

As nascentes antropogênicas como expressões da materialidade do Antropoceno e do Tecnógeno

Mirella Nazareth de Moura – Doutoranda em Geografia – UFMG
(mirellanm92@hotmail.com)

Antônio Pereira Magalhães Júnior – Professor Titular – UFMG
(antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com)

Miguel Fernandes Felipe – Professor Adjunto – UFJF
(miguel.felippe@ich.ufjf.br)

Resumo: Os desequilíbrios históricos nas relações da humanidade com a natureza engendram a proposição de um novo período geológico-geomorfológico. Neste novo período, a humanidade se configura como agente atuante na criação e modificação de formas, processos e materiais, referindo-se, portanto, como Antropoceno, Tecnógeno ou Quinário. Dessarte, o homem como um agente geológico-geomorfológico, é capaz de alterar uma série de sistemas ambientais, como a exemplo deste trabalho, os sistemas hidrogeomorfológicos, muito bem representados pelas nascentes antropogênicas. Nesta conjuntura, este artigo objetiva discutir a singularidade dessas como parâmetros de expressão das intervenções humanas em processos geomorfológicos e, conseqüentemente, de sinalização da materialidade do Antropoceno e do Tecnógeno. O trabalho parte da sistematização das bases conceituais dos termos Antropoceno, Tecnógeno e Quinário, visando esclarecer os conceitos norteadores da pesquisa. Em seguida, debruça-se na discussão de casos pautados na empiria, nos quais nascentes foram direta ou indiretamente criadas pela ação humana. Nesse diálogo, descortinam-se insuficiências teórico-metodológicas que demandam atenção da comunidade acadêmica ante a reconhecida importância socioeconômico-cultural e ecológico-ambiental das nascentes.

Palavras-Chave: Alterações antrópicas, Hidrogeomorfologia, Antropogeomorfologia

Abstract: Historical imbalances in humanity's relations with nature engender the proposition of a new geological-geomorphological period. This new period, humanity configures itself as an acting agente in the creation and modification of forms, processes and materials, referring, therefore, as Anthropocene, Technogen or Quinary. As a result, men as a geological-geomorphological agente is capable of altering a series of environmental systems, such as the example of this work, the hydrogeomorphological systems, very well represented by anthropogenic springs. In this contexto, this article aims to discuss their singularities as parameters of expression of human interventions in geomorphological processes and, consequently, of signaling the materiality of the Anthropocene and Technogene. This paper starts from the systematization of the conceptual bases of the terms Anthropocene, Technogen and Quinary, aiming to clarify the guiding concepts of the research. Then, it focuses on the discussion of cases based on empirical evidence, in which springs were directly or indirectly created by human action. In this dialogue the theoretical-methodological insufficiencies that demand attention from the academic Community, are unveiled, due to the recognized socioeconomic-cultural and ecological-environmental importance of the springs.

Key words: Anthropogenic changes, Hydrogeomorphology, Anthropogeomorphology

INTRODUÇÃO

A evolução da humanidade foi marcada, principalmente a partir da Revolução Industrial, pelo desenvolvimento socioeconômico e pela evolução progressiva da ciência e da técnica, mas, por outro lado, também pelo consequente crescimento exponencial da demanda por recursos naturais e dos danos e desequilíbrios ambientais (TURNER *et al.* 1990; ZALASIEWICZ *et al.*, 2010; SILVA *et al.* 2014). Os processos de urbanização e de crescimento dos usos de água e de combustíveis fósseis, exemplificam as pressões sobre o patrimônio ambiental do Planeta, trazendo impactos importantes no tocante à emissão de gases poluentes e ao desmatamento (CRUTZEN, 2006).

Os desequilíbrios históricos nas relações da humanidade com a natureza derivam da capacidade interventiva e transformadora do ser humano, alterando as dinâmicas e processos naturais em busca de aperfeiçoar as condições necessárias à sua existência (SILVA *et al.* 2014). Neste processo evolutivo, a humanidade também altera o relevo e as paisagens, os processos geomorfológicos e os seus materiais resultantes, em diferentes níveis de abordagem e escalas espaço-temporais. Diversos autores como Ab'Saber (1969) e Peloggia (1998) salientam a capacidade da ação antrópica em promover alterações nas características fisiográficas das paisagens, bem como modificar a sua fisiologia e criar depósitos comparáveis às formações superficiais naturais ao longo do Quaternário.

Compreender as alterações oriundas da ação antrópica nas paisagens é uma pauta relevante nas Geociências, já que a magnitude e a intensidade das transformações justificam a retórica de que a sociedade, em termos coletivos, é um agente geológico e geomorfológico ativo no Quaternário (SILVA *et al.*, 2014). Os efeitos da ação antrópica podem apresentar magnitude, por vezes, superior àqueles resultantes da dinâmica natural (PELOGGIA, 2005). Este panorama trouxe à tona a discussão da proposição de um período geológico-geomorfológico no qual a humanidade se configura como agente atuante na criação e modificação de formas, processos e materiais, referido como Antropoceno, Tecnógeno ou Quinário (TER-STEPANIAN, 1988; DOERR; GUERNSEY, 2010; SOUZA; PEREIRA, 2015; LI, *et al.*, 2017; FRANÇA JUNIOR; PELOGGIA, 2021).

No que diz respeito à geomorfologia, de uma maneira geral, é possível de se citar, diversos trabalhos nacionais e internacionais, cujo o objetivo é discutir que tanto o Tecnógeno,

quanto o Antropoceno, se manifestam em diferentes escalas espaciais, seja atuando diretamente sobre as formas de relevo, ou, seja atuando sobre os processos e materiais.

