

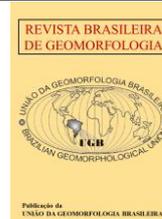


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº 4 (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i4.2466>



Nota técnica

Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR)

Guidelines for technogenic landform mapping in the Brazilian Relief Classification System (BRCS)

Nina Simone Vilaverde Moura¹; Telma Mendes da Silva²; Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia³; Maria Naíse de Oliveira Peixoto⁴; Miguel Fernandes Felipe⁵; Antônio Manoel dos Santos Oliveira⁶; Alex Ubiratan Goossens Peloggia⁷ e Marjorie Cseko Nolasco⁸

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Depto. Geografia, Porto Alegre, Brasil. E-mail: nina.moura@ufrgs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5109-7178>.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro; Depto. Geografia, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: telmageo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8295-6158>.

³ Universidade Estadual Paulista, Depto. Geografia, Presidente Prudente, Brasil. E-mail: icmoroz@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6156-3446>.

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro; Depto. Geografia, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: marianaise@igeo.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5518-1588>.

⁵ Universidade Federal de Juiz de Fora, Depto. Geociências, Juiz de Fora, Brasil. E-mail: miguel.felippe@ich.ufjf.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0261-4298>.

⁶ Pesquisador Independente, Ubatuba, Brasil. E-mail: amanoel2030@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3666-846X>.

⁷ Pesquisador Independente, Araraquara, Brasil. E-mail: alexpeloggia@uol.com.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5496-1795>.

⁸ Universidade Estadual de Feira de Santana, Depto. Geologia, Feira de Santana, Brasil. E-mail: mcn@uefs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6085-1558>.

Recebido: 18/08/2023; Aceito: 23/10/2023; Publicado: 08/12/2023

Resumo: O objetivo deste trabalho é discutir a particularidade da classificação das formas de relevo tecnogênicas, isto é, derivadas direta ou indiretamente do agenciamento humano, por meio dos estudos realizados no âmbito do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo. Tais formas, como expressão dos terrenos tecnogênicos, são analisadas por meio do método morfoestratigráfico, com base em seus processos de formação, configuração e materiais constituintes. Tal aplicação levou aos seguintes resultados em termos de classificação, em dois níveis básicos: (1) Categorias, definidas segundo a dinâmica geomorfológica seja aditiva (elevações ou superposições), subtrativa (cicatrizes ou depressões) ou conservativa (corrugações e equiformas), esta última diferenciada pela ocorrência ou não de alteração topográfica; (2) Tipos, diferenciados conforme o agenciamento humano, seja direto (tecnofomas), ou indireto (geotecnofomas), ou ainda, segundo o caráter superficial ou profundo do processo modificador (no caso das equiformas). Conclui-se que as formas tecnogênicas constituem uma categoria geomorfológica particular, passível de análise, classificação e mapeamento por métodos próprios, e sua referência taxonômica é considerada em uma abordagem transversal, observando-se sua maior expressão ao nível do sexto, do quinto e do quarto táxons de Ross (1992), podendo ocorrer variações nesta classificação frente às dimensões da intervenção da agência humana.

Palavras-chave: alterações antrópicas, padrões de relevo tecnogênico, mapeamento geomorfológico

Abstract: The objective of this work is to discuss the particularity of the classification of technogenic landforms, that is, directly or indirectly derived from human agency, through the studies carried out within the scope of the Brazilian Relief Classification System. Such forms, as an expression of technogenic grounds, are analyzed through the morphostratigraphic, based on their formation processes, configuration, and constituent materials. Such application led to the following results in terms of classification, into two basic levels: (1) Categories, defined according to the geomorphological dynamics, whether additive (elevations or superpositions), subtractive (scars or depressions) or conservative (corrugations and equiforms), the latter differentiated by the occurrence or not of topographic alteration; (2) Types, differentiated according to human agency, whether direct (technoforms) or indirect (geotechnoforms) or even according to the superficial or deep nature of the modifying process (in the case of equiforms). It is concluded that technogenic forms constitute a particular geomorphological category, subject to analysis, classification and mapping using specific methods, and their taxonomic reference is considered in a cross-sectional approach, observing their expression at the level of the sixth, fifth and fourth taxa of Ross (1992); variations in this classification may occur in view of the dimensions of the landscape or classified form.

Keywords: anthropic alterations, technogenic relief patterns, geomorphological mapping

1. Introdução

Este trabalho apresenta diretrizes para classificação e mapeamento de formas de relevo tecnogênicas, propostas pelo Grupo de Trabalho direcionado ao Subsistema Relevo Tecnogênico (GTD Subsistema Relevo Tecnogênico), integrante do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR), iniciativa coordenada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Serviço Geológico do Brasil (SBG/CPRM) e pela União da Geomorfologia Brasileira (UGB) (CEN/SBCR, 2022).

O arcabouço teórico-metodológico para o mapeamento do relevo tecnogênico fundamenta-se na concepção de que ele expressa a diversidade de feições, materiais e processos atuantes na superfície terrestre em função do agenciamento humano, abrangendo os significados morfogenético e morfodinâmico refletidos nas formas de relevo. A particularidade desta agência constitui fator fundamental para a caracterização do relevo contemporâneo a partir dos materiais e dos processos gerados pelas atividades humanas, em diferentes contextos sócio-histórico-culturais. O conhecimento sobre os modos de apropriação e modificação da morfologia original torna-se, então, necessário à compreensão dos fatores que definem novos processos morfodinâmicos e de formação de depósitos e formas correlatas, ou seja, formas de relevo tecnogênicas.

Os estudos que fundamentam as diretrizes aqui apresentadas relacionam-se, portanto, com os campos da Geomorfologia Antropogênica ou Antropogeomorfologia (RODRIGUES, 1999), da Teoria do Relevo Tecnogênico (PELOGGIA, 2005) e da geodiversidade tecnogênica (PELOGGIA *et al.*, 2014a), e seu desenvolvimento tem sido apresentado à comunidade científica desde o fim do milênio passado (PEIXOTO *et al.*, 2022; MOURA *et al.*, 2022; CEN/SCBR, 2022).

2. Bases Teóricas e Conceituais

Os fundamentos teóricos e conceituais que subsidiam a proposta de elaboração do sistema de classificação das formas de relevo tecnogênico apoiam-se nos pressupostos da ciência geomorfológica, mais especificamente, na produção do conhecimento sistematizado do que se denomina **Triade Geomorfológica** (formas, materiais e processos).

As formas de relevo, objeto de estudo da Geomorfologia, expressam a diversidade de feições, materiais e processos atuantes na superfície terrestre e, com isso, constituem um fenômeno perceptível, concreto, com variações de dimensões, contornos, configurações e volumes. O conhecimento científico em Geomorfologia não se limita ao reconhecimento das formas e suas tipologias, abrangendo significados morfogenético e morfodinâmico e suas influências endógenas, exógenas e antropogênicas. O estudo da morfogênese das paisagens e de sua evolução morfodinâmica constituem pilares da ciência geomorfológica (ABREU, 2003).

Processos que atuam na dinâmica da paisagem ocorrem sobre materiais e formas já existentes, (re)mobilizando e transformando as rochas, mantos de intemperismo, solos, coberturas sedimentares, depósitos tecnogênicos, reconfigurando as formas de relevo. Por meio da identificação de registros da ação dos processos sobre os materiais e formas, buscam-se respostas para os diversos efeitos da e na dinâmica evolutiva do relevo, a

fim de melhor compreender a estruturação das distintas paisagens morfológicas, ao longo do tempo, em suas variadas escalas dimensionais e de complexidade (AB’SABER, 1969).

