciados	-0,87	1,97	2,84	0,00	0,15
(3) Materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas	-1,49	6,09	7,57	0,08	0,26
(4) Materiais areno-argilosos indiferenciados	-0,89	2,16	3,06	0,00	0,16
(5) Afloramentos rochosos	-2,01	5,92	7,93	-0,04	0,26
(6) Materiais cascalho-arenosos indiferenciados	-1,31	5,15	6,46	0,00	0,22
(7) Materiais de bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas	-0,96	2,16	3,12	-0,02	0,10
(8) Materiais cascalho-arenosos com caos de blocos	-2,97	7,59	10,56	-0,02	0,25
(9) Materiais coluviais indiferenciados	-2,26	5,85	8,11	0,04	0,35
(10) Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas	-0,81	1,00	1,81	-0,02	0,07
(11) Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica	-0,88	3,69	4,57	0,00	0,17

Tabela 3: Estatística Zonal aplicada para os valores de curvatura vertical em cada classe de

É praticamente inviável dissociar a análise das geocoberturas dos elementos topográficos, padrões de relevo e aspectos litoestruturais do Chapadão do Diamante. Isto vai ao encontro da premissa inicial da pesquisa, vinculada à concepção de que tais elementos são interdependentes, e as análises e procedimentos realizados possibilitaram resultados que convergem para este ponto de vista. Primeiramente, cabe destacar que as formações rochosas do Chapadão do Diamante são classificadas como um conjunto de quartzitos puros a micáceos com intercalações de filito, sendo tal conjunto abordado na literatura sem diferenciação espacial de cada tipo de rocha específico.

Diante disso, houve a impossibilidade de associar espacialmente cada tipo de formação superficial aos tipos rochosos existentes, entretanto, pela distribuição dos materiais, aspectos estruturais, e partindo do entendimento da resistência dos diferentes tipos de rochas, entende-se que o substrato rochoso condiciona os distintos padrões de formas de relevo e conseqüentemente, os tipos de materiais sobrejacentes.

Assim, as áreas de cristas quartzíticas e afloramentos abundantes, expressam a ocorrência do quartzito puro; enquanto os relevos dissecados, com colinas que variam de suaves, onduladas a fortemente onduladas, englobam os quartzitos micáceos e os filitos. Portanto, considera-se a superfície do Chapadão do Diamante como dotada de uma alta complexidade morfológica e estrutural, o que demanda uma interpretação cuidadosa e integrada dos seus elementos constituintes. Os resultados apresentados possibilitaram uma visão mais ampla sobre a área e demonstram uma nova abordagem a ser trabalhada. A caracterização dos aspectos superficiais com as formas de relevo associados ao substrato rochoso contribui e pode embasar novas pesquisas, uma vez que este panorama do ChD ainda não havia sido explorado.

## CONCLUSÕES

Os resultados alcançados permitiram a análise espacial da distribuição dos tipos de geocoberturas associadas aos parâmetros da superfície terrestre e, especialmente, às unidades de relevo. Foi possível constatar, a respeito dos diferentes aspectos do meio físico do Chapadão do Diamante, que existe uma profunda inter-relação entre eles.

Portanto, de um lado, as geocoberturas cascalho-arenosas, com ou sem ocorrências de caos de

blocos e, geralmente, de espessuras incipientes, bem como os afloramentos rochosos, estão diretamente associados aos eixos estruturais caracterizados por cristas alongadas sustentadas, predominantemente, por quartzitos puros. Por outro lado, encontram-se as geocoberturas cascalho-areno-ferruginosas e outras ricas em ferro ou concrecionárias, que representam os relevos mais suavizados em áreas susceptíveis a processos intempéricos mais avançados, situados, sobretudo, em um eixo estrutural central, indicando uma diferenciação do tipo litológico existente.

Outra questão bastante interessante parece ser a ocorrência dos campos de murunduns e termiteiros ativos, que se distribuem nas áreas de maior permanência de umidade nas camadas de geocoberturas. Suas ocorrências, em geral, configuram as adjacências dos topos aplainados, que ao serem sustentados por concreções ferruginosas, as quais também estão presentes ao longo das vertentes, podem formar um acamamento pouco permeável, mantendo a água subsuperficial por mais tempo.