No Brasil, alguns autores como Peloggia (2015), Oliveira e Queiroz Neto (2017) e França Junior *et al* (2018), discutem o processo de erosão acelerada, e, conseqüentemente, assoreamento de rios, ambos oriundos da retirada da vegetação nativa, no intuito de se promover a expansão da cultura cafeeira. Com isso, são bastante evidentes e abundantes os depósitos tecnogênicos, espalhados por localidades as quais deram espaço à plantação de café.

Muitos trabalhos também se debruçam em estudos que visam descrever como o processo urbanização também desencadeou a retirada da vegetação, e, posteriormente, a erosão (pluvial, fluvial e costeira). No Brasil, é o caso de autores como Gomes *et al* (2012), Oliveira *et al* (2014), Silva e Horn Filho (2014), Machado e Silva (2016), Peloggia *et al* (2018). Na Rússia Potravny *et al* (2017), Pashkevich e Petrova (2017) e Vasilieva *et al* (2021), na Polônia Charzyński *et al* (2013) e Creinert *et al* (2017), na Macedônia Tasev e Serafimovski (2020) e na Itália Cappadonia *et al* (2020).

Especificamente no tocante à geomorfologia fluvial, as intervenções humanas podem alterar, direta ou indiretamente, a dinâmica dos cursos d'água por meio de diversas ações como regularização de vazões por barramentos e reservatórios, retinizações e canalizações, extração de sedimentos dos leitos fluviais, retirada da vegetação e mudanças nos usos da terra que afetem as variáveis do ciclo hidrológico e as taxas de erosão e fornecimento sedimentar à rede hidrográfica (CHARLTON, 2008; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). O homem como agente geomorfológico pode desencadear, portanto, diversas transformações nos fluxos de matéria e energia dos sistemas fluviais, desequilibrando a dinâmica natural de processos como intemperismo, erosão, desnudação e sedimentação (BRIERLEY; FRYIRS, 2005; FELIPPE *et al*, 2013).

Em espaços urbanos tem sido salientada a indiscutível a capacidade humana de alteração da dinâmica hidrogeomorfológica, configurando-se na “principal expressão espacial das pressões antrópicas sobre a dinâmica pluvial e fluvial” (FELIPPE, *et al* 2013:280). As áreas urbanas ilustram de modo transparente, portanto, como as perturbações humanas podem engendrar mudanças que estão além das condições geomorfológicas e biológicas naturais dos cursos d'água (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Dentre os muitos e distintos sistemas hidrogeomorfológicos presentes na natureza, levar-se-á em conta neste trabalho, as nascentes urbanas, pois essas, possuem um importante potencial de sinalizar estas mudanças e, ao mesmo tempo, de demonstrar a complexidade das interações entre a sociedade e a dinâmica das águas, já que são sistemas extremamente sensíveis às pressões ambientais.

As nascentes podem manifestar impactos antrópicos nos processos hidrogeomorfológicos que as geram e sustentam, expondo alterações na dinâmica da exfiltração da água subterrânea (FELIPPE, 2009; MOURA, 2020). Estas mudanças podem incluir processos de exfiltração condicionados por ações humanas em locais onde, naturalmente, não ocorreriam, configurando a gênese das denominadas nascentes antropogênicas (FELIPPE, 2009; FELIPPE *et al.*, 2013). Nestas, dois elementos devem ser destacados: i) a retirada da cobertura superficial, com consequente criação de uma nova superfície topográfica; ii) o favorecimento de novas condições de interceptação superficial do nível freático e, conseqüentemente, de exfiltração (FELIPPE, 2009; KNIGHTON, 1984; FELIPPE *et al.* 2013)

Nesta conjuntura, este artigo objetiva discutir a singularidade das nascentes antropogênicas como parâmetros de expressão das intervenções humanas em processos geomorfológicos e, conseqüentemente, de sinalização da materialidade do Antropoceno e do Tecnógeno. O trabalho parte da sistematização das bases conceituais dos termos Antropoceno, Tecnógeno e Quinário, visando esclarecer os conceitos norteadores da pesquisa. Em seguida, debruça-se na discussão de casos pautados na empiria, nos quais nascentes foram direta ou indiretamente criadas pela ação humana. Nesse diálogo, descortinam-se insuficiências teórico-metodológicas que demandam atenção da comunidade acadêmica ante a reconhecida importância socioeconômico-cultural e ecológico-ambiental das nascentes.

ANTROPOCENO, TECNÓGENO E QUINÁRIO

Cada vez mais, a ciência vem confirmando que estamos, de fato, vivendo um processo de transformação comparável àqueles do passado geológico, ou seja, a interação entre as atividades humanas está alterando consideravelmente os processos e ciclos geológicos, geomorfológicos, físicos, químicos e ecológicos na superfície terrestre. Portanto, nas últimas décadas foi intensificada a defesa da adoção oficial de um novo intervalo tempo geológico: a época do Antropoceno (ZALASIEWICZ *et al.*, 2010; FRANÇA JUNIOR; PELOGGIA, 2021).

O conceito foi proposto por Crutzen e Stoermer (2000), no contexto dos estudos sobre as transformações ambientais globais. O termo foi inicialmente sugerido para suscitar reflexões sobre a perturbação de processos na superfície da Terra, advinda de atividades humanas. A proposta do Antropoceno é argumentada, portanto, com base na influência humana em diferentes dimensões ambientais como clima, geomorfologia, biologia e hidrologia (ZELASIEWICZ *et al.*, 2008) .

O prestígio de Paul Crutzen, químico ambiental holandês e ganhador do Prêmio Nobel em 1995, foi um grande propulsor da discussão do Antropoceno na seara científica, bem como em sua difusão entre o público em geral (FRANÇA JUNIOR; PELOGGIA, 2021). Diante disso, pode-se interpretar que a abordagem antropocênica teve seu berço nas ciências ambientais, tendo em vista que, além de Crutzen, os principais autores e expoentes dessa temática são relacionados à química, biologia e geografia (principalmente a climatologia). As raízes do Antropoceno nas ciências ambientais dizem muito a respeito da sua escala de análise, seus desdobramentos, suas preocupações e discussões, assim como as suas diferenças em relação à concepção do Tecnógeno.