A agência geológico-geomorfológica humana, conceito referido ao modo complexo como os seres humanos, em interação social e sob múltiplas determinações, colocam em prática sua capacidade de conformar e transformar a paisagem (PELOGGIA, 2015), substitui aqui o conceito restrito de “ação antrópica” e constitui fator fundamental para a caracterização das formas de relevo tecnogênicas, dos materiais tecnogênicos e dos processos gerados pelas atividades humanas no meio físico (CHEMEKOV, 1983; TER-STEPANIAN, 1988). Os modos de apropriação e modificação da morfologia original auxiliam na compreensão dos fatores geradores dos novos processos morfodinâmicos e registros morfoestratigráficos (terrenos tecnogênicos) que constituem o Evento Tecnogênico (OLIVEIRA; PELOGGIA, 2014) ou Episódio Modificador Antropogênico (WATERS et al. 2022), originados no Holoceno e no Antropoceno (CRUTZEN; STOERMER, 2000). Nesse contexto, podem ser individualizados dois tipos de morfologia (Figura 1): a que foi alterada ou neoformada por intervenção humana (morfologia antropogênica) e a que não foi alterada (morfologia original).

A morfologia antropogênica pode ser constituída de formas criadas diretamente no contexto da agência humana - Tecnoformas - e de formas induzidas pela agência humana – Geotecnoformas. As Equiformas Tecnogênicas ocorrem nas situações em que a morfologia original se apresenta conservada, porém com alteração dos materiais devido a modificações físicas (revolvimento *in situ*) ou químicas pela agência humana (Figura 1).

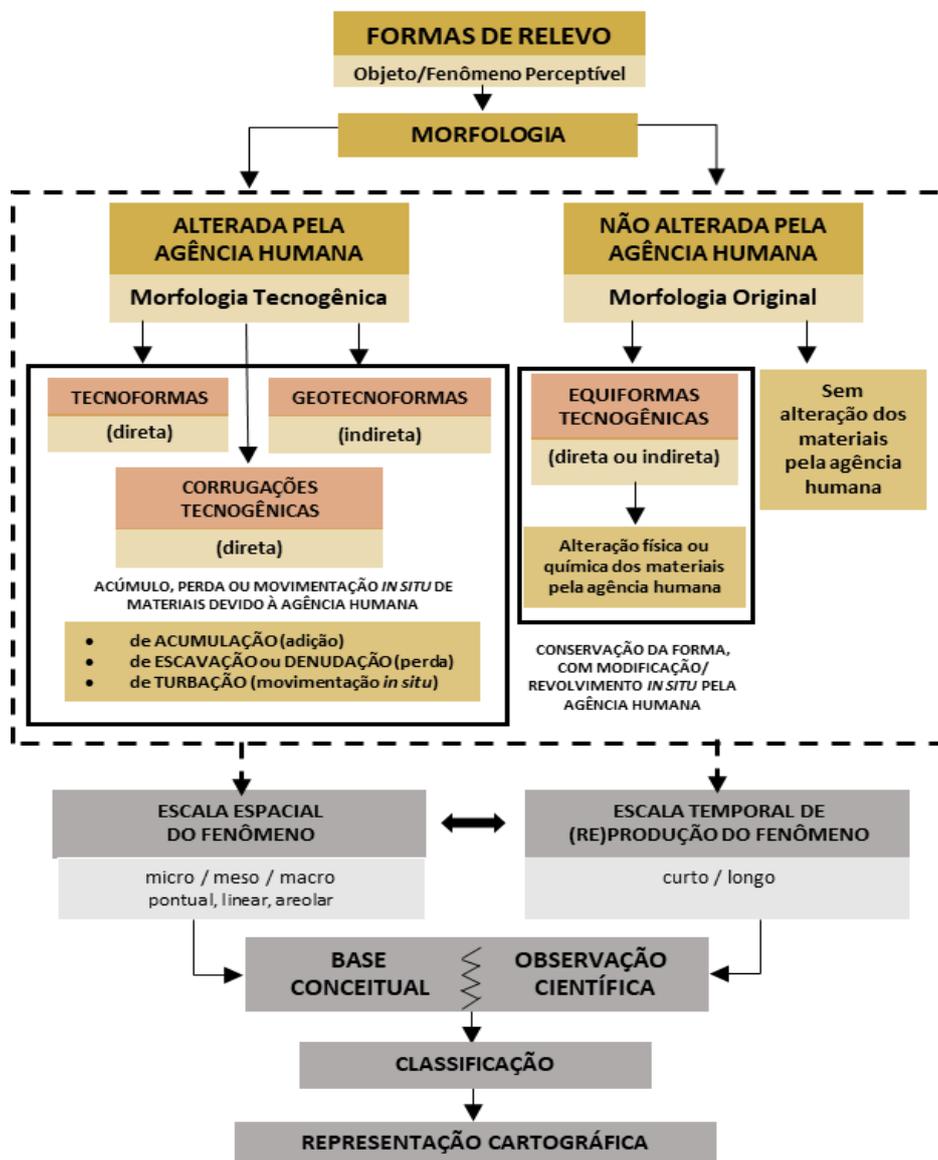


Figura 1. Diagrama Conceitual para classificação e mapeamento do Relevo Tecnogênico, elaborado pelo Grupo de Trabalho denominado Subsistema Relevo Tecnogênico, integrante do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR).

Quando se trata de formas de relevo, além de abordar os processos, agentes e produtos a eles relacionados, deve-se considerar a abrangência histórica e dimensional do estudo, bem como a complexidade da realidade que se pretende analisar, que estarão intrinsecamente correlacionadas e serão diretamente proporcionais à escala espaço-temporal na qual o objeto de análise se enquadra. Deste modo, a análise geomorfológica diz respeito ao estudo de agentes e processos que levam à reconstituição da evolução do relevo em distintas escalas espaciais e temporais, estando de acordo com os objetivos da pesquisa.

Quanto maior a escala espacial, maior a influência dos processos endógenos e mais se amplia a escala temporal (tempo geológico/tempo longo). A escala para abordagem (macro/meso) dessas formas de relevo e dos processos que as originaram remete às dimensões espaciais e temporais que não são apreendidas pela observação no tempo histórico. Por outro lado, as (meso/micro) formas de relevo, muitas vezes relacionadas, na superfície emersa, aos sistemas fluviais e de vertentes, têm temporalidade diferente da que observamos em grandes recortes espaciais, pois quanto menor a escala espacial, mais decisiva é a influência dos processos exógenos e da agência humana e, portanto, maior a pertinência da escala de tempo histórico na análise geomorfológica. Considerando a agência humana na produção do espaço geográfico, o tempo histórico (tempo curto) incorpora as transformações produzidas e suas consequências nas formas, processos e materiais.

Com base nos fundamentos conceituais da ciência geomorfológica e da observação científica, a escala de estudo, ou nível de análise das formas de relevo, irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem da análise e mapeamento geomorfológico (Figura 1). A classificação das formas de relevo tecnogênicas e sua representação cartográfica devem expressar os pressupostos teóricos, metodológicos, condições técnicas e estágio do conhecimento científico através de um produto cartográfico de síntese – o mapa geomorfológico.

3. Estratégias Metodológicas para a Ordenação Taxonômica, Classificação e Mapeamento do Relevo Tecnogênico

Para a interpretação geomorfológica é importante a investigação em diferentes níveis escalares e dimensões temporais, podendo-se, para tanto, ter como base a proposta de estudo idealizada por Ab'Saber (1969), trazida para o estudo da tecnogênese por Peggia (1998). O tratamento proposto por estes autores permite que haja um ordenamento dos estudos geomorfológicos sob os seguintes níveis: (1) Compartimentação do Relevo: se refere a uma caracterização e descrição de todas as formas de relevo na escala de observação, organizadas em unidades coerentes; (2) Estrutura Superficial da Paisagem: corresponde à articulação com a estrutura geológica e as coberturas superficiais, de modo a sistematizar as informações cronológicas sobre a evolução geomorfológica e (3) Fisiologia da Paisagem – compreende a dinâmica dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, inclusive os tecnogênicos.

