



CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DO TEPEQUÉM, AMAZÔNIA SETENTRIONAL: UM ESTUDO DAS FORMAS EROSIVAS E DEPOSICIONAIS ASSOCIADAS A DINÂMICA ANTRÓPICA

Luiza Câmara Beserra Neta¹
Antônio Alberto Teixeira Gomes²
Stélio Soares Tavares Júnior³

RESUMO

A paisagem da Serra do Tepequém, no norte da Amazônia brasileira, exibe uma geomorfologia singular, onde feições erosivas e deposicionais revelam a história das intervenções antrópicas, a exemplo do garimpo de diamantes, atividade que perdurou de 1937 até a década de 1990. A pesquisa direcionou-se à cartografia geomorfológica detalhada das formas de relevo e padrões de canais alterados pelo garimpo diamantífero histórico. A análise geomorfológica focou-se em três áreas com intensa atividade de mineração: as planícies e fundos de vale dos rios Cabo Sobral, Barata e Paiva. A metodologia combinou análise de imagens do satélite Sentinel 2, imagens e modelos digitais de terreno obtidos com drone, trabalhos de campo e técnicas de geoprocessamento. As análises revelaram a predominância de leito aluvial assoreado nos três rios, com variações na composição dos sedimentos. As análises demonstram que nas três áreas foco, predomina leito aluvial fortemente assoreado, essencialmente arenoso, para o rio Paiva e de forma intercalada (arenosos com trechos rochosos) para os rios Cabo Sobral e Barata. Nas áreas marginais, predomina a planície de inundação, com presença de barras laterais, para a margem esquerda do rio Cabo Sobral. Enquanto extensas coberturas arenosas, são destacadas nas margens do rio Paiva, indicando subtração da mata ciliar e revolvimento superficial. Destacam-se nesse ambiente, pequenas lagoas marginais com áreas variando de 485,71 a 3.362,54 m², resultantes das escavações do garimpo. As feições erosivas lineares (ravinas e voçorocas) concentram-se nas planícies e fundo de vales e são de grandes dimensões, alcançam áreas de até 44.143,8 m² e um volume erodido de 106.026,80 m³. Índícios da ação antrópica, como desmonte dos taludes, presença de cavidades marginais para acúmulo da água, além de empilhamento de seixos (conhecidos localmente por suruca), foram observados nas feições erosivas. Os resultados evidenciaram a influência antrópica nos processos de agradação e degradação da paisagem.

INTRODUÇÃO

A mineração artesanal, particularmente o garimpo de diamante, representa uma atividade socioeconômica complexa com profundos impactos na paisagem. Estudos evidenciam em todo mundo, impactos socioeconômicos (TIEGUHONG *et al.*, 2009) e na paisagem (NUNOO, *et al.*, 2022; GALLI *et al.*, 2022; DIOGENS *et al.*, 2024).

A mineração artesanal, a exemplo da atividade garimpeira diamantífera é amplamente considerada como tendo efeitos adversos ao meio ambiente, tanto em magnitude quanto em

¹ Prof. do Curso de Geografia da Universidade Federal de Roraima - UFRR, luiza.camara@ufr.br;

² Prof. do Curso de Geografia da Universidade do Porto- Portugal - UP, albgomes@gmail.com;

³ Prof. do Curso de Geologia da Universidade Federal de Roraima - UFRR, stelio.tavares@ufr.br



diversidade. Alguns desses efeitos incluem a intensificação do processo de formação de feições erosivas lineares, desmonte de relevo, assoreamento das drenagens, perda de biodiversidade (BESERRA NETA *et al.* 2007). A atividade do garimpo de diamante e ouro tem representado uma parte significativa da história de Roraima há algumas décadas, além do avanço das práticas do garimpo ilegal e os conflitos em terras indígenas (OLIVEIRA, 2019; SANTOS *et al.*, 2021).