Atribuir uma data específica para o início do Antropoceno é um pouco arbitrário, não existindo um consenso, mas Crutzen (2006) sugere a última parte do século XVIII. O autor justifica a escolha deste recorte temporal em função de, nos últimos dois séculos, os efeitos globais das atividades humanas tornarem-se claramente perceptíveis. Ademais, esse é o período em que os dados recuperados de núcleos de gelo glacial mostram o início de um crescimento nas concentrações atmosféricas de gases como CO₂, CH₄ e N₂O, bem como é o período que coincide com a invenção da máquina à vapor por James Watt.

Zalasiewicz *et al* (2008) e Zalasiewicz *et al* (2015) corroboram com o argumento de Crutzen e defendem que as paisagens urbanas soterradas e artefatos coincidentes com a Revolução Industrial designariam o Antropoceno. Os últimos autores ainda mencionam que a 'Grande Aceleração' ¹em meados do século XX, também pode ser considerada como um marco para o Antropoceno.

Independentemente do marco do Antropoceno a ser adotado, a sua concepção se baseia na lógica de que as influências do homem na atmosfera adquiriram uma escala global (OLIVEIRA; PELOGGIA, 2014). Isso quer dizer que a própria escala de análise do Antropoceno deve ser bastante ampla, não se levando em conta apenas as influências humanas nas formas, processos e materiais na superfície terrestre, mas também como essas influências interferem globalmente na vida da sociedade.

Nesse sentido, assume-se que mesmo antes do advento do Antropoceno (enquanto recorte temporal), formas, materiais e processos antropogênicos já ocorriam localmente na superfície terrestre. Como exemplos, tem-se os registros derivados de civilizações antigas em diversas regiões do mundo, associados a alterações pedológicas, depósitos detríticos e orgânicos,

¹ McNeill e Engelke (2016) definem a grande aceleração como um período o qual houve um aumento exacerbado do uso de energia e crescimento populacional, começando-se, assim, a se exigir muito dos recursos naturais. Dentre as muitas manifestações deste período, pode-se citar o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, o desmatamento e a perda de biodiversidade.

alterações da superfície topográfica, desvios de cursos d'água, entre tantos outros (REDMAN, 1999; MASINI; LASAPONARA, 2006). Porém, como dito, tais manifestações se limitavam à escala local.

Enquanto um recorte temporal, apesar de não ser original nas geociências, a ideia do Antropoceno passou a orientar um número cada vez maior de investigações que descrevem o impacto coletivo da humanidade nos processos físicos e químicos que permeiam os aspectos geológicos, geomorfológicos e biológicos nos sistemas terrestres, sendo, portanto, uma concepção diretamente ligada às influências humanas (FRANÇA JÚNIOR; PELOGGIA, 2021). Neste sentido, a abordagem do Antropoceno deve envolver dimensões multidisciplinares, incluindo a colaboração de geólogos, geógrafos, arqueólogos, antropólogos e cientistas sociais (BRAJE; ERLANDSON, 2014).

Apesar do termo Antropoceno não possuir definição precisa (FRANÇA JÚNIOR; PELOGGIA, 2021), alguns avanços podem ser notados nas últimas décadas. Segundo Zalasiewicz *et al* (2010), após a consideração inicial pela Comissão de Estratigrafia da Sociedade Geológica de Londres, o Antropoceno está sendo formalmente examinado como uma nova unidade potencial dentro da Carta Cronoestratigráfica Internacional pelo Grupo de Trabalho “Antropoceno”, da Subcomissão de Estratigrafia Quaternária, por sua vez, um órgão componente da Comissão Internacional de Estratigrafia (BRAJE; ERLANDSON, 2014; ZALASIEWICZ *et al* 2015).

A proposta do Antropoceno, todavia, não é a única a ser discutida, em termos gerais, na seara científica. Essa proposta foi, inclusive, precedida de outras, marcadamente discutida entre os geocientistas, sobretudo na União Soviética. (FRANÇA JÚNIOR; PELOGGIA, 2021). Destaca-se a proposta fomentada por Ter-Stepanian (1988), no âmbito da Geologia de Engenharia, referente ao período Quinário e a sua época correspondente, o Tecnógeno. O Quinário, sucessor do Quaternário, teria se iniciado há cerca de 10.000 A.P. e teria como marco a Revolução Agrícola (ou Neolítica), o primeiro marco tecnológico da humanidade após o domínio do fogo. A época do Holoceno, formalmente a atual, seria um período de transição a ser concluído quando todas as paisagens naturais tiverem sido alteradas pela humanidade (TER STEPANIAN, 1988; DIAS, 2016; FRANÇA JÚNIOR; PELOGGIA, 2021).

Para Dias (2016), o termo “Quinário” foi proposto para caracterizar a passagem do homem de um estado primitivo a um estado avançado na escala da evolução biológica. Ou seja, a ação do homem passaria de atividades destinadas a satisfazer as necessidades essenciais, até o seu extremo: a apropriação e o domínio da natureza por meio do trabalho e da técnica, interferindo diretamente no equilíbrio dinâmico do planeta (CUNHA, 2000). Assim, o Quaternário marca o

momento do surgimento do homem, ao passo que o Quinário constitui o período de sobreposição ativa deste sobre a natureza. (ROHDE, 2005; SILVA *et al*, 2014; DIAS, 2016). Por conseguinte, a época abarcada pelo Quinário, reflete a situação geológico-geomorfológica atual, em que a denominação “Tecnógeno” deriva do caráter técnico das intervenções humanas sobre as paisagens (DIAS, 2016). Desta forma, é nesta época que a ação geológica humana ganha destaque significativo no que tange aos processos da dinâmica externa, em relação à processualidade anteriormente vigente (OLIVEIRA *et al*. 2005, PELOGGIA 2018)

Com a Revolução Técnico-Científica iniciada no século XX, um marco do início do Tecnógeno para alguns, as mudanças provocadas pela sociedade no ambiente ressaltam as marcas da ação humana nas paisagens. Para Rohde (2005), as modificações contemporâneas das paisagens, incluem as feições geomorfológicas antrópicas, a aceleração da erosão dos solos e episódios de poluição. Atentando-se para as marcas da ação humana em nível local, observa-se a criação de formações superficiais geradas a partir da intervenção humana, denominados de “depósitos tecnogênicos”. Esses depósitos motivaram a proposta de criação do Quinário e do Tecnógeno, fazendo uma alusão ao avanço técnico-instrumental (DIAS, 2016).