Portanto, a análise e o mapeamento geomorfológicos irão expressar uma diversidade de feições, materiais e processos existentes na superfície terrestre cuja interpretação evolutiva tem se fundamentado no balanço de forças endógenas e exógenas, a partir de suas combinações e interações, ao longo do tempo. A ação predominante de forças endógenas produz elementos morfoestruturais que, para serem interpretados, devem ser analisados a partir de condicionantes tectônico-estruturais; já a morfoescultura corresponde ao modelado gerado pela ação de fatores exógenos (MESCIERJAKOV, 1968).

Uma classificação das formas de relevo necessita se expressar por diferentes níveis de análise, desde aqueles relacionados à morfoestrutura, que corresponde à representação cartográfica das unidades de maior extensão e abrangência, aos relacionados à morfoescultura, de menor abrangência espacial, visando à classificação de formas e tipos de relevo.

Pode-se, assim, compreender que a taxonomia a ser aplicada às formas de relevo deve refletir influências tanto genéticas (origem das formas) quanto cronológicas (tempos de (re)construção das formas – tempo longo ou curto). Deste modo, o mapa geomorfológico construído a partir dessa base conceitual é resultado da análise que tanto pode conter informações morfológicas, quanto morfométricas, morfogenéticas e morfocronológicas.

O relevo é, no entanto, resultado de processos endógenos e exógenos e composto de formas derivadas de eventos denudacionais/erosivos ou de acumulação (ROSS, 1990), mas ainda acrescido das formas criadas pela agência humana. A agência humana constitui fator fundamental para a caracterização das formas de relevo tecnogênicas, dos materiais tecnogênicos e dos processos gerados pelos grupos humanos e organizações sociais no meio físico. Os modos de apropriação e modificação da morfologia original auxiliam na compreensão dos fatores que definem novos processos morfodinâmicos e depósitos tecnogênicos originados no Antropoceno.

Consideramos como base na presente discussão a classificação de relevo proposta por Ross (1992), que buscou aprimorar a taxonomia das formas de relevo e sua representação cartográfica no Brasil, pois existia uma lacuna entre propostas de cartografia das formas de relevo e taxonomias utilizadas até então. Este autor argumenta que a representação cartográfica do relevo deveria ser "calcada fundamentalmente no aspecto fisionômico que cada tamanho de forma de relevo apresenta, não interessando a rigidez da extensão em km², mas sim o significado morfo genético e as influências estruturais e esculturais no modelado" (ROSS, 1992; p.23), e propõe os seguintes táxons: Primeiro Táxon: caracteriza-se por ser o maior táxon, ligado ao conceito de morfoestrutura, e, portanto, aos grandes padrões de formas de relevo resultantes de influências tectônico-estruturais; Segundo Táxon: unidades morfoesculturais contidas nas morfoestruturas, geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico; Terceiro Táxon: "unidades de padrões de formas semelhantes" do relevo ou "padrões de tipo de relevo", sendo a distinção identificada pela fisionomia topográfica, formato dos topos, vertentes e vales; Quarto Táxon: refere-se às formas de relevo contidas nas unidades morfológicas ou de padrões de formas semelhantes, representando as formas de relevo que tanto podem ser derivadas de processos de agradação quanto por denudação; Quinto Táxon: representado pelas unidades de vertentes contidas em cada uma das formas individualizadas de relevo e; Sexto Táxon: formas de relevo ainda menores, geradas por processos erosivos atuais ou por depósitos atuais, incluindo-se formas decorrentes de atividades antrópicas. De acordo com os pressupostos da proposta taxonômica de Ross (1992), portanto, modificações diretas ou indiretas no relevo derivadas da agência humana que geram novas formas de relevo, denominadas de tecnogênicas ou antropogênicas, corresponderiam essencialmente ao sexto táxon. Esse táxon engloba formas menores, produzidas por processos morfo genéticos atuais e, quase sempre, induzidos pelas atividades humanas – como sulcos erosivos, cicatrizes de solapamento e cones de dejeção tecnogênicos – e aquelas que se desenvolvem pela ação humana direta sobre o terreno – como aterros, cortes em encostas e patamares gerados por escavação, dentre outras.

Especificamente no que diz respeito à taxonomia das formas de relevo tecnogênicas, e de sua relação com a proposta taxonômica de Ross (1992) e a de Demek (1967, *apud* ROSS, 1992), Peloggia *et al.* (2014b) consideram que, diferentemente da lógica da classificação de Ross, no caso das formas antropogênicas não há um vínculo necessário entre as formas menores e as maiores, conquanto que haja certamente um vínculo de condicionamento espacial entre os compartimentos de relevo natural e as formas tecnogênicas. Para os autores citados, os tipos de formas de relevo tecnogênico podem ser associados ao 1º e 2º táxon de Demek (superfícies geneticamente homogêneas e formas de relevo) e ao 6º táxon de Ross (formas de processos atuais), enquanto ao 3º táxon de Demek (tipos de relevo) e ao 4º táxon (tipos de forma de relevo) e 5º táxon de Ross (tipos de vertentes) corresponderiam os compartimentos de modelado tecnogênico. Por fim, ao 3º táxon de Ross, corresponderiam às paisagens tecnogênicas, segundo Peloggia *et al.* (2014b).

Assim, é possível verificar que o agenciamento humano pode interferir por vezes em escala de abrangência espacial que alcança até o nível do quarto táxon, como, por exemplo, nas atividades que levam à geração de formas de relevo específicas e que podem ser individualizadas dentro de uma unidade morfológica pré-existente, como é o caso de planícies fluviais tecnogênicas geradas por processos de acentuado assoreamento induzidos, e terraços gerados por incisões fluviais induzidas, podendo avançar ainda ao 3º táxon. Na taxonomia ora proposta, a dimensão espacial da morfologia tecnogênica relacionada ao quarto táxon de Ross (1992) expressa a forte intensidade das alterações na morfologia original na contemporaneidade, destruindo características pretéritas do relevo e gerando novos processos morfodinâmicos.

Ressalta-se que um primeiro conjunto de processos de intervenção no contexto da agência humana encontra-se associado à retirada da cobertura vegetal em função das alterações do uso da terra, enquanto um segundo conjunto de intervenções ocorre por meio da criação de novas feições morfológicas, que podem estar ligadas desde às atividades de mineração e agropecuárias como ao assentamento ou crescimento urbano-industrial, dentre outros tipos de uso. A criação de depósitos tecnogênicos e a modificação antropogênica dos solos e materiais de cobertura configuram-se como um terceiro conjunto de processos que expressam a agência humana, dando origem a novas morfologias ou a novos tipos de coberturas superficiais e podendo produzir alterações nos próprios materiais tecnogênicos, (re)direcionando as modificações nos processos morfodinâmicos.

Considerando-se estes aspectos, as "formas de processos atuais" (em termos de tempo geológico) do sexto táxon descritas por Ross (1992), bem como as de quinto e quarto táxons, podem ser consideradas para aplicação da classificação do relevo tecnogênico, inicialmente a partir da distinção e individualização entre as formas que foram

(são) alteradas ou criadas pela agência humana (morfologias tecnogênicas) e as que não sofreram alteração pela agência humana (morfologias originais).