A paisagem da Serra do Tepequém em Roraima, no norte da Amazônia brasileira, exibe um relevo singular, onde feições erosivas e deposicionais revelam a história das intervenções antrópicas, a exemplo do garimpo de diamantes, atividade que perdurou de 1937 até a década de 1990. A exploração mineral, concentrou nas drenagens no topo da serra, a exemplo dos rios Cabo Sobral a norte, Barata no centro e Paiva a sul, causou transformações significativas na paisagem. As mudanças mais evidentes foram o desmonte dos taludes nas bordas das drenagens, com adição significativa de carga de sedimentos e por consequência assoreamento da calha dos canais, além de formação de cavidades nas planícies fluviais e formação de feições erosivas lineares (voçorocas e ravinas).

A serra do Tepequém, área foco desta pesquisa, localiza-se entre as coordenadas geográficas de 3° 42' e 3° 50' latitude N e 61° 40' e 61° 48' longitude W (Figura 1). A serra é composta por arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados de idade Paleoproterozóico e por rochas vulcânicas ácidas a intermédias (FERNANDES FILHO *et al.*, 2012). O relevo define-se por superfícies aplainadas com altitudes de 575 a 670 m, cujos limites se constituem por morros e colinas residuais até 744 m e vertentes de entorno que se elevam até 1.100 m.

Nesta paisagem domina a savana arbustiva graminosa, a floresta ombrófila densa que recobre as escarpas de entorno. O clima, segundo a classificação de Köppen é tropical úmido - "Am", com estações sazonais bem definidas, sendo o período seco ocorrendo de setembro a março e o período úmido, de abril a agosto. Os valores de precipitação média anuais variam entre 1.800mm a 2.250mm, com temperatura média anual 25° C (BESERRA NETA *et al.*, 2015).