De modo geral, os processos gerados diretamente ou induzidos pelo homem ocorrem em uma escala de tempo muito acelerada quando comparada à dos processos morfodinâmicos naturais exógenos, caracterizando uma aceleração do tempo geomorfológico (PEREZ-FILHO; QUARESMA, 2011; ROSSATO; SUERTEGARAY, 2000). Mesmo que as leis naturais permaneçam as mesmas, um sistema ambiental sob ação transformadora do homem tende a reagir e buscar adaptar-se às novas condições, podendo migrar temporalmente rumo a um novo estado de equilíbrio dinâmico (FELIPPE, *et al.*, 2013).

Em suma, conforme Oliveira *et al* (2005) existem muitas formas de se compreender a ação geológica humana, como por exemplo em relação à mudança do caráter dos processos superficiais, ritmo de mudança, ou a respeito da modificação quantitativa e qualitativa, direta ou indiretamente das novas formações geológicas. Caracteriza-se, assim, como um período revolucionário (porque de processos intensificados, ou acelerados) salto qualitativo (porque de processos novos), motivando estudos neste novo campo das Geociências.

Diante disso, pode-se interpretar, que a abordagem do Tecnógeno se inclina para ter mais aderência com a capacidade humana de produzir direta e indiretamente depósitos geológicos superficiais, focando nos processos, formas e materiais oriundos da ação humana. Portanto, a concepção do Tecnógeno é diferente da do Antropoceno, ainda que ambos possuam pontos de convergência. Enquanto o Tecnógeno se refere a escalas espaciais específicas nas quais ocorrem

feições do relevo ou depósitos de materiais produzidos ou alterados pela ação humana, o Antropoceno é fortemente marcado pela abordagem de fenômenos globais gerados ou condicionados pelas ações humanas. Na atual existência de diferentes abordagens e falta de consenso terminológico, cabe ao pesquisador, averiguar, dentro de sua escala de análise, qual abordagem melhor lhe convém para uma melhor interpretação de seus resultados.

ANTROPOGEOMORFOLOGIA E NASCENTES ANTROPOGÊNICAS

Diante da irrefutável e crescente ação humana sobre o modelado da superfície terrestre, após a segunda metade do século passado, começa a ganhar força um campo de estudo das geociências dedicado à relação sociedade/relevo: a antropogeomorfologia. Primeiramente, suas preocupações estavam voltadas às ações humanas que modificavam processos geomorfológicos e criavam formas do relevo. Porém, nas últimas décadas, a antropogeomorfologia tem cada vez mais se aproximado do debate ambiental *lato sensu*, debruçando-se sobre os impactos humanos no relevo e na paisagem e suas consequências para a própria sociedade (GOUDIE, 1993; GOUDIE; VILLES, 2016; GOUDIE, 2018).

Essa visão, porém, não deve reforçar a dicotomia entre sociedade e natureza que tanto se busca dirimir. Compreende-se aqui, as paisagens como totalidades sócio-naturais, híbridas, cocriadas por processos naturais e sociais em um determinado tempo e espaço (ASHMORE, 2015; MOULD; FRYIRS; HOWITT, 2018). Isso implica em reconhecer os fenômenos físicos sem desconsiderar o contexto político, econômico e cultural, de modo que a sociedade não seja entendida como um mero “fator antrópico” (LIMA, 2015) do relevo, mas um elemento que engendra o sistema geomorfológico em dialogia com os tradicionais agentes morfodinâmicos.

Essa abordagem “sócio-geomorfológica” (ASHMORE, 2015; MOULD; FRYIRS; HOWITT, 2018) compreende as assimetrias e desigualdades que se manifestam na sociedade contemporânea, ao passo que reconhece a importância do diálogo entre os conhecimentos técnicos e não-técnicos sobre o relevo, para fins de gestão territorial. Evidencia-se, assim, que determinados grupos sociais tenham maior controle e responsabilidade sobre a apropriação do relevo e, por conseguinte, sobre a conformação de paisagens antropogênicas (CASTRO e SILVA, 2014), seja de modo direto ou indireto, intencional ou acidental.

O papel da sociedade como agente geomorfológico ganha protagonismo no contexto atual. Rózsa (2010) afirma que mais de um terço da superfície continental da Terra é alterada pelas atividades humanas e que estas ações estão entre as principais responsáveis pela produção de

sedimentos nas vertentes, o que coloca os processos antropogênicos como fatores geomorfológicos dominantes na morfodinâmica da paisagem.

Tamanha relevância advém não apenas de mudanças diretas no relevo local, mas também pelas interferências nos agentes e processos geomorfológicos. Interferências diretas relacionadas à mineração, agricultura e urbanização, por exemplo, criam modelados antropogênicos de espacialidade restrita, porém, constante no planeta. Por outro lado, ações indiretas (intencionais ou não) influenciam significativamente os mecanismos de funcionamento dos agentes geomorfológicos como água, vento, gelo e seres vivos (PELOGGIA et al., 2014; HUPY, 2017); por conseguinte, tem-se a mudança na dinâmica dos processos de modelagem do relevo, alterando o balanço espaço-temporal dos fatores morfogenéticos (PEREZ-FILHO; QUARESMA, 2012).