4. Proposta de Classificação do Relevo Tecnogênico

A proposta de classificação do Relevo Tecnogênico elaborada apoia-se nas discussões teórico-conceituais e metodológicas sintetizadas nos itens anteriores, assim como, na ampla experiência acumulada no Brasil sobre o mapeamento geomorfológico e a identificação e análise de depósitos, formas e processos tecnogênicos. A classificação exposta tem caráter morfoestratigráfico, pois é fundamentada na relação genética entre forma e substrato, ou seja, consiste na consideração da forma como expressão geomorfológica de um terreno tecnogênico. Não é escopo deste trabalho, todavia, a descrição da classificação desses substratos, constituídos por depósitos e solos tecnogênicos ou, ainda, materiais geológicos subsuperficiais que foram expostos (para tal caracterização e comparação entre classificações, inclusive denominações alternativas, ver por exemplo PELOGGIA et al. 2014a e PELOGGIA 2017).

Os contextos geomorfológicos em que as formas tecnogênicas se desenvolvem podem ser de três tipos: a) aqueles em que ocorre uma dinâmica morfológica aditiva, ou seja, que resulta em acumulação de material transportado e depositado, de forma direta ou indireta, formando Elevações ou Superposições Tecnogênicas; b) os dominados por dinâmicas subtrativas, que resultam em perda e exportação de material, configurando Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas; e c) os contextos de dinâmica conservativa, nos quais não há aporte ou exportação de material na superfície, mas modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno, em superfície ou em profundidade, resultando em Corrugações e Equiformas Tecnogênicas.

A morfologia tecnogênica pode, então, apresentar origem associada a processos distintos, que levam à constituição de novas formas de relevo. As formas criadas diretamente pela agência humana são denominadas Tecnoformas e as induzidas pela agência humana são denominadas Geotecnoformas. Em situações que a morfologia original se apresenta conservada, porém com alteração nos materiais devido a modificações físicas (revolvimento *in situ*) ou químicas promovidas pela agência humana, as formas são denominadas Equiformas Tecnogênicas.

Deste modo, para a taxonomia das formas de relevo tecnogênicas que podem ser reconhecidas e mapeadas (Tabela 1) consideramos, em um 1º nível (categorias de relevo), identificadas pelo aspecto morfológico, as feições que configuram: Elevações ou Superposições Tecnogênicas; Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas; Corrugações Tecnogênicas e; Equiformas Tecnogênicas. Em um 2º nível, consideramos os tipos de relevo, reconhecidos a partir de aspectos morfogenéticos.

Tabela 1. Categorias e tipos de formas de relevo tecnogênicas derivadas da agência humana, sua expressão no terreno e aspectos morfogenéticos de sua elaboração.

FORMAS DE RELEVO TECNOGÊNICAS			
MORFOLOGIA		EXPRESSÃO NO TERRENO	MORFOGÊNESE
Categorias (1º Nível)	Tipos (2º Nível)		
ELEVAÇÕES E SUPERPOSIÇÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos construídos	Acréscimo direto de material
	Geotecnoformas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos induzidos	Acréscimo induzido de material
CICATRIZES E DEPRESSÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Escavação	Cicatrizes tecnogênicas escavadas	Retirada direta de material
	Geotecnoformas de Denudação	Cicatrizes ou depressões tecnogênicas induzidas	Movimentação ou erosão induzida de material
CORRUGAÇÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Turbação	Formas associadas a terreno revolvido	Movimentação direta de material dentro do próprio sítio

EQUIFORMAS TECNOGÊNICAS	Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Superfície	Formas associadas a solos tecnogênicos	Modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno em superfície
	Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Profundidade	Maciço tecnoturbado	Modificação direta na composição ou estrutura física do terreno em profundidade

As Elevações ou Superposições Tecnogênicas resultam do acréscimo de materiais no terreno, que pode se dar em função da ação humana direta – constituindo, assim, em um 2º nível as Tecnoformas de Acumulação – ou da ação humana indireta – constituindo as Geotecnoformas de Acumulação (Figura 2). As Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas resultam, inversamente, da retirada de materiais do terreno, que também pode se dar em função da ação humana direta – constituindo, assim, as Tecnoformas de Escavação (Figura 3) – ou indireta – constituindo, neste caso, as Geotecnoformas de Denudação (Figura 4), em um 2º nível de análise e classificação. As Corrugações Tecnogênicas correspondem a morfologias associadas a terrenos revolvidos pela movimentação direta de materiais *in situ*, configurando as Tecnoformas de Turbação.



Morfologia e Morfometria	Área plana com altitude inferior a 20m formada pela colmatação do reservatório, proporcionando um aumento no nível topográfico.
Materiais	Observa-se o predomínio das frações mais grosseiras sobre a participação em porcentagem das frações de silte e argila, compreendendo materiais grosseiros geralmente associados ou provenientes das atividades antrópicas, como cascalhos e pequenos seixos, tijolos, plásticos, papéis e vidros.
Morfogênese	Colmatação por material terroso e tecnogênico proveniente das vertentes predominantemente relacionado aos episódios chuvosos intensos durante os estágios iniciais da ocupação urbana.
Morfodinâmica	Aporte de material terroso e tecnogênico proveniente das vertentes predominantemente durante episódios chuvosos.

Morfocronologia	Os registros de sedimentos tecnogênicos ao redor do reservatório surgem a partir de construção do coroamento do reservatório, o qual foi inaugurado em 1960 (Antropoceno <i>sensu</i> AWG ¹).
------------------------	---

Figura 2. Geotecnoforma de Acumulação representada por planície flúvio-lacustre tecnogênica ao redor do reservatório Mãe d’Água no Bairro Santa Isabel, área urbana no município de Viamão (RS). Foto: Nina Moura, 2000.



Morfologia e Morfometria	Talude de até 10m de altura e amplo patamar plano de escavação em terreno colinoso.
Materiais	Exposição de alterita de rocha metamórfica foliada.
Morfogênese	Escavação mecânica.
Morfodinâmica	Terraplanagem associada à implantação de loteamento, com criação de área plana e aterramento das áreas adjacentes.
Morfocronologia	Processo iniciado nas últimas décadas do Século XX, com processos erosivos superimpostos (Antropoceno <i>sensu</i> AWG).

Figura 3. Tecnoforma de Escavação formada por patamar e degrau de corte em área destinada à urbanização no município de Guarulhos (SP). Foto: Alex Peloggia, 2019.

¹ O Anthropocene Working Group (AWG) é um grupo de pesquisa interdisciplinar dedicado à investigação do Antropoceno. Foi estabelecido em 2009 pela Subcomissão de Estratigrafia do Quaternário (SQS), órgão componente da Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS), e desde então tem trabalhado para avaliar o Antropoceno como uma unidade de tempo geológico. Disponível em: <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>



Morfologia e Morfometria	Coalescência de ravinas e solo exposto nas encostas côncavas dos padrões de colinas com topos planos de altitude média entre 60-80m.
Materiais	Sedimentos arenosos provenientes do arenito da Formação Botucatu e de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.
Morfogênese	Processos erosivos decorrentes de escoamento superficial e subsuperficial.
Morfodinâmica	Progressão do ravinamento por erosão remontante em decorrência do regime pluviométrico, forma da encosta e direção do vento.
Morfocronologia	As formas de relevo relacionadas aos processos de arenização têm sua formação com o início do período denominado “surgimento da cerca no sul do Brasil”, em que se institui a propriedade rural (em torno de 1940) (Holoceno Superior-Antropoceno).

Figura 4. Geotecnoforma de Denudação representada por ravinas e solo exposto decorrentes dos processos de arenização município de São Francisco de Assis (RS). Foto: Nina Moura, 2006.

As Equiformas Tecnogênicas abarcam, como já mencionado, situações em que há modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno, ainda que a configuração e a topografia originais do relevo sejam conservadas, seja por alterações mecânicas ou químicas das coberturas pedológicas e níveis superficiais do terreno – constituindo as Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Superfície – ou dos materiais em profundidade, como é o caso dos maciços tecnoturbados, constituindo as Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Profundidade. Assim, a percolação de fluidos, como em irrigações ou correções de solo agrícolas, que produzem alterações físico-químicas nos materiais, e as construções subterrâneas diversas, a exemplo de metrô, túneis e sistemas de abastecimentos variados, desde que não modificadoras da morfologia da superfície, são exemplos de processos geradores de Equiformas.