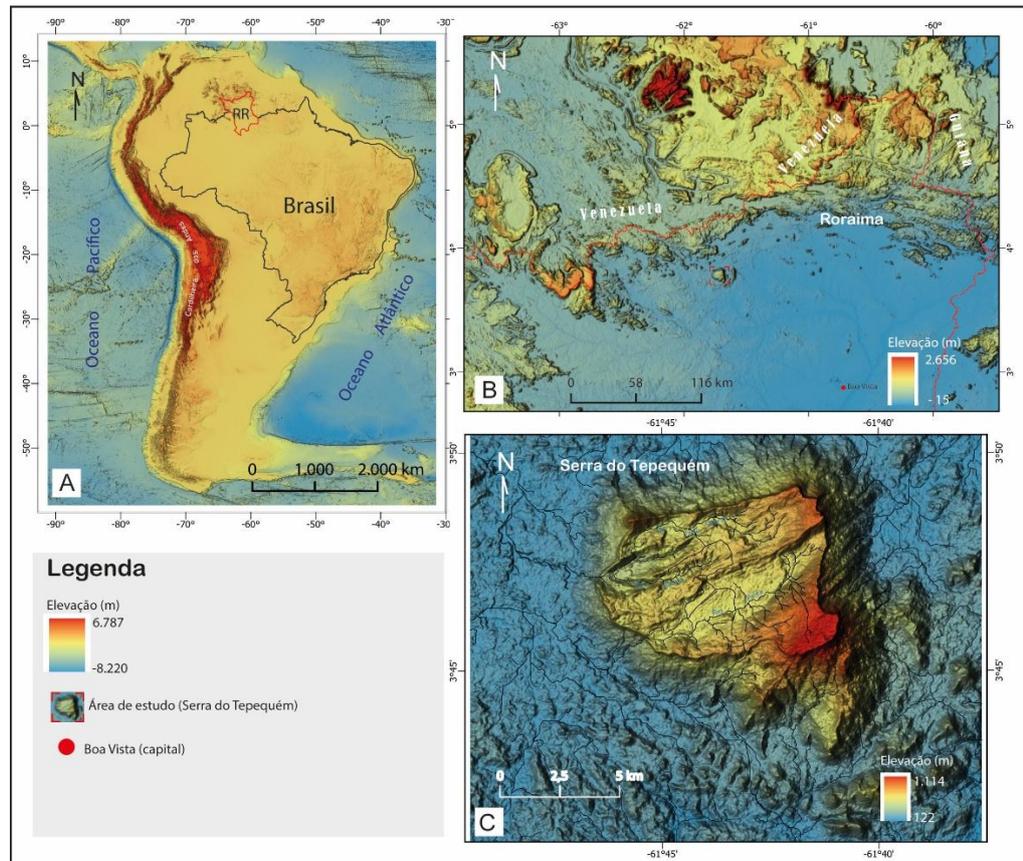


Figura 1: Localização da área de estudo: (A) Hipsometria da América do Sul, (B) Norte do estado de Roraima e (C) em destaque a serra do Tepequém.

Diante desse cenário, propusemos a seguinte questão de pesquisa: A atividade garimpeira diamantífera contribuiu para os processos de agradação e degradação da paisagem da serra do Tepequém? Assim, o presente estudo direcionou-se à cartografia geomorfológica detalhada das formas de relevo e padrões de canais alteradas pelo garimpo diamantífero histórico na serra do Tepequém.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção do mapa geomorfológico com as modificações na paisagem pela dinâmica da ação antrópica nas áreas afetadas pela atividade de garimpo de diamante, foram selecionadas áreas no topo da serra do Tepequém, as quais representam processos denudacionais e de sedimentação. A análise geomorfológica focou-se em três áreas que passaram por intensa atividade de mineração artesanal: as planícies e fundos de vale dos rios Cabo Sobral, Barata e Paiva.

A metodologia combinou análise de imagens do satélite Sentinel 2, imagens e modelos digitais de terreno obtidos com drone, trabalhos de campo e técnicas de geoprocessamento (Figura 2). A interpretação das imagens de satélite permitiu identificar e delimitar os padrões de relevo e mapear as áreas afetadas pela atividade garimpeira diamantífera. Os trabalhos de campo forneceram dados detalhados sobre as formas de relevo e os processos erosivos em curso, como: cavidades (elaboradas durante a atividade garimpeira), ravinas e voçorocas, além das feições deposicionais (terraços e áreas de acumulação sedimentar). Foram adquiridas medidas morfométricas das feições erosivas como: profundidade, largura e extensão. As imagens aéreas adquiridas a partir do uso de veículos aéreos não tripulados (VANT), modelo Mavic 2 DJI, auxiliaram na caracterização precisa das feições geomorfológicas e detalhamento dos vários setores de montante para jusante do canal das feições erosivas lineares. Com o objetivo de alcançar maior qualidade visual nos padrões cartográficos, o geoprocessamento foi realizado no ArcGIS Pro para integrar os dados. Subsequentemente, o Adobe Illustrator foi fundamental para a edição vetorial das linhas de contorno de feições erosivas e da rede de drenagem, bem como para a elaboração da simbologia cartográfica.

Os dados foram analisados sob a perspectiva da cartografia geomorfológica com viés antropogênico. A partir disso, elaborou-se um mapeamento geomorfológico da serra do Tepequém em escala de 1:130.000 com destaque para três áreas no topo da Serra do Tepequém. Esses levantamentos permitiram uma investigação detalhada das mudanças no relevo e na rede de drenagem.