Nesse sentido, o Antropoceno se manifesta na geomorfologia de modo interesalar, transitando entre as escalas local e global. Porém, enquanto os registros locais, derivados de interferências diretas e intencionais são relativamente fáceis de serem reconhecidos, sobretudo através de análises morfoestratigráficas ou pela cartografia retrospectiva – como em Eduardo, Felipe e Silva (2020); Pelech e Peixoto (2020); Eduardo, Felipe e Silva (2019); Peloggia et al. (2018) – a apreensão das consequências da ação indireta da sociedade dos agentes geomorfológicos é muito mais complexa, uma vez que envolve a aceleração de processos naturais além da criação de novos processos (GOUDIE; VILLES, 2016).

Goudie (1993) afirma que apesar de nítida, há grandes incertezas sobre como a humanidade tem influenciado as respostas hidrológicas em escala global e como essas interferências se manifestam na escala local, por exemplo, na degradação de permafrost, derretimento de geleiras ou nas alterações em áreas úmidas, deltas e nascentes. Em última instância, o aquecimento global, por si só, já promove “importantes implicações para muitos processos e fenômenos geomorfológicos” (GOUDIE, 1993, p. 37).

Assumindo as complexas e por vezes caóticas relações entre as infindáveis variáveis que conformam o sistema natureza, parece claro que no Antropoceno, os processos hidrogeomorfológicos estejam, em maior ou menor grau, influenciados pelas ações humanas, sejam elas diretas ou indiretas. O ciclo hidrossocial e o hibridismo sócio-natural da água (SWYNGEDOUW, 2014) evidenciam que a movimentação da água, em escala local e global, está fortemente condicionada por questões político-econômicas. Assim, rios, nascentes, áreas úmidas e quaisquer outros hidrossistemas são condicionados por questões outras, que não as eminentemente naturais.

Nesse contexto, nascentes antropocênicas ou tecnogênicas (adjetivo relativo ao Antropoceno/Tecnógeno enquanto recorte temporal) possuem dinâmicas invariavelmente influenciadas por ações humanas, seja na forma de interferências diretas para uso das águas, ou mesmo por distúrbios nos processos hidrológicos oriundos das alterações de uso e cobertura da terra nas bacias de contribuição. Entretanto, para Felipe *et al.* (2013) há casos de nascentes que além de antropocênicas/tecnogênicas (idade) são formadas pelas ações humanas sobre o relevo, denominadas nascentes antropogênicas.

A antropogenia de nascentes vincula-se diretamente com processos morfogenéticos antrópicos. Segundo Felipe *et al.* (2013), alterações diretas na morfologia da superfície, a intensificação de processos geomorfológicos ou distúrbios na hidrodinâmica dos aquíferos, podem fazer com que a superfície topográfica intercepte linhas de fluxos hidrológicos subsuperficiais, promovendo a exfiltração em locais onde, originalmente, esse processo não ocorreria. Caso a surgência tenha energia suficiente para estabelecer uma conexão superficial com a rede de drenagem, ainda que de modo intermitente, criam-se as condições necessárias para a formação de uma nascente.

Nascentes antropogênicas podem possuir distintas e diversas características fisiográficas e hidrogeomorfológicas (Quadro 1). De acordo com o tipo de intervenção que promove a exfiltração, elas podem ter morfologias variadas, bem como dinâmicas hidrológicas complexas. Fundamentalmente, essas respostas geomorfológicas dependerão do grau de energia dos fluxos hídricos resultantes da ruptura do balanço prévio do sistema. Em outras palavras, nascentes antropogênicas podem ser hidrossistemas de grande energia (como no caso de N78 – Quadro 1) ou de baixa energia (VS01).

Por outro lado, sabe-se que distúrbios com intensidade suficiente para superar a capacidade de resiliência dos sistemas e alterar sua funcionalidade demandam tempo para que o reajuste das trocas de matéria e energia se conformem em uma nova dinâmica. Assumindo o caráter homeostático dos sistemas ambientais, um estado de auto-eco-organização – senso Morin (2017) – das nascentes antropogênicas não é alcançado imediatamente após sua formação. Por esse motivo, elas passam por instabilidades e desorganizações dos seus subsistemas, marcando alto grau de entropia.

Isso faz com que seja relativamente comum, em nascentes antropogênicas a conformação de morfologias de alta energia (por exemplo, sulcos erosivos), associadas a fluxos hídricos de baixa energia (pequena vazão). Concomitantemente, são notórios os casos de instabilidade temporal (sazonal ou anual) das características das nascentes antropogênicas, que

podem se alterar caoticamente. Todavia, após um indeterminado tempo de auto-eco-organização, há uma tendência dos aspectos fisiográficos e hidrogeomorfológicos das nascentes antropogênicas se estabilizarem de acordo com o novo balanço de matéria e energia estabelecido, fazendo com que seja extremamente difícil confirmar sua antropogenia.

Esse é o caso de N60 (Quadro 1; Figura 1), uma nascente localizada em uma antiga voçoroca que, atualmente, encontra-se estabilizada e com poucos registros dos processos pretéritos. Nesses casos, a observação do material que constitui as coberturas superficiais, bem como entrevistas com moradores locais, é imprescindível para a compreensão da gênese antrópica das nascentes. Em contraposição, tem-se casos em que os registros antrópicos são nítidos, como em UF21, UF28, N4, N72 e N78 (Figura 1). Entretanto, deve-se frisar que há um continuum entre o ‘natural’ e o ‘antrópico’, de modo que, ambos os extremos são meras abstrações conceituais dentro da Antropogemorfologia, uma vez que processos físicos e sociais estão em constante diálogo.