Já a categoria das Corrugações Tecnogênicas, representada pelas Tecnoformas de Turbação, engloba as morfologias criadas pela movimentação no mesmo sítio de materiais geológicos ou pedológicos, por mecanismos diversos de revolvimento, espalhamento, escavação e redeposição, resultando em alteração topográfica. São típicos dessa configuração os terrenos de bombardeio (resultantes do fenômeno da bombardeoturbação), incomuns no

Brasil, porém com exemplos que podem ser vistos em áreas de garimpagem; podendo abranger, também, processos variados responsáveis pelo revolvimento e redeposição de materiais em áreas urbanas ou rurais.

Estas diferentes formas tecnogênicas podem apresentar variada abrangência espacial, o que lhes permite transitar entre os níveis taxonômicos mencionados. A avaliação desta taxonomia em diferentes contextos ambientais mostra-se essencial para o seu aprimoramento.

5. Representações Cartográficas

O mapa geomorfológico é um instrumento de pesquisa sobre o relevo, que, ao mesmo tempo em que direciona a pesquisa, quando concluído deve representar uma síntese como produto desta (TRICART, 1965). Neste sentido, as formas de relevo tecnogênicas poderão ser representadas no mapa geomorfológico de acordo com a escala temporal e espacial da análise da pesquisa, considerando suas dimensões e a escala cartográfica de representação.

Os elementos de representação cartográfica da morfologia tecnogênica podem apresentar expressão espacial de dimensão areolar e linear, desde que representativa na escala cartográfica definida.

No grupo dos elementos areolares, constituem exemplos de morfologias tecnogênicas representativas:

- Patamares: constituem superfícies relativamente planas criadas por remanejamento dos materiais superficiais, limitados ou não por degraus de cortes e rampas de aterros.
- Recobrimentos tecnogênicos de vertentes: formas deposicionais geradas por depósitos tecnogênicos coluviais.
- Morros, morrotes e colinas tecnogênicas: formas pronunciadas resultantes da acumulação de material tecnogênico.
- Pilhas e montículos tecnogênicos: acumulações de material tecnogênico em contextos de áreas de disposição de resíduos, de mineração, industriais, urbanos etc.
- Diques e barragens: estruturas construídas com a finalidade de conter ou armazenar água ou outros materiais deposicionais, em diversos contextos.
- Cicatrizes de movimentos gravitacionais de massa: marcas no terreno originadas por escorregamentos, fluxos de detritos, queda de blocos etc., de caráter induzido.
- Cicatrizes de mineração: cavas ou outras rupturas topográficas produzidas pela extração mineral.
- Degraus de corte: superfícies com declividades acentuadas formadas pela retirada de materiais por cortes no terreno, com rupturas de declive.
- Rampas de aterro: áreas com declividades variáveis formadas pela acumulação direta de materiais superficiais.
- Planícies fluviais tecnogênicas: formadas pelo assoreamento do eixo fluvial por materiais de origem tecnogênica.
- Terraços tecnogênicos: formas sustentadas por depósitos tecnogênico-sedimentares de caráter induzido e posteriormente entalhadas pelo canal fluvial.
- Leitões fluviais tecnogênicos: depósitos fluviais atuais formados pelo acúmulo induzido de carga sedimentar.

No grupo dos elementos lineares, constituem morfologias tecnogênicas representativas:

- Arruamentos, linhas férreas, linhas de transmissão etc.: constituídos por patamares planos e degraus de corte ou aterro, ou simplesmente representados por superfícies planas lineares.
- Rupturas de declive por corte: correspondem à ruptura de declive dada pela criação de taludes ou degraus de cortes no terreno.
- Rupturas de declive por aterro: correspondem ao limite superior das rampas de aterros sobre os terrenos.
- Sulcos, ravinas e voçorocas: feições erosivas originadas por escoamento concentrado.
- Canais, valas e trincheiras: feições de escavação com dimensão de comprimento e profundidade pronunciadas.

Nas equiformas, considerando que possuem a forma original do relevo conservada, porém com alteração do terreno devido a modificações físicas ou químicas nos materiais, as formações superficiais e a morfodinâmica devem ser tratadas por sua área de ocorrência e devem ser referenciadas em relatório associando-as aos tipos de uso da terra.

Ressalta-se que a análise da evolução da cobertura vegetal e uso da terra permitem avaliar as transformações ocorridas no espaço urbano ou rural, a partir de uma análise do modo como as sociedades têm se articulado com a natureza, mediante as determinações dos grupos sociais e das imposições ao quadro natural, por isso são fundamentais na análise das formas de relevo tecnogênicas. Os registros históricos que revelam mudanças da cobertura vegetal e uso da terra são, portanto, uma expressão das relações socioeconômicas nos territórios e

revelam formas de apropriação e modificação da natureza pela sociedade, podendo indicar um retrato das condições e da qualidade ambiental de uma determinada área mapeada (MOURA e MORAN, 2016).

Uma primeira aplicação da classificação proposta foi realizada para a bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão, afluente do rio Paraopeba no município de Brumadinho (MG), onde ocorreu o rompimento da barragem da Vale em 25 de janeiro de 2019. O desastre criminoso promoveu o aporte de aproximadamente 10 milhões de m³ de rejeito de mineração, que se depositaram ao longo dos fundos de vale a jusante da barragem (FELIPPE *et al.*, 2020). A ruptura do dique de contenção da barragem B1 liberou materiais liquefeitos de alta viscosidade, que se deslocaram em uma mecânica de corrida de lama pelo vale do ribeirão Ferro-Carvão, promovendo o decapeamento dos solos marginais, seguido da deposição dos sedimentos, o que gerou um recobrimento de mais de 3km² pelos rejeitos. A confluência com o rio Paraopeba foi o nível de base controlador dos processos, retendo a maior parte dos materiais (FELIPPE *et al.*, 2020).

A morfologia original da bacia compreende um conjunto de morros e serras, com forte controle estrutural no setor norte, entrecortados por delgadas planícies aluviais (EDUARDO *et al.*, 2021), características típicas do relevo nas bordas do Quadrilátero Ferrífero. À morfologia tecnogênica originada pelo rompimento da barragem, somam-se as áreas previamente alteradas pela agência humana para implantação da infraestrutura minerária, como as cavas de mineração e pilhas de estéril. Além disso, atividades agrossilvopastoris coadunam com áreas urbanas, formando um mosaico paisagístico complexo na bacia do Ferro-Carvão, profundamente condicionado pelas atividades humanas (EDUARDO *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Assim, o mapa aqui apresentado foi realizado sobre o mapa de feições do relevo já existente para a área, sendo reconhecidas tanto as feições tecnogênicas anteriores ao rompimento da barragem como aquelas derivadas do rompimento e que alteraram significativamente a morfologia atual. Para tanto, foram identificados, inicialmente, além dos padrões e formas de relevo definidos pela cartografia geomorfológica pré-existente, elaborada por Eduardo *et al.* (2021), as características topográficas (por meio do Modelo Digital do Terreno) e de uso e cobertura da terra, com base nos documentos disponíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Em seguida, foi realizada a identificação preliminar das morfologias tecnogênicas e efetuados trabalhos de campo para checagem e ajuste das classes reconhecidas (Figura 5). Fez-se primeiramente o reconhecimento das categorias (1º nível) elevações e superposições tecnogênicas, cicatrizes e depressões tecnogênicas e equiformas tecnogênicas; e depois dos tipos de feições (2º nível) associadas às categorias identificadas: tecnoformas e geotecnoformas de acumulação, tecnoformas e geotecnoformas de escavação e equiformas de modificação em superfície, respectivamente (Figuras 6 e 7).