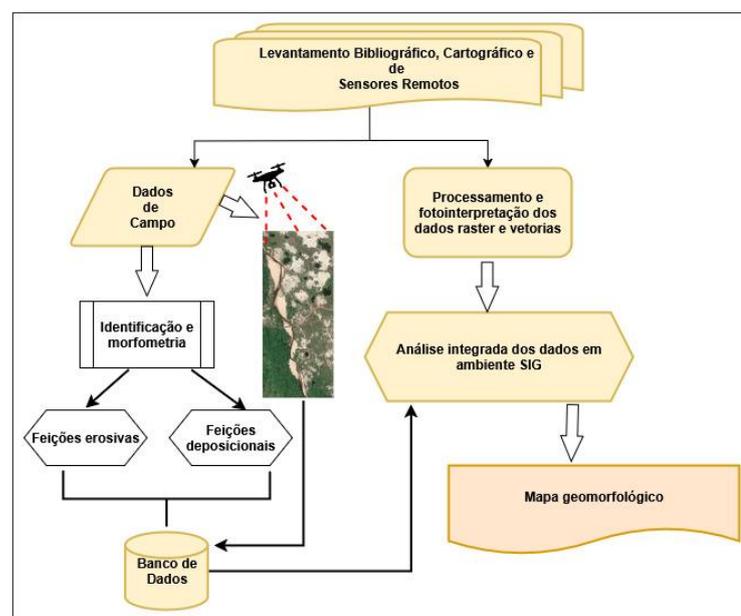


Figura 2: Sequencia das etapas metodológicas da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade de mineração artesanal (garimpo de diamante) na serra do Tepequém, datam dos anos de 1930 alcançando picos nas décadas de 1960 e 1990. Esta atividade se instalou nos canais fluviais (rios Cabo Sobral, Barata e Paiva) e canais de feições erosivas (voçorocas) promovendo mudanças significativas no modelado da paisagem.

O estudo identificou feições erosivas e deposicionais nas três áreas objeto de análise sendo:

Curso do rio Cabo Sobral- Verifica-se que no setor norte, tem-se um conjunto de cabeceiras de drenagem que se organizam nos patamares topográficos mais altos da bacia, em setor de ruptura topográfica abrupta, fato que agrega alto grau de energia ao escoamento fluvial e possibilita a formação de fundos de vale do tipo “V”, devido a maior potencialidade da atividade erosiva. Nos setores medianos a jusante do canal do rio Cabo Sobral (Figura 3), observa-se área de acumulação de sedimentação, desvio de canais e terraços com marcas de rupturas antrópicas (desmonte de relevo), advindos do período da atividade garimpeira diamantífera.

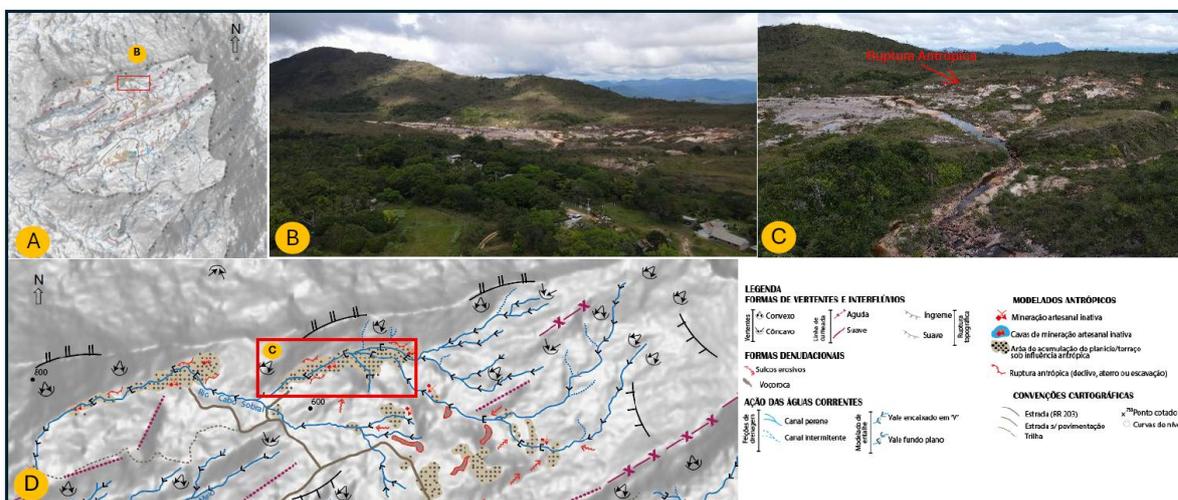


Figura 3: Destaque para as intervenções antropogênicas no curso do rio Cabo Sobral: Localização da área mediana do rio Cabo Sobral (A), com destaque para as áreas de acumulação – aluviões (B) e terraços com ruptura antrópica (C) e detalhe da simbologia utilizadas no mapeamento geomorfológico (D).