Quadro 1: Exemplos de nascentes antropogênicas relacionando seus aspectos hidrogeomorfológicos e suas condições de formação.

Nascente	Localidade	Contexto	Hidrogeomorfologia	Condições de formação	Fonte
N4	Paraíba do Sul (RJ)	Rural	Morfologia antrópica, exfiltração pontual, fixa e sazonalidade perene	Direta - Escavação do terreno	Correa, 2019
N8	Paraíba do Sul (RJ)	Rural	Morfologia em canal, exfiltração pontual, mobilidade fixa e sazonalidade perene	Indireta - Concentração do escoamento pluvial / erosão linear	Correa, 2019
UF21	Juiz de Fora (MG)	Campus universitário	Morfologia em canal, exfiltração pontual, fixa, em manto de alteração profundo e sazonalidade perene	Direta - Escavação de dreno para água pluvial	Moura, 2020
UF28	Juiz de Fora (MG)	Campus universitário	Morfologia em concavidade, exfiltração difusa, em manto de alteração raso e sazonalidade perene	Direta - Escavação do terreno para construção civil	Moura, 2020
VS01	Juiz de Fora (MG)	Rural	Morfologia em talude, exfiltração difusa, fixa, sazonalidade intermitente	Direta - Corte de vertente para abertura de estrada	Não publicada
N72	Belo Horizonte (MG)	Parque urbano	Morfologia em concavidade, exfiltração pontual, fixa e sazonalidade intermitente	Direta - Dreno de área úmida	Felippe et al., 2013
N78	Belo Horizonte (MG)	Parque urbano	Morfologia em cavidade, exfiltração difusa, fixa e sazonalidade perene	Indireta - Concentração do escoamento pluvial / erosão por cavitação	Felippe et al., 2013

N60	Belo Horizonte (MG)	Parque urbano	Morfologia em concavidade, exfiltração difusa, móvel e sazonalidade perene	Indireta - Voçorocamento	Felippe et al., 2013
-----	---------------------	---------------	--	--------------------------	----------------------

Fonte: Felippe et al. (2013), Correa (2019), Moura (2019) e dados primários.

Figura 1: Mosaico de fotografias das nascentes apresentadas.



Fonte: Felipe et al. (2013), Correa (2019), Moura (2019) e dados primários.

Após uma reflexão acerca dos dados apresentados no Quadro 1, bem como as imagens dispostas na Figura 1, pode-se levantar algumas discussões a respeito da hidrogeomorfologia das nascentes antropogênicas, e seus respectivos processos de formação. Isso, pois segundo Felipe et al (2013), a fisiografia das nascentes antropogênicas está intimamente ligada aos processos que as criaram.

Ao levar em conta nascentes que apresentaram uma interferência direta do homem, ou seja, foram geradas rapidamente como consequência de mudanças antrópicas, podendo-se citar a N4, UF21, UF28 e VS01, percebe-se que todas elas foram oriundas ou de escavações, ou cortes nos terrenos ou drenos.

É bastante comum de se observar nascentes antropogênicas, cuja exfiltração inicia-se em uma cavidade formada pelo escoamento concentrado, advindos de canaletas de drenagem pluvial (caso da nascente N78). Essas nascentes se configuram como antropogênicas pois ao final desses condutos, especialmente nas vertentes de declividade média a alta, acontece a erosão por cavitação, onde a cavidade formada, poderá ser aprofundada até entrar em contato com o nível freático (FELIPPE *et al*, 2013).

Todavia, ainda segundo os mesmos autores, também deve-se destacar as intervenções indiretas, que não geram uma nascente antropogênica imediatamente. Seu surgimento provém do encadeamento de processos hidrológicos posteriores. Este é o caso das nascentes N60 (oriunda de um processo de voçorocamento) e N8 (erosão linear). Geralmente, as intervenções indiretas estão atreladas às alterações no uso e cobertura da terra, o que acarreta em mudanças nos processos de vertente (FELIPPE, *et al*, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Independentemente de se tomar o Tecnógeno ou o Antropoceno como fundamento de análise, uma premissa é irrefutável: o homem é capaz de interferir direta ou indiretamente nos processos geomorfológicos da paisagem. Contudo, a grande maioria das pesquisas que se interessam pela abordagem tecnogênica ou antropocênica, na geomorfologia fluvial, normalmente, tomam como objetos de estudo depósitos sedimentares, ou a aceleração/deflagração de processos; raramente o foco está em sistemas como as nascentes.

Um dos maiores apelos deste trabalho foi discutir que há casos de nascentes que além de serem tidas como antropocênicas/tecnogênicas (devido a sua idade), também podem ser caracterizadas conforme a sua gênese, em especial, aquelas formadas pelas ações humanas sobre o relevo, denominadas nascentes antropogênicas. Dessa forma, partindo-se do princípio de que a antropogenia de nascentes está diretamente ligada aos processos morfogenéticos antrópicos, viu-se como bastante oportuno, fomentar uma discussão que pudesse levar em conta as nascentes como antropocênicas, tecnogênicas e, por que não, na perspectiva da antropogeomorfologia, antropogênicas.

Por fim, fica claro que há uma heterogeneidade de características fisiográficas que essa categoria de nascentes pode apresentar, diretamente relacionadas com os processos geomorfológicos que as originaram. Entender as nascentes é um essencial passo para definição de propostas de gestão, planejamento e conservação dos sistemas hidrológicos e ambientais. Com

isso, espera-se poder contribuir com o avanço nos estudos dessa temática tão instigante e necessária, buscando preencher hiatos e esclarecer pontos ainda turvos, particularmente, no que tange às nascentes antropogênicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER A.N. 1969. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*, 18:1-15.

ASHMORE, Peter. Towards a sociogeomorphology of rivers. *Geomorphology*, v. 251, p. 149-156, 2015.