Em suma, depreende-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados, trazendo à tona aspectos importantes do Chapadão do Diamante e abrindo caminhos para futuras pesquisas. Assim, aspira-se que o fruto deste trabalho inspire investigações futuras sobre os diferentes aspectos geomorfológicos, geoquímicos e de evolução dos materiais superficiais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pela bolsa de Doutorado da primeira autora fomentada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (PAPG – GEOGRAFIA, 2014-2018), bem como, pelo projeto CRA APQ-00231-16 (FAPEMIG), que apoia a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A.N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AMORIM, M.A.F.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; MESSIAS, R.M. Dinâmica De Vertente: Evidências A Partir Da Caracterização Das Coberturas Superficiais - Gouveia - Serra Do Espinhaço Meridional – MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.65-71, 2014.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16 e 17, p. 85-116, 1965.
- BISHOP, T.F.A. MINASNY, B. Digital soil-terrain modeling: the predictive potential and uncertainty. In: GRUNWALD, S. (Ed). **Environmental Soil-Landscape Modeling**, CRCPress. Boca Raton, Fla, USA, 2006. p.185–213. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00074-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00074-X)
- BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 6ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.; FUCKS, S.D.; CARVALHO, M.S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (Eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004. Capítulo 1.
- CAMPY, M.; MACAIRE, J.J. **Géologie des formations superficielles: géodynamique – faciès - utilisation**. Paris; Milan, 1989. 433 p.
- CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1988.
- CARVALHO, A.; ROTTA, C.L. Estudos das formações superficiais do município de Atibaia-SP. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 49, p. 5-22, junho de 1974.
- CHAMPAGNAC, L. **Dynamique des formations superficielles et analyse morphologique du Val de Ruz**. 2005. 149 f. (Mémoire de fin d'études) – Université de Neuchâtel, Institut de Géographie et de Géologie, Janvier, 2005.
- CORRÊA, A.C.B.; FONSÊCA, D.N. Lineamentos de Drenagem e de Relevos como Subsídio para a Caracterização Morfoestrutural e Reativações Neotectônicas da Área da Bacia do Rio Preto, Serra do



Espinhaço Meridional – MG. **Revista de Geografia**, Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, p. 72-86, Set. 2010.

DANIELS, R.B.; HAMMER, R.D. **Soil Geomorphology**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.

DEWOLF, Y.; BOURRIÉ, G. (Eds., 2008) Les formations superficielles, genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. Resenha de: MORHANGE, C. Les formations superficielles, genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. **Méditerranée** [En ligne], 112, 2009.

DINIZ, A.D.; OLIVEIRA, C.V.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Relação Entre Relevo, Classes De Solos e Erosão No Espinhaço Meridional. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM - RS, 02 a 07 de Agosto de 2004.

DINIZ, A.D.; OLIVEIRA, C.V.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Relações Solos - Superfícies Geomórficas Na Porção Norte Da Bacia Do Ribeirão Chiqueiro - Gouveia, MG. **Geonomos**, v. 13, n. 1, 2, p. 19-27, 2005.

DOBOS, E. HENGL, T. Soil Mapping Applications. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Org.). **Geomorphometry: concepts, software, applications**. Developments in Soil Science, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 461-479. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00020-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00020-2)

FLORINSKY, I.V. **Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology**, Academic Press, Boston, 2012.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

GUERRA, S.; PAISANI, J.C. Abrangência Espacial E Temporal Da Morfogênese E Pedogênese No Planalto De Palmas (Pr) E Água Doce (Sc): Subsídio Ao Estudo Da Evolução Da Paisagem Quaternária. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 32, n.3, p.501-515, 2013.

HENGL, T.; MACMILLAN, R. A. Geomorphometry – a key to landscape mapping and modelling. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Org.). **Geomorphometry: concepts, software, applications**. Developments in Soil Science, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 433-460. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00019-6)

HENGL, T.; ROSSITER, D.G. Supervised landform classification to enhance and replace photo-interpretation in semi-detailed soil survey. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, p.1810-1822, 2003.

HERRMANN, L.; SCHULER, U.; RANGUBPIT, W.; ERBE, P.; SURINKUM, A.; ZAREI, M.; STAHR, K. The potential of gamma-ray spectrometry for soil mapping. In: XIX WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, SOIL SOLUTIONS FOR A CHANGING WORLD, 2010, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, Australia. 1 – 6 August 2010. p. 117-120.

HIRUMA, S. T.; ROCCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão, SP. **Revista do Instituto Geológico**, IG São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 5-19, jan/dez 2009.

JACOBSON, A.; DHANOTA, J.; GODFREY, J.; JACOBSON, H.; ROSSMAN, Z.; STANISH, A.; WALKER, H.; RIGGIO, J. A novel approach to mapping land conversion using Google Earth with an application to East Africa. **Environmental Modelling & Software**, v. 72, p. 1-9, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.06.011>

LEBRET, P.; CAMPY, M.; COUTARD, J.P.; FOURNIGUET, J.; ISAMBERT, M.; LAUTRIDOU, J.P.; LAVILLE, P.; MACAIRE, J.J.; MÉNILLET, F.; MEYER, R. Cartographie des formations superficielles. Reactualisation des principes de representation à 1/50.000. **Geologie de la France**, n. 4, p. 39-54, 1993.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

MCBRATNEY, A.B.; MENDONÇA SANTOS, M.L.; MINASNY, B. On digital soil mapping.