Curso do rio Barata- Os vales de entorno apresentam um significativo processo erosivo linear, com presença de ravinas e voçorocas (Figura 4). Dentre estas destaca-se a voçoroca do Barata, que vem sendo estudada *in loco* desde 2003, apresenta-se como uma grande incisão na

paisagem da serra do Tepequém, seu canal ocupa uma área de 44.143,8 m², e o volume erodido de 106.026,80 m³.

Através da análise das características morfométricas verifica-se que a voçoroca do Barata tem um comprimento do talvegue de aproximadamente 879,7 m e declive de 16⁰. Quanto à forma é definida como linear, com canal em forma de ‘V’ a montante e ‘U’ a jusante, tendo influência do fluxo superficial e subsuperficial preferencial. As dimensões são variáveis ao longo do canal, atingindo de 5 a 10,7 m de profundidade e de 8 a 14,2 m de largura. No que diz respeito à forma, o canal principal mostra-se retilíneo com forte linearidade na direção NE-SW nos setores montante e jusante, enquanto no setor mediano apresenta uma forma de canal mais aberto. O modelado do canal quanto à linearidade e direção sugere um condicionamento litoestrutural, visto que este segue o contato entre o siltito e o arenito, observado *in loco*. Quanto ao setor mediano, a maior abertura do canal com ruptura nos taludes decorrentes da interferência antropogênica derivada da atividade da mineração artesanal, hoje inativa. Nos taludes encontram-se ocorrências de processos como: solapamento, queda de blocos, movimento de massa, piping, levando a formação de feições do tipo alcovas e dutos (por ação das águas subsuperficiais e biogênicos).