BRAJE, T.J; ERLANDSON, J.M. Looking forward, looking back: Humans, anthropogenic change, and the Anthropocene, *Anthropocene*, Volume 4, 2013, Pages 116-121, ISSN 2213-3054

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and river management: applications of the river styles framework*. Malden, MA: Blackwell Pub., 2005

CAPPADONIA, C.; DI MAGGIO, C.; AGATE, M.; AGNESI, V. Geomorphology of the urban area of Palermo (Italy). *Journal of maps*, v.16, 2020

CASTRO, Cleber Marques; SILVA, Telma Mendes da. Apropriação do relevo e paisagens tecnogênicas: discussões acerca do ensino da geomorfologia com base em exemplos cariocas e fluminenses. *Terrae Didática*, v. 10, n. 2, p. 81-90, 2014.

CHARLTON, R. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*, Routledge 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 4RN, 2008.

CHARZYNSKI P., BEDNAREK R., HULISZ P., ZAWADZKA A. Soils within Torun urban area. In: Charzynski P., Hulisz P., Bednarek R. (eds.) *Technogenic Soils of Poland*. 2013. Polish Society of Soil Science, Torun, p.17-29

CORRÊA, Cintia de Andrade. Avaliação da qualidade ambiental de nascentes do Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável, o Rio Rural, na Microbacia Hidrográfica do Rio Fagundes, Paraíba do Sul (RJ). Tese (Doutorado). UERJ: Rio de Janeiro, 2019.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, n. 41, p. 17-18, mai. 2000

CRUTZEN, P.J. The Antropocene. In: EHLERS E.; KRAFFT, T. (org.) *Earth System Science in the Antropocene: Emerging Issues and Problems*. Springer, 2006.

CUNHA, B. C. C. Impactos Sócio-ambientais Decorrentes da Ocupação da Planície de Inundação do Ribeirão Anicuns: O caso da Vila Roriz. 2000. 207f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

DIAS, M.B.G. O Tecnógeno no Brasil: Estado da arte. Anais do XVIII Encontro Nacional de Geógrafos: A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia. São Luis, 2016.

DOERR, A.; GUERNSEY, L. Man as a geomorphological agent: the example of coal mining. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 1956, 46, 197–210

EDUARDO, C.C; DA SILVA, T.M; FELIPPE, M.F. TRANSFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NA BACIA RIBEIRÃO DOS BURROS (JUIZ DE FORA/MG). *Revista da ANPEGE*, v. 15, n. 26, p. 89-113, 2019.

EDUARDO, C.C; FELIPPE, M.F; DA SILVA, T.M. Proposta Metodológica para Mapeamento de Relevos Tecnogênicos em Áreas de Desastres Ambientais. *Espaço Aberto*, v. 11, n. 1, p. 5-26. 2020

FELIPPE, M. F. Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2009

FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JR., A. P.; PESCIOTTI, H.; COELI, L.. Nascentes Antropogênicas: processos tecnogênicos e consequências hidrogeomorfológicas em meio urbano. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, p. 279-286, 2013.

FRANÇA JUNIOR, P.; KORB C.C.; BRANNSTROM, C. Research on Technogene/Anthropocene in Brazil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 2018.

FRANÇA JÚNIOR; P.; PELOGGIA, A.U.G. Os conceitos de Antropoceno e Tecnógeno e o estudo da humanidade como agente geomorfológico. In: FRANÇA JÚNIOR, P. (org.) *Geomorfologia do Tecnógeno e do Antropoceno*. Ituiutaba, 2020. Editora Barlavento.

GOMES, T.C.; RIFFEL, E.S.; PITTELKOW, G.C; PAUL, C.R. Caracterização e espacialização dos depósitos tecnogênicos no bairro camobi: subsídio ao planejamento urbano do município de Santa Maria –RS. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.2, N.4, p.276 –288, 2012

GOUDIE, A S. *Human impact on the natural environment*. John Wiley & Sons, 2018.

GOUDIE, A. S.; VILES, H A. Introduction to the Anthropocene and Anthropogeomorphology'. *Geomorphology in the Anthropocene*, p. 1-14, 2016.

GOUDIE, A.S. Human influence in geomorphology. In: *Geomorphology: the Research Frontier and Beyond*. Elsevier, 1993. p. 37-59.

GREINERT, A.; FRUZIŃSKA, R. KOSTECKI, J. Urban soils in Zielona Góra. In: Hulisz P, Bednarek R, Charzyński P (eds) *Technogenic soils of Poland*. 2013, PSSS, Toruń, pp 31–54

HUPY, J. P. Anthropogeomorphology. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology: People, the Earth, Environment and Technology*, p. 1-6, 2016.

KNIGHTON, D. *Fluvial forms and processes*. London: 1984

LI, J.; YANG, L.; PU, R. A review on anthropogenic geomorphology. *J. Geogr. Sci.* **27**, 109–128 (2017)

LIMA, E. L de. O MITO DO " FATOR ANTRÓPICO" NO DISCURSO AMBIENTAL GEOGRÁFICO. *Mercator (Fortaleza)*, v. 14, p. 109-122, 2015.

MACHADO, G.; SILVA, E. Impactos Ambientais Causados Pela Urbanização na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Quati – Londrina – PR: uma análise dos depósitos tecnogênicos. *Geographia Opportuno Tempore*. v.2, n.3, 2016.

MASINI, N.; LASAPONARA, R. Satellite-based recognition of landscape archaeological features related to ancient human transformation. **Journal of Geophysics and Engineering**, v. 3, n. 3, p. 230-235, 2006.

MCNEILL, JR; ENGELKE, P. The great acceleration: An environmental history of the Anthropocene since 1945. Harvard University Press, Massachusetts, 2016, 280 pp

MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MOULD, S. A.; FRYIRS, K. HOWITT, R.. Practicing sociogeomorphology: Relationships and dialog in river research and management. *Society & Natural Resources*, v. 31, n. 1, p. 106-120, 2018.