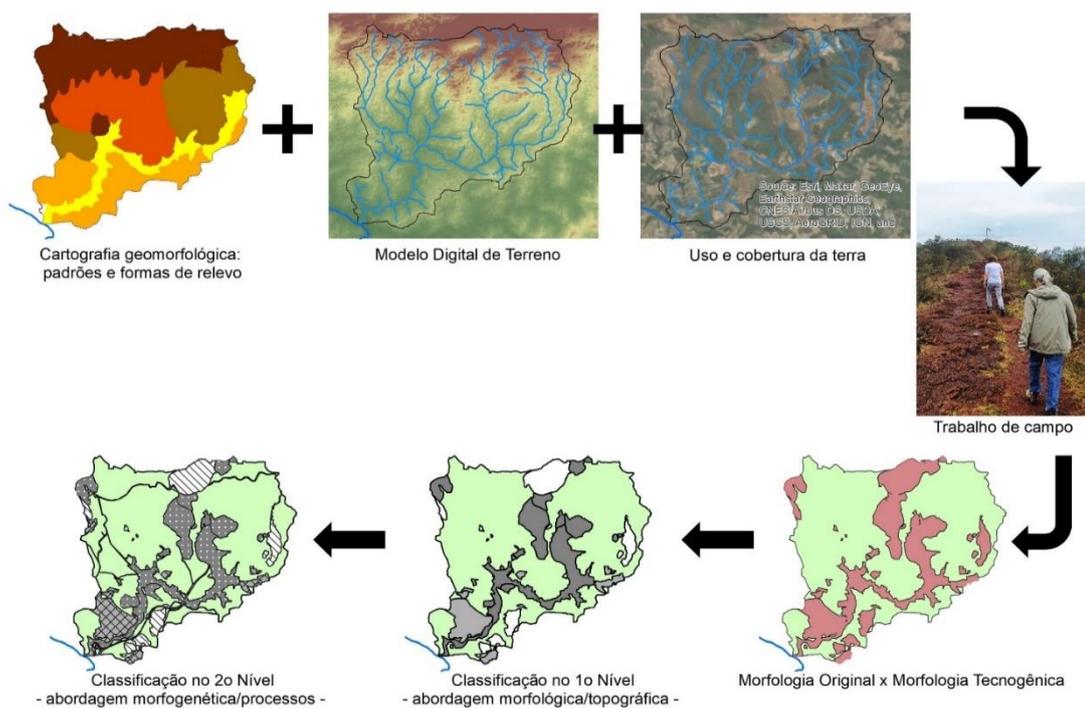


Figura 5. Organização cognitiva do mapeamento do Relevo Tecnogênico, com a sequência de etapas de identificação da morfologia e aplicação da classificação proposta.

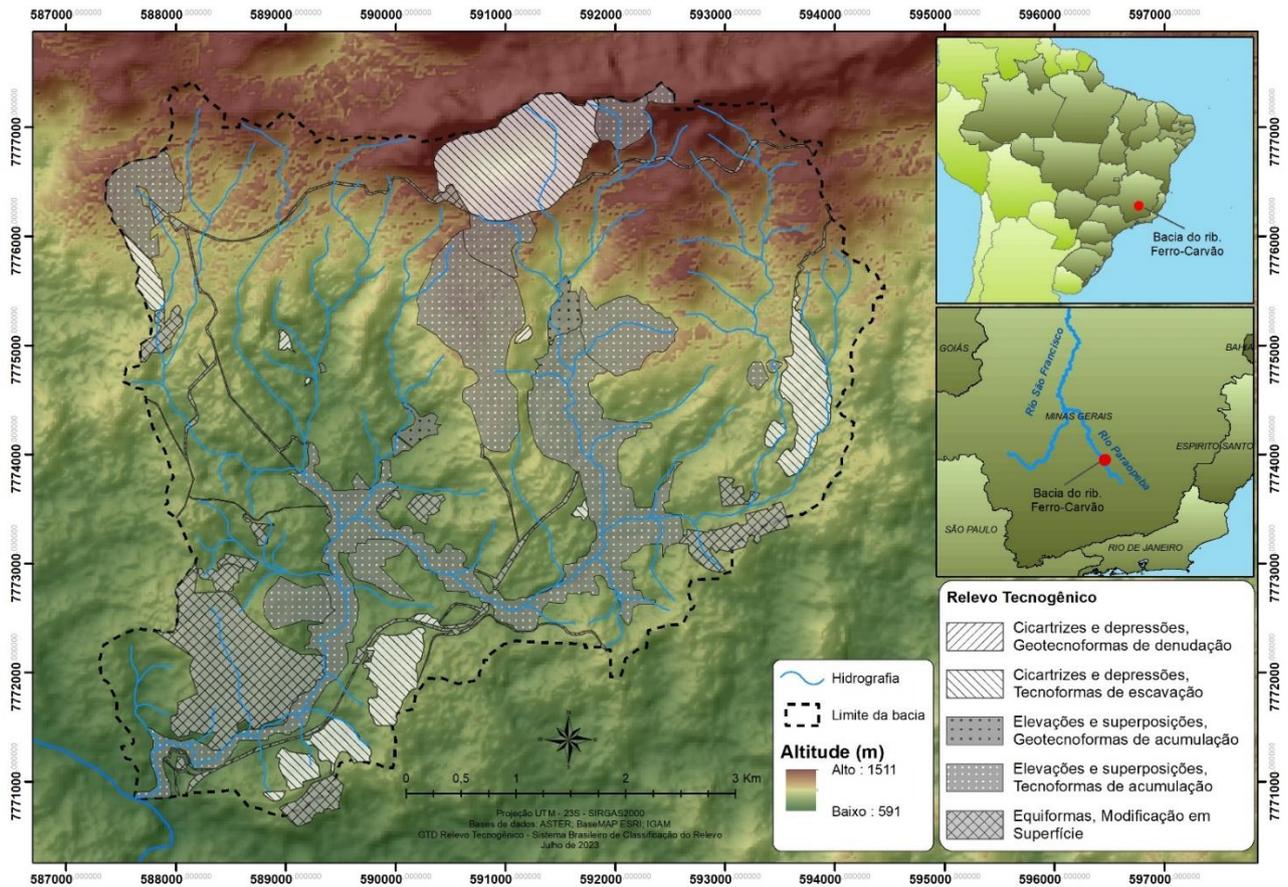


Figura 6. Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Ferro-Carvão (MG, Brasil) e reconhecimento da morfologia tecnogênica segundo as categorias (1º nível) e tipos de feições (2º nível) da classificação proposta (vide Quadro 1).