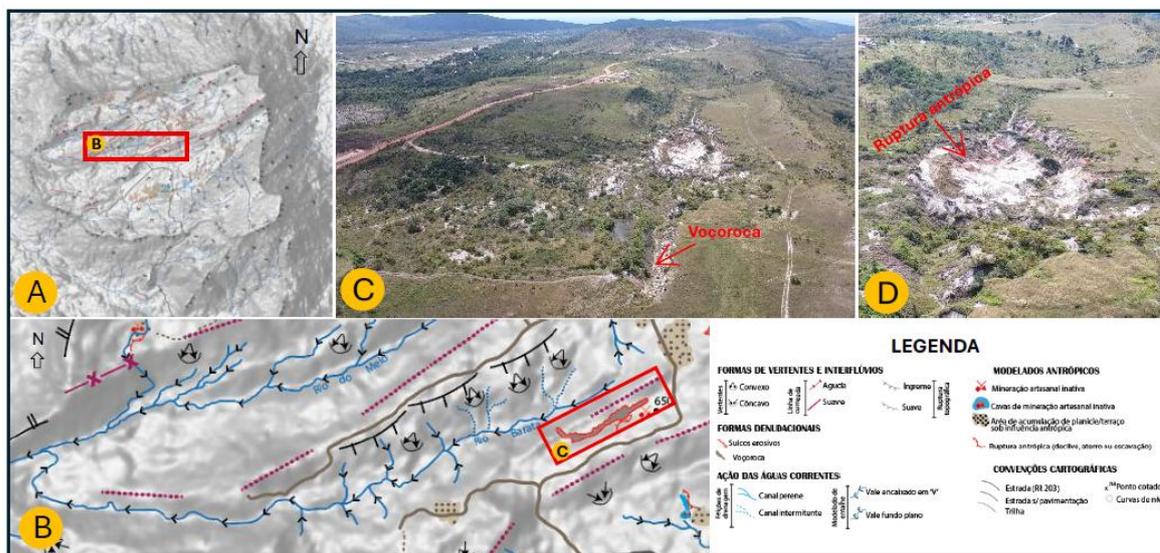


Figura 4: Destaque para as intervenções antropogênicas no curso do rio Barata: Localização da do rio Barata e as planícies de entorno (A), detalhe da simbologia utilizadas no mapeamento geomorfológico (B), vista panorâmica da voçoroca do Barata (C) e detalhe da área mediana do canal com presença de ruptura antropogênica no talude (D).

Curso do rio Paiva- As análises revelaram extensas coberturas arenosas, são destacadas nas margens do rio Paiva (Figura 5), indicando subtração da mata ciliar e revolvimento superficial. Destacam-se nesse ambiente, pequenas lagoas marginais com áreas variando de 485,71 a 3.362,54 m², resultantes das escavações da atividade de mineração artesanal de diamante (hoje inativa).

As feições erosivas lineares, incluindo sulcos, ravinas e voçorocas, são proeminentes nas planícies. O processo erosivo é intensificado pela presença de material arenoso a siltoso inconsolidado, que facilita a formação de canais. Esses canais, ao direcionar o fluxo das águas pluviais, potencializam a erosão e o transporte de sedimentos/solos e por consequência há um aumento do assoreamento no canal do rio Paiva.



Figura 5: Destaque para as intervenções antropogênicas no curso do rio Paiva: Localização da do rio Paiva e as planícies de entorno (A), detalhe da simbologia utilizada no mapeamento geomorfológico (B), com destaque para as cavas de mineração artesanal e extensas áreas de acumulação sob interferência antrópica (C).

As análises demonstram que nas três áreas foco, predomina leito aluvial fortemente assoreado, essencialmente arenoso, para o rio Paiva e de forma intercalada (arenosos com trechos rochosos) para os rios Cabo Sobral e Barata. Em relação às áreas marginais, predomina a planície de inundação, com presença de barras laterais, para a margem esquerda do rio Cabo Sobral, enquanto extensas coberturas arenosas, são destacadas nas margens do rio Paiva.

As feições erosivas lineares (ravinas e voçorocas) concentram-se nas planícies e fundo de vales e secundariamente em vertentes de colinas. As feições erosivas, configuram-se como voçorocas de grandes dimensões, que alcançam áreas de até 44.143,8 m². Indícios da ação antrópica, como desmonte dos taludes, presença de cavidades marginais para acúmulo da água,



além de empilhamento de seixos (conhecidos localmente por suruca), foram observados nas feições erosivas. Estudos de Beserra Neta et al., 2007; Cavalcanti et al., 2019; Beserra Neta *et al.*, 2023 e 2024, destacam a evidência que as feições erosivas lineares têm o processo erosivo favorecido pela natureza do solo/sedimento, de aspecto silto-arenoso rico em quartzo e pela forte interferência antrópica e um relevo ainda parcialmente desprotegido da cobertura vegetal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da cartografia geomorfológica foi eficaz na análise do cenário atual da paisagem da Serra do Tepequém. O estudo revelou insights sobre a dinâmica dos processos erosivos nas vertentes, as alterações nos fundos de vale e o impacto da ação antrópica, em particular da mineração artesanal de diamante (garimpo aluvionar) hoje inativa.