MOURA, M.N. Qualidade ambiental de nascentes: proposta metodológica. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora. 2020.

OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. de. (2017). DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS INDUZIDOS PELA EROSÃO ACELERADA NO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA. *Boletim Paulista De Geografia*, (73), 91–124.

OLIVEIRA, A. M. S. et al. Tecnógeno: registro da ação geológica do homem. In: SOUZA, C. R. G. [et al] (ed.) *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

OLIVEIRA, A.A; OLIVEIRA, A.M.S; ANDRADE, M.R.M. Depósitos tecnogênicos como testemunhos e indicadores de processos geológicos em área urbana degradada em guarulhos, sp. . *Quaternary and Environmental Geosciences*, 2014.

PASHKEVICH M. A.; PETROVA T. A. Technogenic Impact of Sulphide-Containing Wastes Produced by Ore Mining and Processing at the Ozernoe Deposit: Investigation and Forecast. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 18, nr 6, 2017.

PELECH, A.S; PEIXOTO, M.N. SOBRE OS TERRENOS TECNOGÊNICOS.R. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, v. 65, n. 1, p. 2-22, jan./jun. 2020

PELOGGIA, A. O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

PELOGGIA, A. U. G. O significado arqueológico dos depósitos tecnogênico-aluviais da bacia do rio una (Taubaté, SP). **Revista Arqueologia Pública**, Campinas, SP, v. 9, n. 3[13], p. 207–219, 2015. DOI: 10.20396/rap.v9i3.8641304.

PELOGGIA, A.U.G. 2005. 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*, 16:24-31.

PELOGGIA, A.U.G. Os registros geológicos da agência humana como categoria temática de patrimônio. In: VIII Simpósio Nacional de Ensino e História de Ciências da Terra, Campinas (SP)... Anais, SBG, p.614-620, 2018.

PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, A.A.O.; 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, 2014.

PELOGGIA, Alex Ubiratan Goossens et al. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego Água Branca, Itaquaquecetuba (RMSP). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 2, 2018.

PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, 2012.

POTRAVNY, I. M., NOVOSELOV, A. L.; NOVOSELOVA, I. YU. Optimizing the Use of Resources of Technogenic Deposits Taking into Account Uncertainties. *Scholarly Journals*, 2017.

REDMAN, Charles L. **Human impact on ancient environments**. University of Arizona Press, 1999.

ROHDE, G. M. *Epistemologia Ambiental: Uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e seus arredores planetários*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

ROSSATO, M. S.; SUERTEGARAY, D. M. A. Repensando o Tempo da Natureza em Transformação. *Ágora (UNISC)*, Santa Cruz, v. 6, n. 2, p. 93-98, 2000

RÓZSA, P. Nature and extent of human geomorphological impact—a review. In: *Anthropogenic Geomorphology*. Springer, Dordrecht, 2010. p. 273-291.

SILVA, E.; DIAS, M.; MATHIAS, D. A abordagem tecnogênica: reflexões teóricas e estudos de caso. (2014). *Quaternary and Environmental Geosciences*.

SILVA, M.; HORN FILHO, N.O. Os depósitos tecnogênicos construídos no mapeamento geológico de planícies costeiras: o caso da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 2014.

SOUZA, J. C. de; PEREIRA, U. C. ANTROPOGEOLOGIA – O Homem como agente geomorfológico: Base teórica e análise acerca da extração do amianto de cristolina em Minaçu (GO). **Geoambiente On-line**, [S. l.], n. 24, 2015. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i24.34070.

STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. 2017. *Geomorfologia fluvial*. Oficina de Textos, São Paulo, 320p

SWYNGEDOUW, E. *Liquid power: Contested hydro-modernities in twentieth-century Spain*. MIT Press, 2015.

TASEV, G.; SERAFIMOVSKI, D. Positive and negative impacts of technogenic deposits. *Knowledge - International Journal, Scientific Papers*, 38 (3). 2020. pp. 567-573. ISSN 2545-4439

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de 35 l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, v. 38, n. 1, p. 133-142, 1988.

TURNER B.I.; CLARK, W.C ; KATES, R.W; RICHARDS, J.F. *The earth as transformed by human action*. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.

VASILIEVA, D.; BARANOVA, M.; MALTSEV, A. Engineering and geological features of technogenic deposits and cultural layers in the territory of Samara. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021.

ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., STEFFEN W., CRUTZEN P. 2010. The New World of the Anthropocene. Environ. Sci. Technol. 44(7): 2228- 2231

ZALASIEWICZ, J.; WILLIAMS, M.; SMITH, A.; BARRY, T. L.; BOWN, P. R.; RAWSON, P.; BRENCHLEY, P.; CANTRILL, D.; COE, A. E.; GALE, A.; GIBBARD, P. L.; GREGORY, F. J.; HOUNSLOW, M.; KERR, A.; PEARSON, P.; KNOX, R.; POWELL, P.; WATERS, C.; MARSHALL, J.; OATES, M.; RAWSON, P.; STONE, P. Are we now living in the Anthropocene? GSA Today **2008**, 18 (2) 4– 8

ZALASIEWICZ, J.; WATERS, C.N.; WILLIAMS, M.; BARNOSKY, A.D.; CEARRETA, A.; CRUTZEN P. , ELLIS E., ELLIS, M.A; FAIRCHILD, I.J; J. GRINEVALD, HAFF, P.K; HAJDAS, I; LEINFELDER, R; MCNEILL, J. E.O. ODADA, POIRIER, C; RICHTER, D.; STEFFEN, W.; SUMMERHAYES, C.; SYVITSKI, J.P.M.; VIDAS, D.; WAGREICH, M.; WING, S.L; WOLFE, AP.; AN, Z.; ORESKES, N. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal, Quaternary International, Volume 383, 2015, Pages 196-203, ISSN 1040-6182,