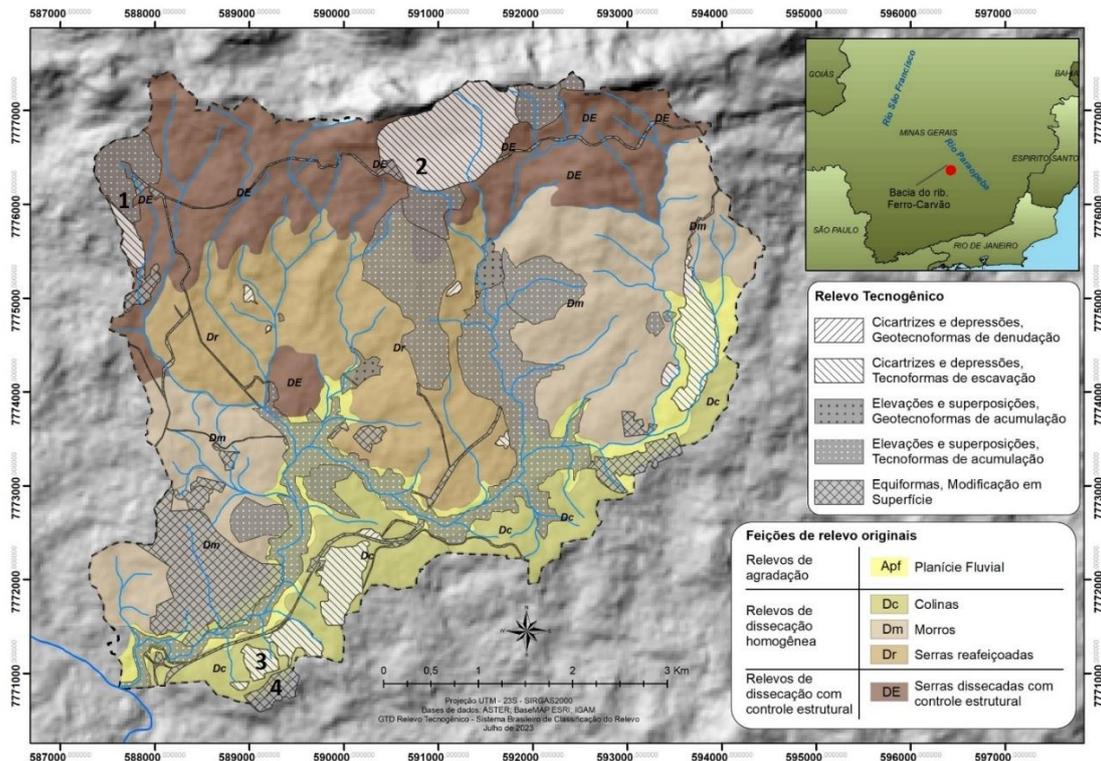


Figura 7. Mapa geomorfológico com sobreposição da interpretação do relevo tecnogênico sobre a morfologia original da bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (MG). 1 - Pilhas de material estéril oriundo da mineração produzindo tecnofomas de acumulação nos interflúvios de serras dissecadas com controle estrutural; 2 - Estruturas do complexo minerário com visualização de pilha de estéril (tecnofoma de acumulação) e taludamento associado à abertura da cava de mineração (tecnofoma de escavação) sobre as cristas da serra; 3 - Escavação para alojamento dos resíduos sólidos municipais (tecnofoma de escavação), com área de aterro em segundo plano (tecnofoma de acumulação) sobre relevo original colinoso; 4 - Áreas agrícolas com alterações dos materiais superficiais sem modificação do relevo colinoso original (equiforma de modificação em superfície). Fotos: Miguel Felipe, 2022.

Estão destacadas na figura 7 e identificadas no mapa e nas imagens fotográficas pela numeração 1, 2, 3 e 4, as alterações mais recentes no terreno, associadas diretamente ao rompimento da barragem B1. Pode-se observar nas fotografias o grande volume de material remobilizado, recobrando formas de relevo e alterações pretéritas nos terrenos, bem como a significativa expressão areal das modificações na paisagem, em desenvolvimento como decorrência do rompimento da barragem e das práticas de manejo subsequentes, em um curto intervalo de tempo.

Além do reconhecimento destas feições recentes, terrenos modificados, sobretudo, por conta da infraestrutura de exploração do minério de ferro se manifestam ora como elevações e superposições tecnogênicas (tecnofomas de acumulação associadas à formação de pilhas de material estéril, diques, dentre outras e geotecnofomas de acumulação associadas ao assoreamento de represas), ora pela escavação para retirada de materiais formando depressões no terreno (tecnofomas de escavação, como as cavas de mineração, e geotecnofomas de denudação, como cicatrizes de processos erosivos e movimentos de massa induzidos pela agência humana). Identificam-se, também, equiformas de modificação em superfície, associadas aos núcleos de ocupação urbana e cultivos agrícolas.

Portanto, o exemplo aqui exposto de mapeamento geomorfológico permite dimensionar com maior precisão como a agência humana pode interferir na configuração do relevo contemporâneo, diferencialmente em escalas de tempo e espaço, e o quanto uma paisagem pode ser alterada por múltiplos processos de acumulação e/ou de escavação, além de mecanismos de remobilização de materiais *in situ*. Assim sendo, o registro da dinâmica de transformações do relevo tecnogênico fornece informações fundamentais para a apreensão de fenômenos complexos e multiescalares, considerando ainda, como colocado por Polignano e Lemos (2020; p.37), que:

é fundamental compreender que um desastre dessa dimensão não pode ser mensurado apenas pelos danos locais, dados pontuais e temáticos. O impacto gerado pelo rompimento da barragem da empresa Vale é complexo e dinâmico, pois interfere de forma sistêmica e sinérgica ao mesmo tempo em relações ambientais, sociais e econômicas ao longo de toda a bacia do rio Paraopeba. O impacto global é bem maior e mais complexo que a simples soma das partes.

6. Conclusões

As formas de relevo tecnogênicas, como elementos integrantes da geodiversidade tecnogênica (PELOGGIA *et al.*, 2014a), devem ser entendidas no contexto dos sistemas naturais que lhes dão suporte, devendo ser analisadas a partir da apreensão daquilo que se manifesta na paisagem – com efeito, a cobertura vegetal, os usos agrícolas, as edificações, represas, aterros etc. – sendo necessário também “considerar que as expressões concretas na paisagem são dinamizadas por forças processuais que estão inseridas na causalidade socioeconômica.” (MOURA, 2011, p. 180). Considerando o mapa geomorfológico como instrumento fundamental para a interpretação, análise e representação do relevo (TRICART, 1963), as formas tecnogênicas poderão ser representadas no mapeamento geomorfológico de acordo com a escala temporal e espacial de análise das pesquisas em desenvolvimento, levando em conta suas dimensões e a escala cartográfica de representação escolhida.

Deste modo, os elementos de representação cartográfica da morfologia tecnogênica devem apresentar expressão espacial de dimensões areolar e linear representativas na escala cartográfica definida. Por outro lado, considerando-se a dimensão temporal inerente à agência humana, a cartografia retrospectiva permite a identificação e a representação da morfologia original e a sequência de intervenções nas formas e materiais superficiais, mostrando-se um recurso fundamental para o mapeamento do relevo tecnogênico, assim como as informações históricas sobre o uso da terra e da cobertura vegetal.

A discussão da taxonomia das formas de relevo tecnogênicas aqui apresentada buscou posicionar, com base na identificação de categorias de classificação do relevo tecnogênico, as morfologias originadas pela agência humana em relação aos níveis taxonômicos de Ross (1992). Apontamos que a agência humana pode interferir por vezes em escala de abrangência espacial que alcança até o nível do quarto táxon, podendo ser consideradas para aplicação da classificação do relevo tecnogênico, inicialmente distinguido com a individualização das formas alteradas ou criadas pela agência humana (morfologias tecnogênicas) em relação às que não sofreram alteração pela agência humana (morfologias originais) e, nas etapas seguintes, pela identificação morfológica/topográfica e morfo genética/processual.

Os esforços realizados até o presente momento para elaboração da presente proposta de taxonomia estão apoiados em um profundo debate teórico-conceitual, ancorado na produção científica nacional e internacional, que buscou estabelecer uma estrutura o mais abrangente possível de reconhecimento e mapeamento de feições de relevo tecnogênicas. No entanto, reconhecemos que, por serem formas de relevo extremamente peculiares às

paisagens contemporâneas, deverá haver um processo contínuo de análise, acompanhamento e reflexão sobre as propostas em elaboração no âmbito do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR), com vistas ao seu aprimoramento e consolidação de modo a permitir a representação do relevo tecnogênico em distintos contextos geográficos brasileiros.