Os resultados evidenciaram que a combinação da vulnerabilidade dos solos arenosos com a atividade de garimpo resultou em mudanças significativas no modelado da Serra do Tepequém. A cartografia geomorfológica detalhada gerada por este estudo oferece subsídios importantes para planos de manejo e recuperação ambiental da área

Palavras-chave: Cartografia geomorfológica, Paisagem, Atividade antrópica, Serra do Tepequém

REFERÊNCIAS

Beserra Neta, L.C.; Tavares Júnior, S.S.; Girão, L.N.S. Compartimentação da paisagem da Serra do Tepequém, Norte de Roraima (Brasil): análise da vulnerabilidade a erosão do solo. In: XIV CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA – Territórios em transição e sustentabilidade: Crises e respostas. V.1, Lisboa: IGOT, Universidade de Lisboa, 2023 (ISBN: 978-989-99244-9-9).

Beserra Neta, L.C.; Gomes, A.A.T.; Tavares Júnior, S.S. Gullies at the Serra do Tepequém, Northern Brazilian Amazon: morphometry and soils. In: X CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – Dinâmicas geomorfológicas no espaço e no tempo. V. XII, Lisboa: IGOT, Universidade de Lisboa, 2024. (ISBN: 978-972-636-312-5).

Beserra Neta, L.C.; Costa, M.L. & Borges, M.S. Contribuição da atividade Garimpeira diamantífera na intensificação das frentes erosivas lineares por voçorocamento na serra do Tepequém-Roraima, Acta Geográfica, Ano I. Vol. I., 2007 10.5654/actageo2007.0101.0005

Beserra Neta, L.C.; Tavares Júnior, S.S. & Costa, M.L. Tepequém Mountains: A Relict Landscape in the Northern Amazon. In: Vieira, B. C., Salgado, A. A. R. & Santos, L. J. C. (Eds.), Landscapes and Landforms of Brazil (Chapter 24, pp. 265-273), Elsevier, 2015, DOI 10.1007/978-94-017-8023-0



Cavalcante, E.N.; Beserra Neta, L. C.; Tavares Júnior, S. S. Susceptibilidade erosiva da paisagem da Serra do Tepequém – Roraima – Brasil. **Revista de Geografia**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 261–272, 2019. DOI: 10.51359/2238-6211.2019.238456. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/238456>.

Diogens, C. J., Alencar N., I., Benvenega, M.A. C. The impact of gold mining on regional development in Brazil. *European Journal of Sustainable Development Research*, 8(2), em0256, 2024 <https://doi.org/10.29333/ejosdr/14471>

Fernandes Filho, L.A, Pinheiro, R.V.L., Truckenbrodt, W & Nogueira, A.C.R. Deformação das rochas siliciclásticas paleoproterozoicas do Grupo Arai como exemplo das reativações de falhas do embasamento, Serra do Tepequém, Roraima, norte do Brasil. *Revista Brasileira Geociências* 42(4)785-798, 2012, www.sbgeo.org.br

Galli, N., Chiarelli, D.D., D'angelo, M., Rulli, M.C. Socio-environmental impacts of diamond mining areas in the Democratic Republic of Congo. *Science of the Total Environment* 810152037, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152037>

Nunoo, S., Manu, J., Owusu-Akyaw, F.K.B., Nyame, F.K. Impact of artisanal small-scale (gold and diamond) mining activities on the Offin, Oda and pra rivers in Southern Ghana, West Africa: A scientific response to public concern. *Heliyon* 8 e12323, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12323>

Oliveira, Z.S. Garimpeiros e garimpos no Estado de Roraima: Impactos socioambientais no período de 1983 a 1993. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 04, Ed. 07, Vol. 08, pp. 43-49. julho de 2019. ISSN: 2448-0959

Santos, E.R., Mattioni, J.V.D, Falcão, M.T. Extração mineral e conflitos: ensaio geo-histórico do garimpo ilegal nas terras indígenas no extremo norte brasileiro. *Geographia Opportuno Tempore*, Londrina, v.7, n. 1, p. 104-119, 2021

Tieguhong, J.C., Ingram, V., Schure, J. Impacts of artisanal gold and diamond mining on livelihoods and the environment in the Sangha Tri-National Park landscape. CIFOR, Bogor, Indonesia, 2009