**Geoderma**, Amsterdam, v. 117, n. 1/2, p. 3-52, Nov. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00223-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4)

MMA/IBAMA. **Plano de Manejo da Serra da Canastra**. 2005. Disponível em: . Acesso em: 20 mai. 2012.

NAZAR, T.I.S.M.; RODRIGUES, S.C. Relevo do Chapadão do Diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: compartimentação e análise a partir dos aspectos geomorfométricos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 69-88, 2019. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300>

NEVES, W.V.; MENEZES; E.P.; OLIVEIRA; F.S.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. Estudo das coberturas superficiais na interface Cerrado-Vereda no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 351-367, Jul-Set 2015.

OLIVEIRA, D. B.; MORENO, R. S.; MIRANDA, D. J.; RIBEIRO, C. S.; SEOANE, J. C. S.; MELO, C. L. Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM , em uma área ao norte do rio Doce, ES. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 25-30 abril 2009. p. 4157-4163.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F.; KER, J.C. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2014.

RIBEIRO, V.B.; MANTOVANI, M.S.M.; LOURO, V.H.A. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. **Terræ Didática**, v. 10, p. 29-51, 2013.

RODRIGUES, S. C. **Análise Empírico-Experimental da Fragilidade Relevo-Solo no Cristalino do Planalto Paulistano**: sub bacia do reservatório Billings. 1998. 265 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos. 2006.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais**. 1991. 285 f. Tese (Professor Titular) – Departamento de Geografia, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SCOTT, K.; PAIN, C. (Eds) **Regolith Science**. Collingwood Vic., Austrália: Springer, 2009.

SCULL, P.; FRANKLIN, J. CHADWICK, O.A.; MCARTHUR, D. Digital Soil-Terrain Modelling: The Predictive. **Progress in Physical Geography**, v. 27, n. 2, p. 171-197, 2003. <https://doi.org/10.1191/0309133303pp366ra>

SIMÕES, L.S.A; MARTINS, J.E.S.; VALERIANO, C.M.; GODOY, A. M.; ARTUR, A. C. **Folha Vargem Bonita, SF.23-V-B-I**. Projeto Fronteiras de Minas Gerais. Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais. Contrato CODEMIG 3473, FUNDEP 19967. UFMG: 2015.

SIMÕES, P.M.L.; VALADÃO, R.C.; MESSIAS, R.M.; MACHADO, M.R. Distribuição Espacial De Formações Superficiais Em Um Trecho Da Borda Oeste Do Planalto Do Espinhaço Meridional / MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.72-76, 2014.

SIMÕES, P.M.L.; VALADÃO, R.C.; OLIVEIRA, C.V.; OLIVEIRA, F.S.; SANTOS, P. Distribuição Espacial De Formações Superficiais Geneticamente Associadas A Rochas Siliciclásticas – Planalto Do Espinhaço Meridional (MG) – Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 161-170, jan/abr/2016.

SOLLER, D.R., REHEIS, M.C., GARRITY, C.P., VAN SISTINE, D.R. **Map database for surficial materials in the conterminous United States**: U.S. Geological Survey Data Series 425, 2009.

SOUZA, D. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos Morfoestruturais e Morfoesculturais da Serra da Canastra e Entorno (MG). **Revista do Departamento de Geografia –USP**, v. 27, p. 47-66, 2014.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010

TRESCASES, J.J. La Cartographie Géologique Des Formations Superficielles En Nouvelle-Calédonie. In: 9º CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'INQUA, 1973, Christchurch. **Actes...** Christchurch, Nouvelle-Zélande, Décembre 1973. p. 229-230.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

WILFORD, J.R. **New regolith mapping approaches for old Australian landscapes**. 2014. 183 f. Ph. D. thesis (Geosciences) - The University of Adelaide, South Australia., 2014.

WILFORD, J., MINTY, B. The use of airborne gamma-ray imagery for mapping soils and understanding landscape processes. In: LAGACHERIE, P., MCBRATNEY, A.B., VOLTZ, M. (Eds.), **Digital Soil Mapping an Introductory Perspective. Developments in Soil Science**, v. 31, Elsevier, p. 207-218, 2006. [http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481\(06\)31016-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481(06)31016-1).