Contribuições dos Autores: Concepção, Nina Simone Vilaverde Moura, Telma Mendes da Silva; metodologia, Nina Simone Vilaverde Moura, Telma Mendes da Silva, Maria Naíse de Oliveira Peixoto.; seleção de imagens e construção e preenchimento de quadros, Alex Ubiratan Goossens Peloggia; elaboração de mapas e construção da rotina de mapeamento, Miguel Fernandes Felipe, Marjorie Cseko Nolasco; escrita do artigo, Nina Simone Vilaverde Moura, Telma Mendes da Silva, Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia; revisão do texto, Maria Naíse de Oliveira Peixoto, Antônio Manoel dos Santos Oliveira.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

Agradecimentos: Ao IBGE e à UGB pelo convite a todos os profissionais envolvidos e que compõem o Grupo de Trabalho Direcionado ao Relevo Tecnogênico, responsável pela elaboração das diretrizes para o mapeamento de formas de relevo tecnogênicas e que integrará o Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). Aos Programas de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ e UFRGS pela concessão de ajudas de custo a professores para realização das etapas de campo da pesquisa; ao Instituto de Geociências da UFRJ pela disponibilização de veículos para realização de trabalhos de campo com a equipe de pesquisadores.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. ABREU, A.A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 4, n. 2, p. 51-67, 2003.
2. AB'SABER, A.N. Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia - IGEOG-USP*. n.18, p.1-23,1969.
3. CHEMEKOV, Y.F. Technogenic deposits. In: INQUA Congress, 11, Moscow, **Abstracts...** v. 3, p. 62, 1983.
4. COMITÊ EXECUTIVO NACIONAL – CEN/SCBR. Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SCBR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. *Revista Brasileira de Geografia*. v.67, n.2, p.212-227, 2022.
5. CRUTZEN, P.J.; STOERMER, E.F. The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 2000.
6. DEMEK, J. Generalization of Geomorphological Maps. In: DEMEK, J. (ed.). **Progress made in geomorphological mapping**, Brno: IGU – Commission on Applied Geomorphology. 1967, p.36-72.
DOI: 10.21800/2317-66602020000200011.
7. EDUARDO, C.C.; SILVA, T.M.; OLIVEIRA, T.A.; LOBATO, R.B. Relevo Tecnogênico e (re) transformações na paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Ferro-Carvão. In: MILANEZ, B.; FELIPPE, M.F. (orgs.). **Minas Esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba**. 1ed. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021, v. 1, p. 96-107.
8. FELIPPE, M.F.; COSTA, A.; GONCALVES, R.J.A.F.; GUIMARÃES, I.P.M.B.; OLIVEIRA, G.B.; MACHADO, A.C.A.R.; REIS, L.A.; REZENDE, M.O. **Minas de Lama: relatório da expedição geográfica no vale do rio Paraopeba**. Juiz de Fora - MG, 2020.
9. MESCERJAKOV, J.P. Les concepts de morphostruture et de morphoscultures: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique. *Annales de Geographie*. v. 77, n. 423, p. 539-552, 1968.
10. MOURA, N.S.V. Estudos geográficos com ênfase na geomorfologia: questões teóricas, metodológicas, mapeamentos e aplicações em estudos ambientais. *Brazilian Geographical Journal*. v. 2, n. 1, p. 171-181, 2011.
11. MOURA, N.S.V.; MORAN, E.F. Problemas ambientais urbanos: questões metodológicas nos estudos geomorfológicos com ênfase na análise geomorfológica e nas mudanças do uso da Terra. In: BASSO, L.A.; MOURA, N.S.V.; STROHAECKER, T.M. **Geografia: dinâmica, conflitos e proposições**. Porto Alegre: wwlivros, 2017, p. 12-30. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/170783/001054785.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 10 ago. 2023.
12. MOURA, N.S.V.; SILVA, T.M.; GOUVEIA, I.C.M.C.; PEIXOTO, M.N.O.; FELIPPE, M.F.; OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G.; NOLASCO, M.C. Ordenação taxonômica para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XIX, **Anais...** UERJ, Rio de Janeiro, Eixo 3, p. 164-168, 2022.
13. OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphical temporal implications of the geological action of mankind. *Quaternary and Environmental Geosciences*. v. 5, n. 2, p. 103-111, 2014.
14. OLIVEIRA, B.T.A.; OLIVEIRA, C.V.; FELIPPE, M.F. Influência dos depósitos de rejeito de mineração nas características físico-químicas das águas: estudos na planície tecnogênica do Alto Rio Doce, MG. **Caderno de Geografia**. v. 31, p. 70-89, 2021.

15. PEIXOTO, M.N.O.; OLIVEIRA, A.M.; PELOGGIA, A.U.G.; FELIPPE, M.F.; NOLASCO, M.C.; MOURA, N.S.V.; SILVA, T.M.; GOUVEIA, I.C.M.C. Proposta de classificação geomorfológica do relevo tecnogênico. XVIII Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário, **Livro de Resumos...** ABEQUA/UFBA/UFESB, p. 48, 2022.
16. PELOGGIA, A.U.G. **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo: Iglu, 1998.
17. PELOGGIA, A.U.G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do Homem no Município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. n. 16, p. 24-31, 2005.
18. PELOGGIA, A.U.G. Camadas que falam sobre o ser humano, caso encontrem arqueólogos e geólogos que as escutem: rumo a uma arqueogeologia interpretativa dos depósitos antropogênicos. In: ORTEGA, A.M.; PELOGGIA, A.U.G. (orgs.). **Entre o Arcaico e o Contemporâneo**. São Paulo: Iglu, 2015, p.189-221.
19. PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, A.A.; SILVA, E.C.N.; NUNES, J.O.R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**. v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014a.
20. PELOGGIA, A.U.G.; SILVA, E.C.N.; NUNES, J.O.R. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences**. v. 5, n. 2, p. 67-81, 2014b.
21. PELOGGIA, A.U.G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. *Revista UNG Geociências* v.16, n.1, p.102-127, 2017.
22. PENCK, W. **Morphological Analysis of Landform**. London: Macmillan and Co., 1953. 429p.
23. POLIGNANO, M.V.; LEMOS, R.S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na bacia do rio Paraopeba. **Revista Ciência e Cultura**. v.72, n.2, p.37-43, 2020. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v72n2/v72n2a11.pdf>. Acessado em: 02 mar. 2023.
24. RODRIGUES, C. On Anthopogeomorphology. Regional Conference on Geomorphology, **Anais...** Rio de Janeiro, IAG/UGB, p. 193, 1999.
25. ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Editora Contexto, 1990.
26. ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia - FFLCH/USP**. n. 6, p. 17-29, 1992.
27. SUBCOMISSÃO DE ESTRATIGRAFIA DO QUATERNÁRIO - Grupo de Trabalho do Antropoceno. Disponível em: <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>. Acessado em: 10 ago. 2023.
28. TER-STEPANIAN G. Beginning of the Technogene. **Bulletin of the international Association of Engineering Geology**. v. 38, p. 133-142, 1988.
29. TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Mas. et Cie. Éditeurs, 1965. 469 p.
30. WATERS, C.N.; WILLIAMS, M.; ZALASIEWICZ, J.; TURNER, S.D.; BARNOSKY, A.D.; HEAD, M.J.; WING, S.L.; WAGREICH, M.; STEFFEN, W.; SUMMERHAYES, C.P.; CUNDY, A.B.; ZINKE, J.; FIAŁKIEWICZ-KOZIEŁ, B.; LEINFELDER, R.; HAFF, P.K.; MCNEILL, J.R.; ROSE, N.L.; HAJDAS, I.; MCCARTHY, F.M.G.; CEARRETA, A.; GAŁUSZKA, A.; SYVITSKI, J.; HAN, Y.; AN, Z.; FAIRCHILD, I.J.; IVAR DO SUL, J.A.; JEANDEL, C. Epochs, events and episodes: Marking the geological impact of humans. **Earth-Science Reviews** 234, 2022. DOI: 10.1016/j.earscirev.2022.104171.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.